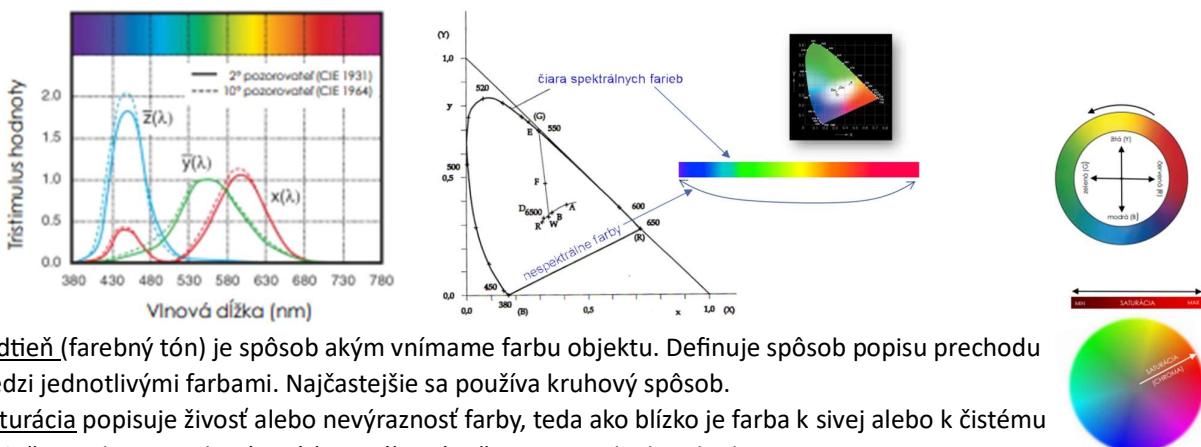


## 1. Charakterizujte problém používania a spracovania farieb v rámci počítačovej grafiky, základné atribúty svetla, farebný priestor, gamut

- svetelný priestor je bázický; 80 percent informácií vnímame zrakom
- dve reprezentácie svetla: vlnová (vlnenie v oblasti  $10^8$  Hz) a časticová (prúd fotónov)
- typy svetla: achromatické (svetlo skladajúce sa z viacerých zložiek spektra), monochromatické (jednozložkové)
- základné atribúty svetla: farba (závisí od frekvencie), jas (intenzita svetla), sýtosť (čistota svetla, vyjadruje spektrum frekvencií obsiahnutých vo svetle), svetlosť (veľkosť ostatných zložiek vo svetle s určitou dominantnou zložkou)
- farebný priestor je oblasť farieb pokrytá možnosťami príslušného farebného modelu
- gamut predstavuje dosiahnuteľnú oblasť farieb v danom farebnom priestore. Farby mimo gametu je možné zobraziť len približne.
- farebná hĺbka je počet zobraziteľných farieb, udáva sa v bitoch

## 2. Chromatický diagram, typy, odtieň a saturácia

- chromatický diagram je farebný model vyvinutý na základe štandardného pozorovateľa s normálnym farebným videním
- pre určenie farby sa používa trojzložkový (tristimulus) systém. Farba je určená trojicou koordinátov  $(X, Y, Z)$
- trojzložkové hodnoty udávajú množstvo každej z troch hypotetických primárnych zložiek farby. Hodnota  $Y$  udáva jas objektu a primárne zložky sú vybrané aby boli viditeľné farby definované ako pozitívne hodnoty.



- odtieň (farebný tón) je spôsob akým vnímame farbu objektu. Definuje spôsob popisu prechodu medzi jednotlivými farbami. Najčastejšie sa používa kruhový spôsob.
- saturácia popisuje živosť alebo nevýraznosť farby, teda ako blízko je farba k sivej alebo k čistému odtieňu. Farby v strede sú sivé (matné) a sýtejšie smerom k obvodu diagramu.

## 3. Charakterizujte a popíšte model farebné modely RGB a RGBA

- farebný model je definovaný množinou základných farieb, spôsobom ich miešania a pravidlami menenia farebných charakteristík
- RGB: červená, zelená, modrá; aditívne miešanie; lineárna zmena zložky
- RGBA je rovnaký model ako RGB, s tým rozdielom že je pridaná zložka priesvitnosti (alfa)

## 4. Charakterizujte a popíšte model farebné modely CMY a CMYK

- CMY: tyrkysová, purpurová, žltá; subtraktívne miešanie; lineárna zmena zložky
- CMYK je rovnaká ako CMY, s tým rozdielom že pridáva čiernu farbu ako samostatnú zložku (na rozdiel od CMY, kde čiernu získavame zmiešaním všetkých zložiek)

RGB → CMY

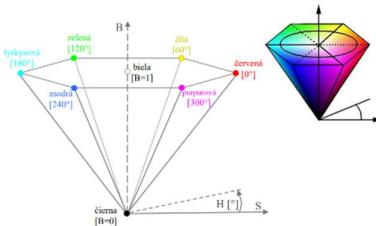
$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

CMY → RGB

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$

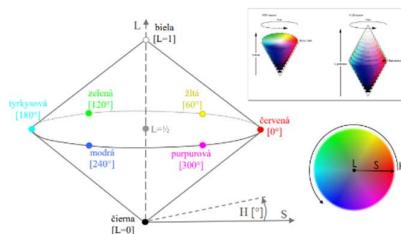
#### 5. Charakterizujte a popíšte model farebný model HSB

- zložky: Hue (farebný tón), saturácia, Brightness (jas)
- miešanie je aditívne
- uhlová a lineárna zmena zložky



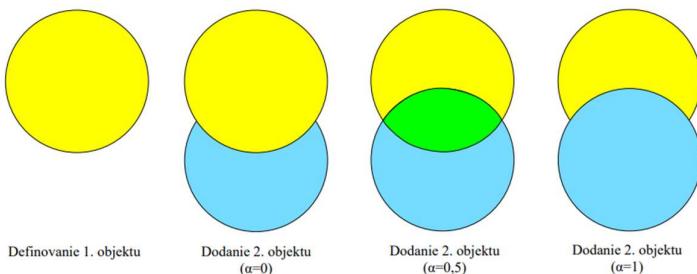
#### 6. Charakterizujte a popíšte model farebný model HLS

- zložky: Hue, Lightness (svetlosť), saturácia
- miešanie je aditívne
- uhlová a lineárna zmena zložky



#### 7. Charakterizujte gama korekciu a popíšte alfa-miešanie

- gama je koeficient určujúci vzťah medzi číselnou hodnotou bodu a jeho skutočnou svietivosťou
- gama korekcia je aplikovaná z dôvodu, že ľudské oko má najvyššiu citlivosť v tieni, kým pri jasnom svetle alebo v tme je menej citlivé. Technické senzory však spravidla vnímajú/emitujú svetlo lineárne. Gama korekciou tak znižujeme rozdiel medzi technickým spracovaním farieb a ľudským vnímaním.
- alfa-miešanie je založené na alfa hodnote. V prípade že sa dva objekty prekrývajú, podľa alfa hodnoty vrchného objektu sa určí správanie farieb.



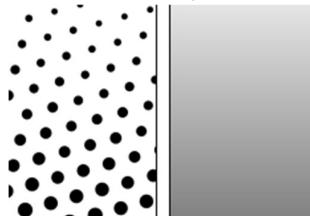
#### 8. Charakterizujte problematiku ľudského vizuálneho vnemu a jeho spracovania v relácii s počítačovou grafikou

- hlavným ľudským orgánom pre príjem obrazových informácií je oko
- hlavným orgánom spracovania obrazových informácií je mozog

- pri prijímaní svetla sú stimulované rôzne časti oka, najmä tyčinky a čapíky
- tyčinky sú zodpovedné za vnem všeobecných obrazových informácií ako sú obrysy a jas
- čapíky sú citlivé na farby a podľa citlivosti sú delené: červená-zelená a modrá-žltá

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

- prevodom do šedej škály získame intenzitu (úroveň šedej)  $I = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$
- halftoning simuluje plynulý prechod medzi odtieňmi využitím bodov a medzier rôznych veľkostí. Pri dostatočnej vzdialosti ľudské oko nedokáže vnímať jednotlivé body a obraz vníma ako celok.



- dithering pracuje za pomocí rozličných vzoroch tvorených pixelmi singulárnych farieb. Pri dostatočnej vzdialosti ľudské oko nedokáže vnímať jednotlivé vzory a namiesto toho vníma farbu zloženú z prvkov vzoru.



#### **10. Charakterizujte dimenziu priestoru a dimenziu objektu, štruktúra dimenzie**

- dimenzia je spravidla založená na fyzikálnej veličine (primárne merateľnej), reprezentujúcu daný priestor alebo jeho zložku. Rozmer priestoru je neformálne definovaný ako minimálne množstvo parametrov definujúcich ľubovoľný bod v danom priestore.
- typy dimenzií: číselná; nečíselná
- druhy dimenzií: topologická; Hausdorffova; farebná; ...
- číselná dimenzia môže byť celočíselná a neceločíselná
- štruktúra dimenzie je definovaná ako suma jednotlivých zložiek priestoru a môže byť homogénna a nehomogénna
- $3 = 3 + 0$  (geometria + čas) – homogénna štruktúra
- $3 = 2 + 1$  (geometria + čas) – nehomogénna štruktúra

#### **11. Priestor a jeho súradnicová sústava, stupeň voľnosti**

- koordinačný systém umožňuje parametrizať priestor, definovať jeho počiatočný bod a smery rozvoja fyzikálnej veličiny v príslušnej dimenzií priestoru
- súradnice (parametre) jednoznačne definujú polohu v rámci koordinačného systému
- stupeň voľnosti dimenzie je počet nezávislých parametrov, ktoré definujú konfiguráciu priestoru/objektu alebo stav v príslušnom koordinačnom systéme. Definuje počet translačných a rotačných smerov, v ktorých sa objekt môže pohybovať.
- stupne voľnosti môžu byť jednosmerné vzhľadom na dimenziu alebo obojsmerné.
- stupeň voľnosti možno taktiež považovať za minimálny počet súradníč potrebných na špecifikáciu konfigurácie. Častica v 3D priestore má tri stupne voľnosti (x, y, z, vyjadrujúce jej pozíciu) a teleso v 3D priestore má stupňov voľnosti 6 (3 translačné a 3 rotačné)

#### **12. Popíšte vrstvy vizualizačného procesu**

- definovanie/spracovanie modelu (reprezentácia objektov, súradnicové systémy)
- transformácie nad objektami (geometrické)
- riešenie viditeľnosti (či objekt má byť renderovaný alebo nie)
- tieňovanie (vykresľovanie farebných objektov rôznymi odtieňmi farieb na základe vplyvu svetelného zdroja)

- osvetľovanie (sleduje vlastnosti povrchov ako je farba, lesklosť, matnosť, drsnosť; základom je odrazová funkcia, vyjadrujúca intenzitu odrazeného svetelného lúča v závislosti na smere a intenzite dopadajúceho lúča)
- realistické zobrazovanie (metódy pre dosiahnutie fotorealistiky; ray-tracing, ...)
- kompozícia a vykreslovanie (rendering; spôsob ako bude vytvorený výsledný výstup; obraz na obrazovke, 3D priestor virtuálnej reality, ...)

### **13. Charakterizujte grafickú informáciu po objektovej aj typovej stránke**

- grafický systém pracuje s určitými množinami entít, pomocou ktorých dosahuje výsledný grafický efekt
- základné typy sú rastrový a vektorový
- raster: nespojity priestor, objekt definovaný bodmi
- vektor: spojity priestor, objekt definovaný funkciemi
- dôležitou súčasťou definície grafických systémov je základná množina grafických primitív, ktoré sú v systéme dostupné

### **14. Vymenujte základné grafické primitíva a ich atribúty**

- základné grafické primitíva sú: bod; sled bodov; krivka; lomená čiara; grafický text; plocha; vyplnená oblasť; výplňový vzor; všeobecný grafický prvok;
- konečnú podobu primitív vieme riadiť atribútmi: farba; typ (čiar, písma, ...); hrúbka (čiary, písma, ...); poloha; smer vykreslenia;
- atribúty môžeme elementom priradiť konvenčne (individuálne), čo môže viesť k nekompatibilite na rôznych zobrazovačoch, alebo symbolicky, najčastejšie formou kódu. Symbolické atribúty sú vzhľadom na zobrazovacie zariadenie transparentné

### **15. Popíšte spracovanie bodu a sledu bodov v rámci počítačovej grafiky**

- bod je chápáný ako elementárny objekt
- základné atribúty sú farba a poloha
- typy bodov: pixel (dve súradnice a farba; najmenšia jednotka rastrovej grafiky); voxel (objemový bod, pixel v 3D); texel (bod textúry, okrem polohy v súradnicovej sústave má aj polohu v rámci výplňového vzoru a reláciu priradenia k vypíňanej oblasti);
- rastrové zariadenia vytvára bod zobrazením určitej množiny fyzických bodov výstupného zariadenia
- jemnosť fyzických bodov ovplyvňuje kvalitu zobrazenia; udáva sa v PPI (pixel per inch) alebo DPI (dot per inch)
- sled bodov je rozširujúci prvok, ktorý priamo nadvázuje na bod
- definuje logicky zviazanú množinu bodov na základe relácie medzi atribútmi týchto bodov. Pri operácii nad sledom sa táto operácia deje na všetkých bodoch ktoré ho tvoria.
- relácia medzi atribútmi bodov môže byť homogénna (definovaná rovnakými atribútmi, napríklad medzi atribútmi polohy) alebo heterogénna (definovaná medzi rôznymi atribútmi, napríklad farba jedného bodu je závislá od polohy iného)

### **16. Vysvetlite DDA algoritmus**

- digital differential analyzer, prírastkový algoritmus
- založený na postupnom pripočítavaní konštantných prírastkov k obom súradničiam x a y
- delí sa na výpočet pre priamku so smernicou menšou ako 1 a väčšou ako 1
- vzhľadom na to, že algoritmus je založený na sčítavaní a nepotrebuje násobiť, tak je jeho rýchlosť vyššia ako pri použití klasickej funkcie pre čiaru

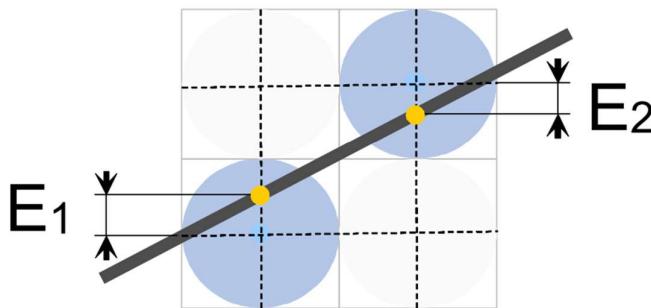
$$\begin{aligned}
 dx &= |x_B - x_A| \Rightarrow \text{počet_krokov} = \max(dx, dy) \Rightarrow px = \frac{dx}{\text{počet_krokov}} \\
 dy &= |y_B - y_A| \qquad \qquad \qquad py = \frac{dy}{\text{počet_krokov}}
 \end{aligned}$$

↓

$y_{i+1} = y_i + py$ 
 $x_{i+1} = x_i + px$

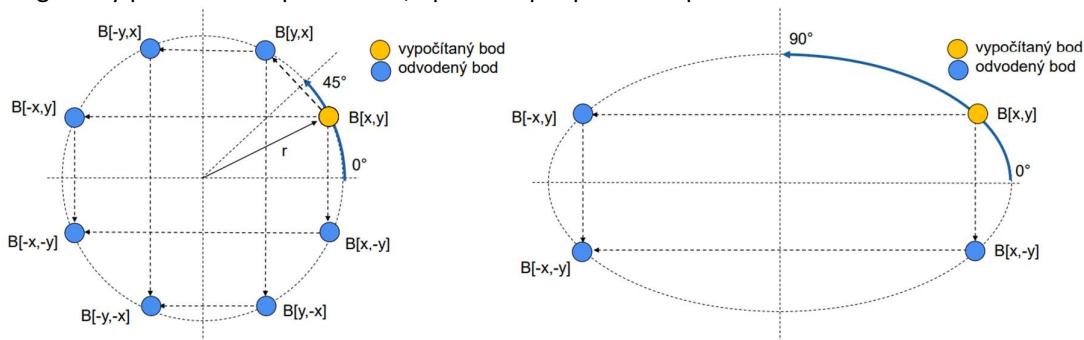
### 17. Vysvetlite Bresenhamov algoritmus

- efektívny algoritmus generovania bodov na úsečke v rastrovej grafike
- spočíva v nachádzaní bodov ležiacich najbližšie k danej skutočnej úsečke na základe hodnoty predikčného chybového člena  $E_D$
- delí sa na výpočet pre priamku so smernicou menšou ako 1 a väčšou ako 1
- využíva len integer sčítavanie, odpočítavanie a posúvanie bitov



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

- kružnicu tvorí množina bodov rovnako vzdialených od určeného stredu
- rôzne algoritmy kreslenia: pomocou parametrického vyjadrenia; podľa predikcie chyby; využitím osovej súmernosti;
- elipsu tvorí množina bodov ktorých súčet vzdialostí od dvoch ohnísk je rovnaký
- algoritmy podobné ako pri kružnici, upravené pre prácu s elipsou

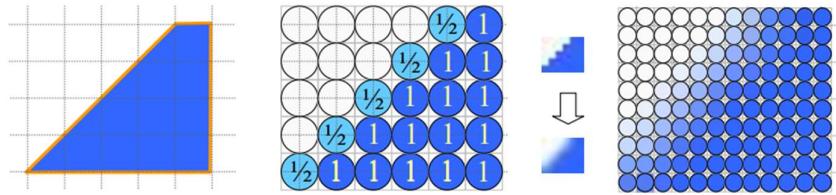


Kreslenie kružnice využitím osovej súmernosti

Kreslenie elipsy využitím osovej súmernosti

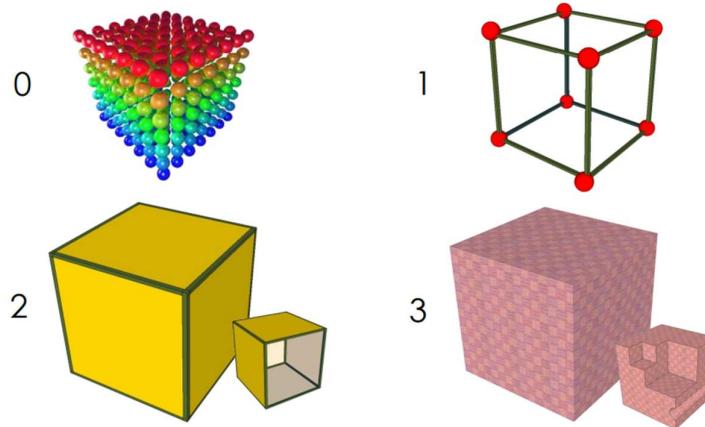
### 19. Charakterizujte a popíšte antialiasing

- vyhladzuje ostré hrany objektov generovaných grafickým systémom aby zvýšil realizmus obrazu
- pri generovaní objektov s obmedzeným rozlíšením často krát vznikajú na hranách schodiskové artefakty
- antialiasing znižuje efekt schodiskových hrán pridávaním pixelov prechodnej farby, čím samotná hrana vyzerá hladšie
- využíva sa aj pri zobrazovaní objektov menších ako je veľkosť pixelu alebo veľmi tenkých čiarach



## 20. Popis a reprezentácia objektov v počítačovej grafike, priestor a jeho parametre

- priestor môžeme deliť podľa charakteru, typu dimenzie a štruktúry dimenzií
- charakter: translačný; rotačný; kombinovaný;
- typ: celočíselné (topologické); neceločíselné (float)
- štruktúra: homogénna (všetky dimenzie sa vzťahujú na rovnakú veličinu); heterogénna (dimenzie sa vzťahujú na rôzne veličiny)
- objekty v grafike môžu byť: 0-rozmerné (bod); 1-rozmerné (priamka, úsečka); 2-rozmerné (plocha); 3-rozmerné (teleso)
- všetky objekty sa dajú spojitou transformáciou previesť na vyššie spomenuté objekty v prípade, že majú rovnakú topologickú dimenziu
- všetky objekty môžu reprezentovať objekt vyššieho rozmeru ak majú rovnakú alebo nižšiu topologickú dimenziu
- pri spracovaní objektu máme dve hľadiská: popis a reprezentácia objektu
- tri základné spôsoby popisu: hraničná reprezentácia; konštruktívna geometria telies; vypočítavanie obsadených častí priestoru;
- grafické systémy môžu byť založene na množine bodov, drôtovom modeli, povrchovom modeli, objemovom modeli

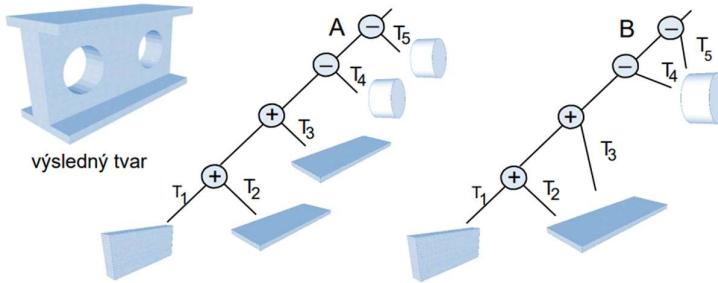


## 21. Hraničná reprezentácia

- vychádza z predstavy že najvýznamnejšou časťou telesa sú jeho hraničné elementy (hrany alebo povrch tvoriaci hranicu medzi hmotou telesa a okolitým priestorom)
- hraničné plochy delíme na časti rovín, analytickej plochy, špeciálne parametrické plochy
- najjednoduchšia metóda popisu hranice telies spočíva v stanovení hrán a vrcholov na povrchu (drôtový model)
- B-REP (boundary representation) definuje objekt svojím povrhom. Povrch je zložený zo stien, ktoré sa navzájom dotýkajú len na spoločných hranách. Každá hrana je orientovaná (či je vnútorná alebo vonkajšia).
- objekt reprezentovaný štruktúrou Winged Edge Structure; zložený zo štyroch druhov uzlov: vrchol; hrana; stena; teleso;

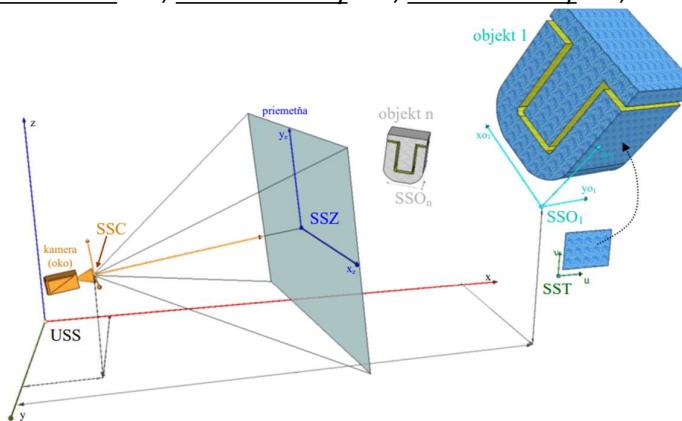
## 22. Konštruktívna geometria telies

- definovaná údajovou štruktúrou stromu
- strom tvoria: listy (definujú atomárne elementy tvoriace objekt); uzly (definujú operácie medzi listami); hrany (definujú transformácie medzi listami);
- koreňom stromu je definovaný celý objekt

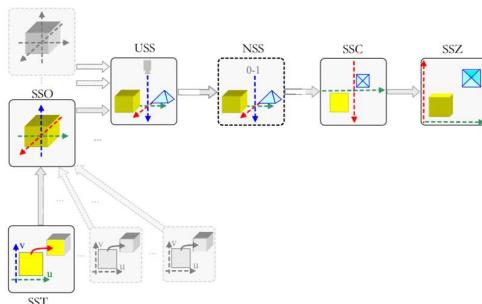


**23. Vymenujte a v krátkosti popíšte súradnicové sústavy používané v počítačovej grafike, súradnicový reťazec**

- súradnicová sústava umožňuje parametrizovať priestor a definovať jeho počiatočný bod
- tvoria ju: počiatok (stred súradnicovej sústavy); os (definuje smer rozvoja fyzikálne veličiny v príslušnej dimenzii priestoru); súradnice (parametre, jednoznačne definujú polohu v rámci súradnicovej sústavy); smer rozvoja (točivost, ľavo alebo pravotočivá)
- súradnicové sústavy delíme podľa rozvoja hodnôt veličín na lineárne a nelineárne
- podľa vzťahu medzi osami na pravouhlé a nepravouhlé
- počítačová grafika používa primárne celočíselné translačné alebo rotačné lineárne súradnicové sústavy
- 2D typy: karteziánska 2D pravouhlá sústava (dva body); polárna sústava (vzdialenosť a uhol);
- 3D typy: karteziánska 3D pravouhlá sústava (tri body); sférická sústava (vzdialenosť a dva uhly);
- pracovné priestory delíme na: univerzálny (globálny) USS; sústava objektu SSO; normalizovaná sústava NSS; sústava zariadenia SSZ; sústava kamery SSC; sústava textúry SST;



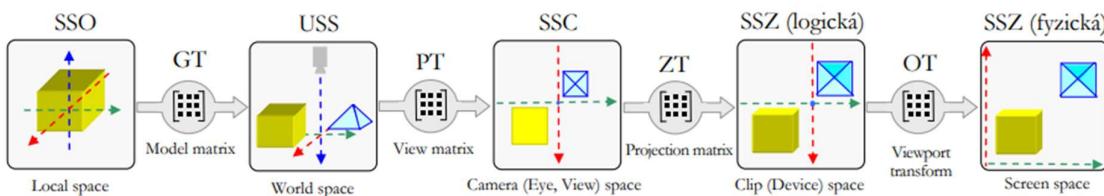
- súradnicový reťazec predstavuje vzťahy medzi jednotlivými pracovnými priestormi od sústavy objektu až po sústavu zariadenia



**24. Charakterizujte transformácie a transformačné zobrazovacie reťazce v rámci počítačovej grafiky**

- transformácia je proces, ktorý mení vstupný objekt na výstupný

- transformácie delíme na lineárne (transformáciou sa nemení charakter objektu, so zachovaním sémantiky) a nelineárne (transformáciou sa mení charakter objektu, s prekladom sémantiky)
- lineárne: posunutie, otočenie, zmena mierky, skosenie, zrkadlenie
- nelineárne: distorzia, rybie oko, panoráma, zošikmenie
- zreteženie transformácií medzi jednotlivými súradnicovými sústavami sa nazýva transformačný reťazec
- transformačný reťazec tvoria: globálna transformácia GT; pohľadová transformácia PT; zobrazovacia transformácia ZT; orezávacia transformácia OT



- transformácie môžu byť implementované analyticky alebo pomocou maticového počtu

$$[x, y] * \mathbf{T} = [x', y'] \quad \text{v 2D}$$

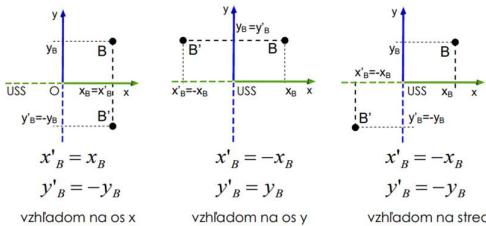
$$[x, y, z] * \mathbf{T} = [x', y', z'] \quad \text{v 3D}$$

- problém nastáva pri použití pre posunutie, kde matice nemožno použiť; riešením je zavedenie homogénnych súradníc

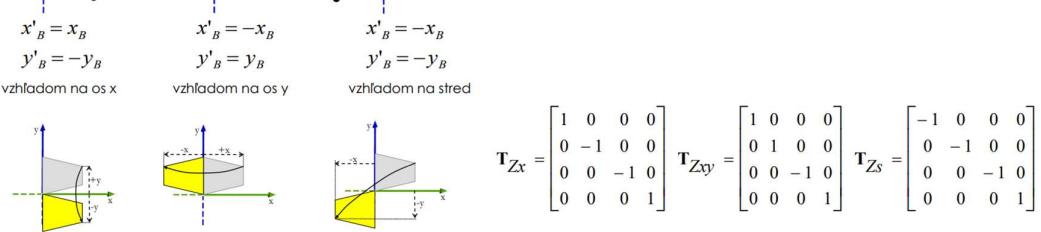
$$\begin{aligned} [xw, yw] &\equiv [x, y, w] \\ [xw, yw, zw] &\equiv [x, y, z, w] \end{aligned} \quad \text{alebo} \quad \begin{aligned} \left[ \frac{x}{w}, \frac{y}{w} \right] &\equiv [x, y, w] \\ \left[ \frac{x}{w}, \frac{y}{w}, \frac{z}{w} \right] &\equiv [x, y, z, w] \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{pre 2D} \\ \text{pre 3D} \end{array}$$

## 26. Charakterizujte geometrickú transformáciu zrkadlenia

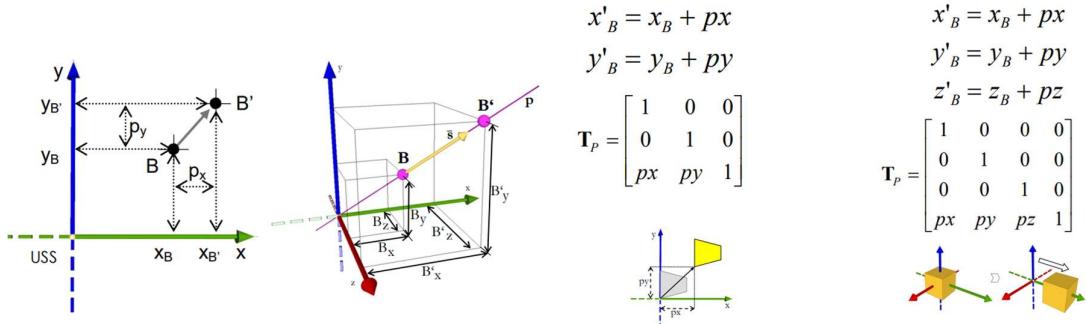
### ZRKADLENIE (2D)



### ZRKADLENIE (3D)



## 27. Charakterizujte geometrickú transformáciu posunutia



## 28. Charakterizujte geometrickú transformáciu zmeny mierky, zväčšenie/zmenšenie rastrového objektu

$$x'_B = M_x \times x_B$$

$$y'_B = M_y \times y_B$$

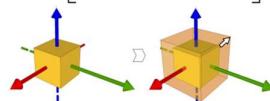
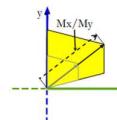
$$\mathbf{T}_M = \begin{bmatrix} M_x & 0 & 0 \\ 0 & M_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$x'_B = M_x \times x_B$$

$$y'_B = M_y \times y_B$$

$$z'_B = M_z \times z_B$$

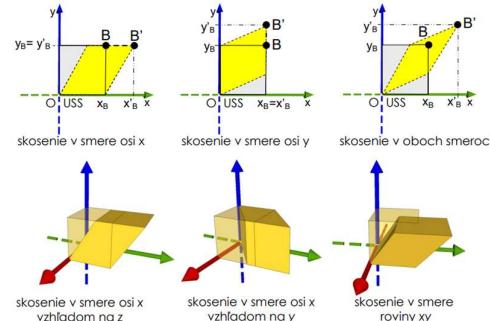
$$\mathbf{T}_M = \begin{bmatrix} M_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & M_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & M_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



- zväčšenie:

1. výpočet predpokladaného nového rozmeru rastra;
  2. určenie celočíselnej a desatinnej časti koeficientu zmeny mierky;
  3. otestovanie, či desatinná časť koeficientu zmeny mierky je väčšia ako 0,5;
  4. určenie pomocného výpočtového nového priameho koeficientu (totožný s celočíselnou časťou koeficientu ak desatinná časť je <= 0,5 alebo o 1 väčší ako celočíselná časť koeficientu ak je desatinná časť > 0,5)
  5. výpočet veľkosti rozmeru rastra
  6. výpočet rozdielu medzi novým rozmerom a celočíselným rozmerom (aby sme vedeli koľko bodov je nutné doplniť)
  7. výpočet korekčného kroku (určuje kedy sa vykoná zmena celočíselného koeficientu zmeny mierky o 1)
  8. vykonanie konečného priradenia celočíselnej štandardnej hodnoty koeficienta zmeny mierky a celočíselného korekčného koeficienta v jednotlivých krokoch
- zmenšenie prebieha podobne ako pri zväčšení, ale zmena mierky je vypočítaná v opačnom smere
- následné určenie farby: spriemerovaním farieb, výberom farby ktorá sa vyskytuje najčastejšie, výberom farby ktorá sa vyskytuje najmenej krát, výber farby ľavého horného bodu obdĺžnika

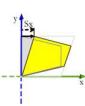
## 29. Charakterizujte geometrickú transformáciu skosenia skosenie rastrového objektu



$$x'_B = x_B + S_x \times y_B$$

$$y'_B = y_B$$

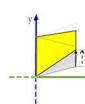
$$\mathbf{T}_{Sx} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ S_x & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$$x'_B = x_B$$

$$y'_B = y_B + S_y \times x_B$$

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



$$x'_B = x_B + S_{xoz} \times z_B$$

$$y'_B = y_B$$

$$z'_B = z_B$$

$$x'_B = x_B + S_{xoy} \times y_B$$

$$y'_B = y_B$$

$$z'_B = z_B$$

$$x'_B = x_B + S_{xoz} \times z_B$$

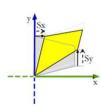
$$y'_B = y_B + S_{yoz} \times z_B$$

$$z'_B = z_B$$

$$\mathbf{T}_{Sxoz} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ S_{xoz} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{T}_{Sxoy} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ S_{xoy} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

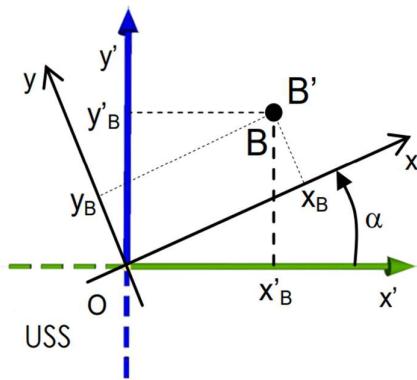
$$\mathbf{T}_{Syz} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ S_{yoz} & S_{yoz} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



### 30. Charakterizujte geometrickú transformáciu otočenia

- definované Eulerovými uhlami a reprezentované všeobecnými transformačnými maticami
- ide o rozloženie všeobecného otočenia na tri zložky otáčania okolo jednotlivých osí
- je reprezentované quaterniónmi

### OTÁČANIE (ROTÁCIA 2D)

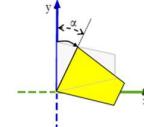


### OTÁČANIE (ROTÁCIA, 2D)

$$x'_B = x_B \times \cos(\alpha) - y_B \times \sin(\alpha)$$

$$y'_B = x_B \times \sin(\alpha) + y_B \times \cos(\alpha)$$

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



### OTÁČANIE (ROTÁCIA, 3D)

$$x'_B = x_B$$

$$y'_B = y_B \times \cos(\alpha) - z_B \times \sin(\alpha)$$

$$z'_B = y_B \times \sin(\alpha) + z_B \times \cos(\alpha)$$

$$x'_B = x_B \times \cos(\alpha) + z_B \times \sin(\alpha)$$

$$y'_B = y_B$$

$$z'_B = -x_B \times \sin(\alpha) + z_B \times \cos(\alpha)$$

$$x'_B = x_B \times \cos(\alpha) - y_B \times \sin(\alpha)$$

$$y'_B = x_B \times \sin(\alpha) + y_B \times \cos(\alpha)$$

$$z'_B = z_B$$

### OTÁČANIE (ROTÁCIA, 3D)

$$\mathbf{T}_{Ox} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

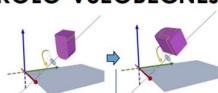
$$\mathbf{T}_{Oy} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{T}_{Oz} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

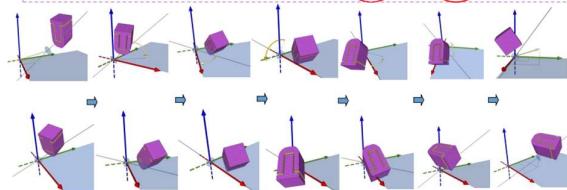


### 31. Rotácia okolo všeobecnej priamky využitím Eulerových uhlov, gimbal lock, quaternióny

#### OTÁČANIE OKOLO VŠEOBECNEJ PRIAMKY



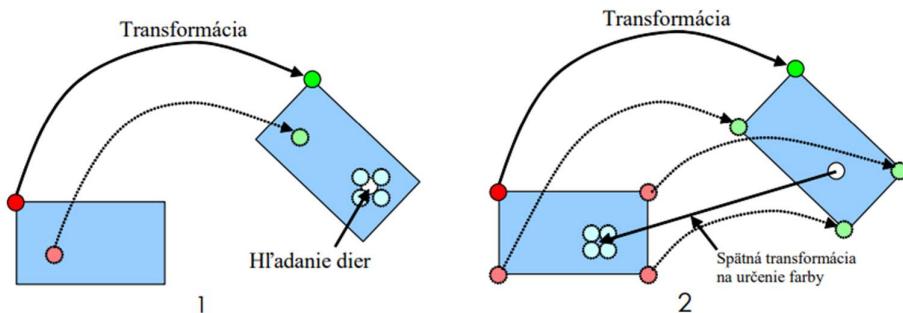
$$T_P \times T_{Oa} \times T_{Ob} \times T_O \times T_{Ob}^{-1} \times T_{Oa}^{-1} \times T_P^{-1}$$



- je náročné predvídať ako sa postupné rotácie navzájom ovplyvnia.
- existuje postupnosť rotácií, že vo výslednej rotácii stratíme jeden stupeň voľnosti – gimbal lock, ktorý vytvára umelý horizont
- quaternión definovaný ako komplexné číslo tvorené 4 zložkami: číslom popisujúcim veľkosť zmeny mierky; číslo popisujúce veľkosť uhla (v stupňoch); dve čísla označujúce rovinu, v ktorej sa vektor bude otáčať

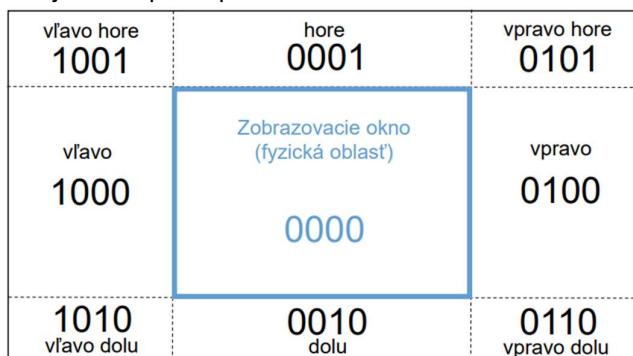
### 32. Charakterizujte transformáciu otočenia rastrového objektu

- priame otáčanie – otočenie s interpoláciou medziahlých bodov
- spätné otáčanie – otočenie s interpoláciou všetkých bodov

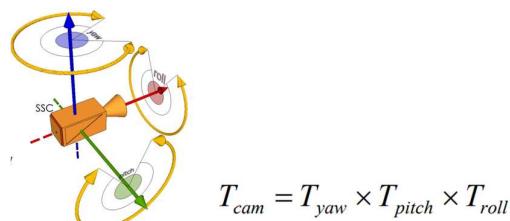


### 33. Vymenujte a v krátkosti popíšte 2D premietacie transformácie používané v počítačovej grafike, logická a fyzická pracovná oblasť, otáčanie kamery na báze Eulerových uhlov, kolmá (ortografická) projekcia

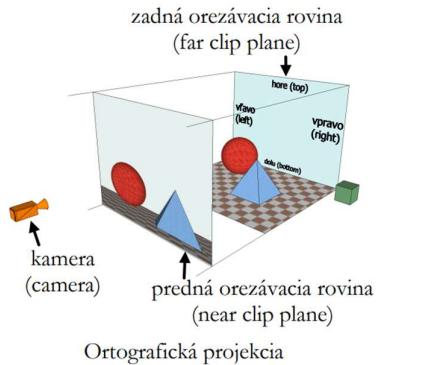
- typy zobrazovacích transformácií v 2D: normalizačná (z USS do NSS); orezávacia (z NSS do SSZ)
- pracovná oblasť sa delí na logickú (virtuálna oblasť) a fyzickú (časť logickej oblasti, predstavuje oblasť reálne zobrazenú zariadením)
- pri orezávacej transformácii sa logická oblasť rozdelí na niekoľko častí: stred, predstavujúci fyzickú oblasť a zvyšné okolie ďalej delené podľa pozície



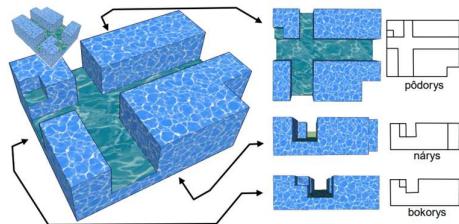
- všetkým bodom obrazu sú pridelené kódy na základe ich pozície
- nutnosť orezania je následne daná kódmi: ak sú koncové body nulové, netreba orezávať; ak je jeden z bodov nenulový, dôjde k orezaniu; ak sú oba nenulové, je potrebné zistiť či majú spoločné jednotkové byty – ak áno, úsečka je mimo fyzickej oblasti a nič sa nevykreslí, ak nie, časť úsečky prechádza fyzickou oblastou a je potrebné orezanie)
- otáčanie kamery je zložené z troch zložiek: otáčanie v pôdoryse SSC; sklon/zdvih pohľadu kamery v SSC; otáčanie okolo vektora pohľadu kamery v SSC“



## KOLMÁ (ORTOGRAFICKÁ) PROJEKCIÁ

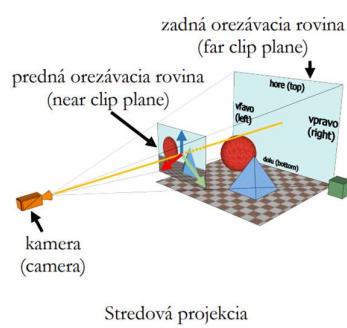


## KOLMÁ (ORTOGRAFICKÁ) PROJEKCIÁ

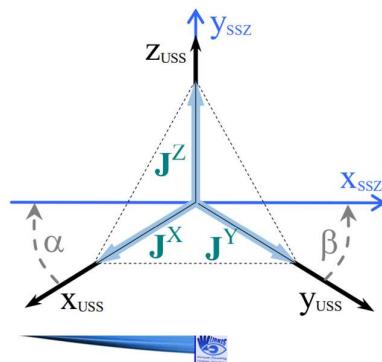


### 35. Popíšte axonometrickú projekciu používanú v počítačovej grafike

#### AXONOMETRIA



#### AXONOMETRIA

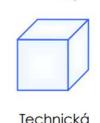
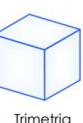
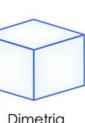


#### AXONOMETRIA

$$x_{SSZ} = -J^X \cdot \cos(\alpha) \cdot x_{USS} + J^Y \cdot \cos(\beta) \cdot y_{USS}$$

$$y_{SSZ} = -J^X \cdot \sin(\alpha) \cdot x_{USS} - J^Y \cdot \sin(\beta) \cdot y_{USS} + J^Z \cdot z_{USS}$$

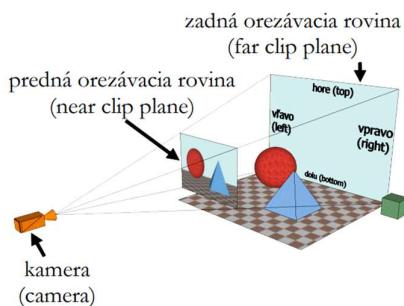
- izometria:  $J^X = J^Y = J^Z$  a  $\alpha = \beta$
- dimetria:  $J^X = J^Y$  a  $\alpha = \beta$
- trimetria:  $J^X \neq J^Y \neq J^Z$  a  $\alpha \neq \beta$
- technická axon.:  $J^X = J^Y$ ,  $J^Z = \frac{1}{2}J^X$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$



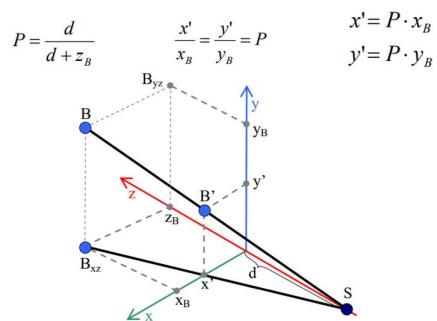
### 36. Popíšte perspektívnu projekciu v počítačovej grafike

- da Vinciho okno (perspektíva je videnie miesta za oknom z číreho skla, ako plochu, na ktorú sú zobrazované predmety spoza skla)

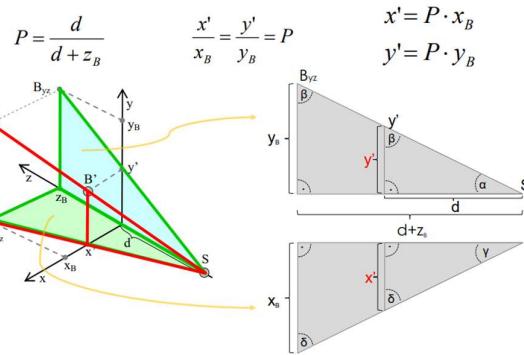
#### PERSPEKTÍVA



#### PERSPEKTÍVA

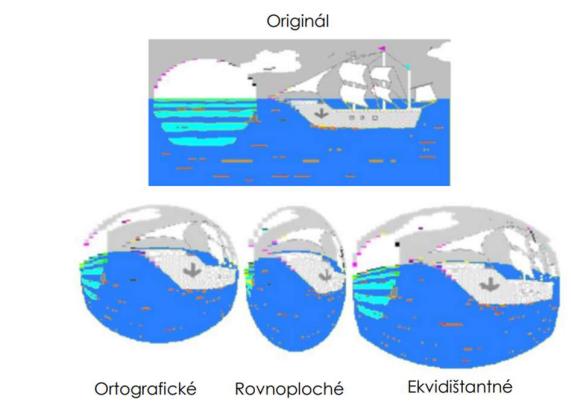


## PERSPEKTÍVA



### 37. Nelineárne premietacie transformácie, distorzia obrazu, rybie oko

- distorzia (skreslenie) je vlastne optická chyba spôsobená rôznou mierou zväčšenia naprieč plochou obrazu. Narúša tak predmetovú a obrazovú podobnosť, zobrazenie jednotlivých bodov je správne, ale ich konfigurácia je skreslená.
- rybie oko je súhrn zobrazení, vznikajúcich rôznymi rovnicami a môže byť ortografické, rovnoploché a ekvidištantné

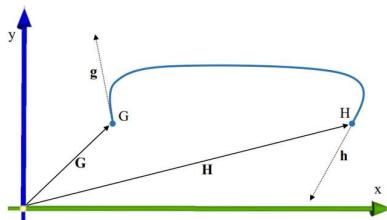


### 38. Charakterizujte krivky používané v počítačovej grafike, spôsob využitia, 1D kríkové útvary

- používame krivky: dané analytickým popisom; interpolačné; aproximačné
- krivkami môžeme reprezentovať geometriu objektu alebo ich využiť ako riadiacu funkciu
- 1D úvar definovaný vrcholmi a hranami je polyline a môže byť acyklický alebo cyklický
- podľa typov hrán môžu byť lineárne (rovné) a nelineárne (krivé)
- podľa vplyvu vrcholov na tvar delíme krivky na interpolačné (všetky vrcholy sú súčasťou krivky) a aproximačné (vrcholy nemusia byť súčasť krivky ale ovplyvňujú jej tvar)
- používané krivky: lineárna interpolácia (lomená čiara); Bézeriove krivky stupňa n; racionálne Bézeriove krivky; B-spline krivky; kubické B-spline krivky (uniformné a neuniformné); racionálne B-spline krivky (uniformné a neuniformné)
- krivky možno modifikovať zmenou polohy riadiacich vrcholov, zmenou váh riadiacich vrcholov, modifikáciou uzlového vektora

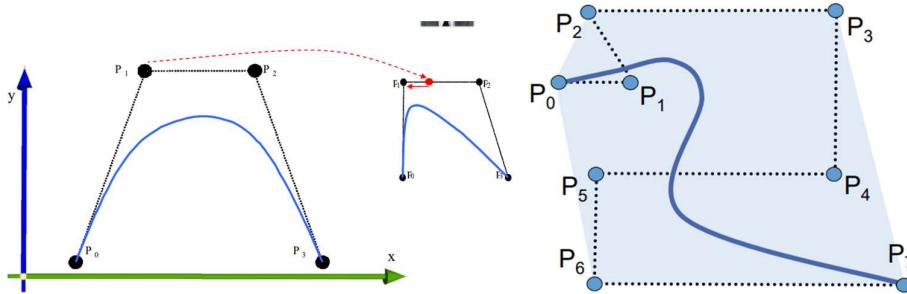
### 39. Charakterizujte a popíšte Fergusonovu krivku

- je to interpolačná krivka



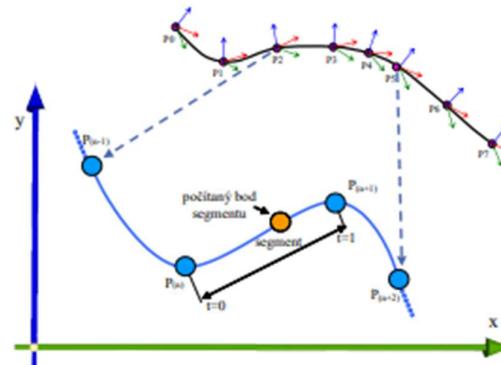
#### 40. Charakterizujte a popíšte Bézierove krivky

- aproximačná krivka, ktorá interpoluje koncové vrcholy
- je definovaná polynomiálnou funkciou stupňa  $n$  ( $n = \text{počet vrcholov} - 1$ )
- affinná invariacia (zachováva tvar aplikovaním affiných transformácií)



#### 41. Charakterizujte a popíšte spline, Catmull-Rom spline a B-spline krivku

- spline krivka je popísaná funkciou  $f(x)$  stupňa  $m$  pre daných  $n+1$  bodov, pre ktorú platí:  $f(x) = f_k(x)$  na intervale  $\langle x_k, x_{k+1} \rangle$ , kde  $f_k$  je polynom stupňa  $m$ ;  $f(x)$  má spojité derivácie;
- najčastejšie sú používané kubické spline funkcie ( $m = 3$ )
- Catmull-Rom spline krivka patrí medzi interpolačné krivky – prechádza všetkými riadiacimi bodmi.
- zakrivenie krivky sa lineárne mení po dĺžke segmentu, každý segment je definovaný pomocou 4 riadiacich bodov, samotný spline môže mať ľubovoľný počet ďalších riadiacich bodov.

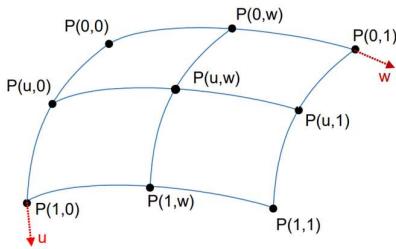


- B-spline krivky sú zovšeobecním Bézeriových kriviek, používa jednoduchšie funkcie
- sú aproximačné a uniformné; zadáním špeciálnych vstupných hodnôt (násobností) spôsobíme, že krivka začína v bode  $P_0$  a končí v bode  $P_{L+n-1}$  kde  $n = \text{počet vrcholov}$ ,  $L = \text{počet násobností vrcholov}$
- pseudolokálna kontrola a segmentovateľnosť
- affinná invariacia
- B-spline krivka je zložená z  $n-1$  segmentov, ktorý je každý popísaný polynomom tretieho stupňa
- nevýhodou B-spline je že krivka nezačína a nekončí v začiatok a končiacom bode polygónu; nevýhodu možno odstrániť zmenením násobnosti prvých a posledných prvkov uzlového vektora

#### 42. Charakterizujte plochy používané v počítačovej grafike, 2D plošné útvary, modifikateľnosť plôch

- plochy môžu byť: dané analytickým spôsobom, interpolačné plochy, aproximačné plochy
- 2D útvar je definovaný vrcholmi a hranami (je to polygón) a môže byť lineárny a nelineárny
- používané plochy: rovinné (lineárne); Bézeriove (nelineárne); B-spline (nelineárne); Racionálne B-spline (uniformné, neuniformné; nelineárne);
- plochy možno modifikovať: zmenou polohy riadiacich vrcholov; zmenou váh riadiacich vrcholov; modifikáciou uzlových vektorov;

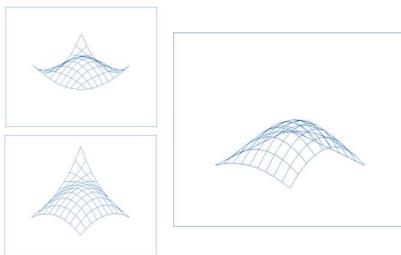
#### 43. Charakterizujte a popíšte Coonsovú bilineárnu plochu



- definovaná maticou  $3 \times 3$  bodov
- v prípade že by protiľahlé strany boli úsečky, získali by sme priamkovú plochu; je teda všeobecnejšia ako priamková plocha
- základným problémom je náročné vyjadrenie priamych dotyčnicových vektorov, čím sa obťažne dosahuje hladké spojenie dvoch plôch

#### 44. Charakterizujte a popíšte Beziérovú bikubickú plochu

- je daná maticou  $4 \times 4$  bodov, teda 16-imi uzlami
- v mnohých aspektoch interpolačná; povrch plochy často krát neprechádza centrálnymi riadiacimi bodmi ale je natiahnutý smerom k nim
- sú vhodné na reprezentáciu hladkých povrchov, potrebujú menej bodov (a teda menej pamäte) pre reprezentáciu zakrivených plôch, ľahko sa s nimi manipuluje
- sú náročné pre priame vykreslovanie; náročný výpočet priesečníkov s čiarami, čo vytvára bariéru pre použitie geometrických techník ako napríklad ray tracing



#### 45. Charakterizujte problém riešenia viditeľnosti a jeho kategorizáciu v rámci počítačovej grafiky

- spočíva v odstránení (odlisení) tých častí 3D objektov, ktoré pri premietaní do 2D nie sú z miesta pozorovateľa viditeľné. Zakrytím týchto častí dostávame jednoznačné priemety želaných telies.
- podľa priestoru, kde je riešená: v 3D; v 2D (priemetne);
- podľa reprezentácie objektov: objektovo orientované algoritmy (riešia ktorá časť objektu je viditeľná); obrazovo orientované algoritmy (riešia späťne pre každý obrazový bod, ktorý objekt je v ňom vidieť);
- podľa uváženia osvetlenia telesa: bez osvetlenia (vyhodnotenie farieb je aplikované lokálne na každý objekt); s osvetlením (metódy s globálnou aplikáciou farieb v rámci scény, ray tracing, radiosity);
- podľa vplyvu možnej chyby pri vykonávaní: s lokálnym vplyvom chyby; s globálnym vplyvom chyby;
- podľa času potrebného na vykonanie: mimo reálneho času; riešenie v reálnom čase;
- časová závislosť riešenia je exponenciálna pri objektových algoritmoch a lineárna pri rastrových algoritmoch

#### 46. Uveďte postup pri získaní horizontu v rámci algoritmu plávajúceho horizontu

- rieši viditeľnosť na úrovni rezov (kriviek)
- v SSZ sa nakreslí prvý rez (krivka) a vyhlási sa za plne viditeľnú – jej hodnoty sú uložené ako horný a dolný horizont. Nakreslí sa druhý rez a skúma sa či jej hodnoty sa nachádzajú nad horným horizontom (resp. pod dolným horizontom). Na základe porovnania týchto hodnôt sa následne upravuje horný a dolný horizont na jej maximálne hodnoty.
- plocha medzi horným a dolným horizontom je zakrytá

#### 47. Charakterizujte a popíšte maliarov algoritmus riešenia viditeľnosti

- objekty sa zoradia podľa vzdialenosť od pozorovateľa ( pomocou Pythagorovej vety)
- kreslia sa všetky objekty zo zadu dopredu
- nedefinuje presne ako počíta vzdialosť objektu
- náročnejšie pri cyklickom prekryve, nie je 100 percentne správny

#### 48. Charakterizujte a popíšte Freeman-Lotrelov algoritmus riešenia viditeľnosti

- pracuje v 3D a je založený na rozdelení stien na neviditeľné a potencionálne viditeľné na základe uhla medzi vektorom pohľadu kamery a normálou steny
- všetky steny musia byť orientované rovnako (v smere alebo proti smeru hodinových ručičiek)
- uhly riešime na základe ostrosti (ostrý, tupý uhol)
- ďalej do výpočtu postupujú len potencionálne viditeľné steny, tento výpočet je podobný s maliarovým algoritmom

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

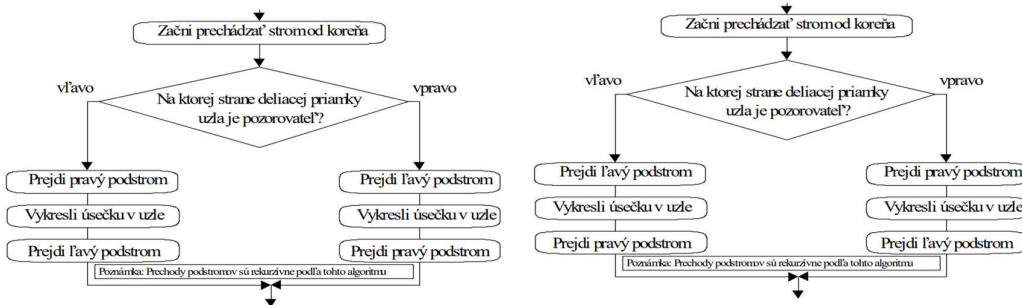
- využíva dve matice: matica farby; matica hĺbky;
- pomocou Pythagorovej vety určujeme vzdialosť medzi kamerou a priesečníkom objektu
- určíme farbu priesečníka; hĺbku priesečníka vzhľadom na jeho priemet (Pythagorovou vetou)
- rozmery matíc je dané rozšírením; inicializované sú na nekonečno (resp. farbou pozadia)
- jednotlivé hodnoty matíc sa prepisujú na základe porovnania medzi novou zistenou hodnotou a hodnotou už zapísanou v matici
- je hardwarovo riešený – značné zrýchlenie
- vždy korektnie vyrieší viditeľnosť
- vysoké nároky, náročný pri veľkých scénach

#### 50. Charakterizujte metódu BSP stromov pri riešení viditeľnosti v rámci počítačovej grafiky, popíšte tvorbu a prechod BSP stromom

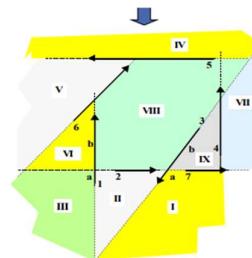
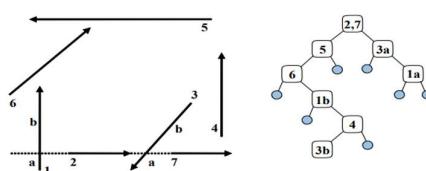
- delené podľa rozloženia objektov: vývážené; nevývážené;
- podľa rozloženia deliacich rovín: statické; dynamické; adaptívne (vznikajúce kvadranty nemusia byť rovnaké); stratové;
- zvolíme ľubovoľnú priamku ako deliacu
- rozdelíme dané úsečky do množín napravo a naľavo od deliacej priamky
- ak existuje úsečka pretínajúca deliacu priamku, rozdelíme ju na dve časti a priradíme do množín

#### BSP STROMY (PRECHOD ZOZADU DOPREDU)

#### BSP STROMY (PRECHOD SPREDU DOZADU)



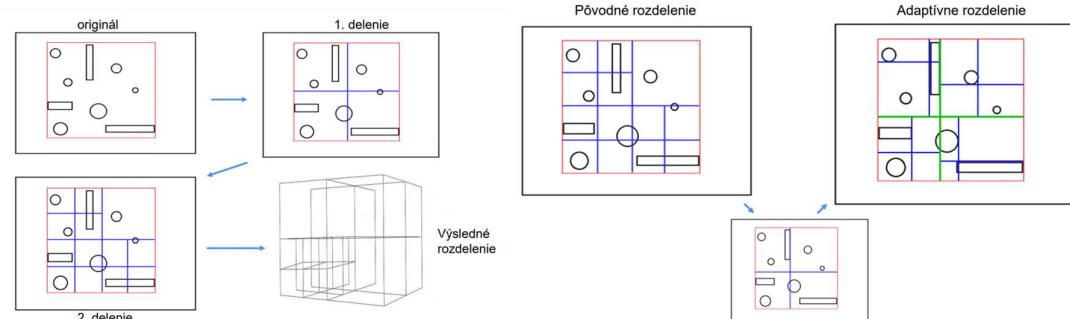
- náročný problém je určenie deliacej priamky



- pri riešení cyklickej scény viem rozdeliť objekty a vytvoriť acyklickú scénu

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

- celý podpriestor sa delí na pravidelné kvadranty
- výhodou je rýchlosť; nevýhodou je možnosť rezania objektov do rôznych kvadrantov



- pri adaptívnom delení je snaha upraviť pozíciu rozdelenia kvadrantov aby čo najmenej objektov bolo rozrezaných
- náročné získať optimálne rozdelenie
- rozdelenie do kvadrantov je možné spraviť pred samotným vykreslením mimo reálneho času počas dizajnu
- pri stratovom delení určíme hranice straty; časti odrezaných objektov, ktoré spadajú pod hranicu straty sú zahodené

#### **52. Vymenujte a v krátkosti popíšte urýchľovacie techniky pre riešenie viditeľnosti v počítačovej grafike (53., 54.)**

- redukcia polygónov vstupujúcich do algoritmov viditeľnosti
- FV (front view) / BC (back cut): vytvorením deliacej roviny postupuje len to čo je pred pozorovateľom, zvyšok je nepodstatný
- orezávanie na zorný ihlan: vyradenie objektov ktoré nijako nezasahujú do zorného ihlanu, samotný ihlan nemusí byť symetrický (napríklad pri stene)
- ohraničujúce útvary: zrýchlenie na úrovni výpočtov, nepravidelné útvary sú generalizované na jednoduchšie útvary, čím jednoduchší útvar, tým rýchlejší výpočet na úkor presnosti
- sektorovanie: scéna je rozdelená na jednoznačne identifikovateľné sektory, do výpočtu idú len objekty sektorov ktoré sú viditeľné zorným ihlanom
- potenciál viditeľnosti: určuje ktoré sektory sú potenciálne viditeľné
- S-buffer (span buffer): prioritne v 2D, vykreslené steny už nie sú prekreslované, do výpočtu prechádzajú len pixeli ktoré ešte môžu byť vykreslené

#### **55. Charakterizujte vyplňovanie oblastí používané v počítačovej grafike**

- typy: vyplnenie jednou farbou; vyšrafovanie oblasti; vyplnenie farebným vzorom (textúrovanie);
- hranica: definovaná geometricky (výpočtovo); nakreslená na zobrazovač;

#### **56. Charakterizujte a popíšte algoritmus riadkového rozkladu pri vyplňovaní oblastí**

- hranica definovaná geometricky
- postupuje od najvyššieho vrcholu oblasti k najnižšiemu, zľava doprava v každom riadku
- rozkladové riadky rovnobežné s osou X a s konštantnou súradnicou Y sa nájdú priesčníky s hranicami vypĺňanej oblasti
- vo výslednom zozname sú usporiadané priesčníky zľava doprava a vyfarbené úseky medzi nepárnymi a párnymi priesčníkmi; počet priesčníkov musí byť párne číslo

#### **57. Charakterizujte a popíšte vyplňovanie spektrom**

- dva spôsoby

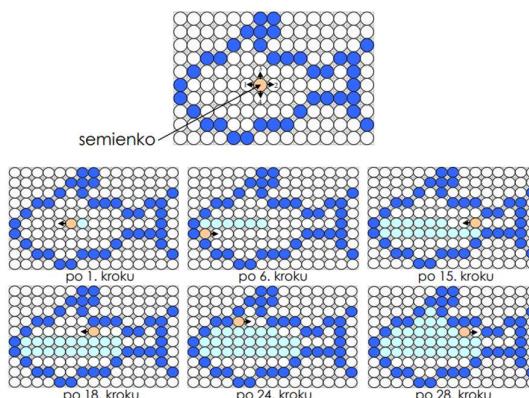
- prvý spôsob: otočenie mnohouholníka aby smer vykresľovania priamok bol rovnobežný s osou x a metódou riadkového rozkladu sa nájdú priesčníky; pri vykresľovaní sú úseky späťne otočené do pôvodnej pozície; farba pri vyplňovaní plynule prechádza z jednej do druhej farby;
- druhý spôsob: využitie možnosti nastavenia orezávacej oblasti; na začiatku sa nastaví orezávacia oblasť na celú oblasť mnohouholníka a sú vypočítané maximálne a minimálne súradnice X a Y; podľa veľkosti uhla je vyplnený príslušný rovnobežník a orezávacia oblasť zabezpečí vyplnenie len mnohouholníka
- radiálny alebo lineárny prechod
- plynulý prechod farieb: zistenie rozdielu zložiek prvej a druhej farby; vypočítanie počtu úsečiek v rovnobežníku; vypočítanie prírastkov jednotlivých zložiek ako pomery rozdielu zložiek prvej a druhej farby a počtu úsečiek;
- je ekvivalentom alfa miešania

#### **58. Charakterizujte a popíšte inverzné a plotové vyplňovanie**

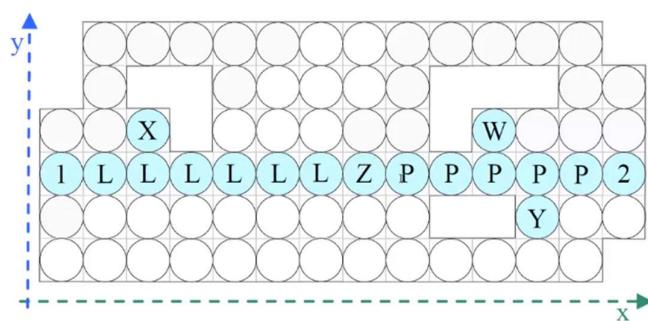
- využiteľné pri zobrazovaní s možnosťou zmeny obsahu
- využíva XOR metódu
- vodorovné (riadkové) – rýchlejšie (z dôvodu prístupu k pamäti)
- zvislé (plotové)
- hranica je daná geometricky; pre každý riadok je vypočítaný priesčník, napravo od priesčníku kreslíme farebnú čiaru metódou XOR; prejdením všetkých riadkov vzniká finálne vyplnenie

#### **59. Charakterizujte a popíšte rekurzívne aj nerekurzívne semienkové vyplňovanie**

- rekurzívne volanie funkcie
- riešenie v 4 smeroch (hore, dole, vľavo, vpravo)
- pri prechode pixelom zistujeme či je hraničný pre farbu alebo či už je zafarbený
- ak nie je zafarbený, voláme opäť funkciu vyplnenia



- nevýhodou je vyplňovanie veľkých plôch; vysoká pamäťová náročnosť
- nerekurzívne vyplňovanie pracuje podobným spôsobom; možné body pokračovania sú ukladané do stacku; vyberaný je vhodný bod zo stacku;
- menej náročné na pamäť



#### **60. Charakterizujte textúrovanie a jeho vzťah k zobrazovacím reťazcom**

- proces nanášania obrazových vzoriek na povrch objektu alebo na objem objektu
- cieľom je získanie vizuálneho dojmu

- typy textúr pod topológiu: 1D; 2D; 3D;
- podľa spôsobu nanášania: statické; dynamické (procedurálne, zmena funkciou; animačné, zmena poradím statických textúr)
- textúrovacia transformácia je prvým krokom v transformačnom reťazci; vzťahuje sa takmer výlučne na SSO (na objekt) až na pár výnimiek (pozadie SSZ)

#### **61. Charakterizujte bilineárne textúrovanie a bump-map textúrovací proces a použitie tieňovania a osvetľovania textúry**

- ako vzor sa najčastejšie používa obrázok (textúra)
- využíva dvojrozmernú súradnicovú sústavu SST, ktorej hodnoty súradníc u, v zodpovedajú jednotkovej miere obrazového formátu
  - u zodpovedá x osi
  - v zodpovedá y osi
- možnosť priradenia vrcholov textúry na plochu objektu
- optimálne je mať orientáciu textúr rovnakú
- výrazné zlepšenie grafického dojmu
- využitie LOD (level of detail)
- využitie lineárne aj nelineárne
- mapovanie textúry: 2D (rotácia, opakovanie); 3D (prechody medzi stenami, opakovanie, rotácia);
- bump mapa (výšková mapa) vytvára ilúziu rôznych výšok bodov textúry. Určuje vplyv svetla pri dopade na povrch. Upravuje farbu (jas alebo saturácia) bodov textúry čím vzniká dojem hrboľatosti.
- môžeme využiť fyzikálny prístup (reálnejšie, náročnejšie) alebo len na základe výškovej mapy prifarbiť výsledný bod (rýchejšie)

#### **62. Charakterizujte a popíšte konštantné (flat) tieňovanie v rámci počítačovej grafiky**

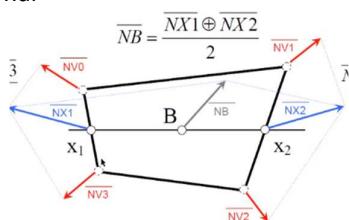
- proces vplyvu svetelného zdroja na objekt (najčastejšie na jeho povrch)
- typy: konštantné (flat); Gourardovo (interpolácia farby); Phongovo (interpolácia normály);
- podporné technológie: poltónovanie (halftoning); rozptyľovanie (dithering);
- pri konštantnom tieňovaní je podmienkou, aby všetky steny boli rovnako orientované
- určujeme normály vychádzajúce zo stredov stien (plôch); normály sú určované na základe smerových vektorov hrán (na poradí záleží);
- intenzita tieňa je závislá od uhla medzi vektorom dopadu lúča a normálou steny

#### **63. Charakterizujte a popíšte tieňovanie interpoláciou farby (Gourard) v rámci počítačovej grafiky**

- okrem normál stien sú určované aj normály hrán; určené ako suma normál stien tvoriacich hranu;
- druhým krokom je vypočítanie intenzity na hranách tvoriacich stenu a následne je počítaná lineárna interpolácia medzi hranami

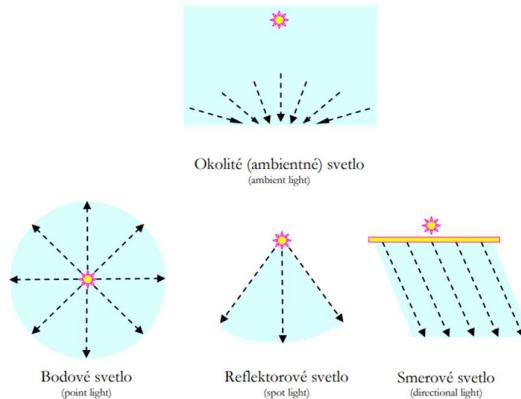
#### **64. Charakterizujte a popíšte tieňovanie interpoláciou normály (Phong) v rámci počítačovej grafiky**

- využíva difúznu a reflektívnu zložku
- normálu je potrebné počítať v každom bode povrchu
- výpočet je jednoduchý – ale je ich veľa
- pri viacerých svetelných zdrojoch sa často krátk robí suma všetkých zdrojov a ich percentuálny podiel
- veľmi náročné pre v reálnom čase; je ale fotorealistické;
- určujeme normály vrcholov; počítané sú ako suma normál hrán, ktoré ho tvoria
- tretím krokom je interpolácia normál



## 65. Popíšte problematiku osvetľovania a osvetľovacích modelov, svetelné zdroje, osvetľovacie mapy

- proces vplyvu svetelného zdroja/zdrojov, materiálu a iných objektov na svoje okolie – vrhanie tieňa, lom svetla pri prechode materiálom
- typy: statické (svetelný zdroj sa nepohybuje, počítame len na začiatku); dynamické (objekty sa pohybujú);
- osvetľovací model je model sledujúci vlastnosti povrchu ako je farba, lesklosť, matnosť, drsnosť a podobne
- základom modelu je odrazová funkcia, vyjadrujúca intenzitu svetelného lúča rozptýleného svetla
- čím lepšie odrazová funkcia simuluje reálny svet, tým presvedčivejší je generovaný obraz
- typy svetelných zdrojov podľa farby: monochromatické (jednej farby); achromatické (viacero zložiek);
- typy podľa spôsobu vyžarovania: bodové; reflektorové (spotlight); plošné;
- typy podľa kinematiky: statické; dynamické;



## 66. Spracovanie osvetľovacích modelov, zložky svetla podľa Phongovho osvetľovacieho modelu

- ambientná zložka používaná najmä v empirických odrazových rovníc
- predstavuje svetlo prichádzajúce zo všetkých smerov
- difúzna zložka nezáleží na smere pohľadu, po viacerých odrazoch je smer lúča náhodný
- jej intenzita záleží len na uhle dopadu a nosí informáciu o farbe povrchu
- zrkadlová zložka záleží na smere pohľadu, po viacerých odrazoch a lomoch môže byť lúč utlmený
- väčšinou je riadená po odraze štatistickým rozdelením a jej veľkosť závisí od uhlu dopadu a zrkadlových vlastnostiach povrchu
- celkový odraz svetla je tvorený difúznou a zrkadlovou zložkou
- náročné pre reálny čas, pristupuje sa k obmedzovaniu funkcií odrazu (zníženiu štatistického rozdelenia zrkadlovej zložky, ...)
- osvetľovacia mapa je celkový výpočet vplyvov svetelných zdrojov na scénu (kde bude farba živšia/bledšia)
- environmentálne zrkadlo (využitie pohľadu kamery umiestnenej v zrkadle ako textúry objektu zrkadla)
- geometrické zrkadlo (zrkadlové modelovanie scény viditeľné cez polopriehľadnú plochu)

## 67. Charakterizujte problém realistického zobrazovania a globálne osvetľovacie techniky v rámci počítačovej grafiky a v krátkosti popíšte fotorealistické metódy vychádzajúce od pozorovateľa a od svetelného zdroja

- globálne osvetľovacie techniky slúžia na riešenie zobrazovacej rovnice (vrátane riešenia viditeľnosti)
- delenie: výpočet osvetlenia všetkých plôch (pohľadovo nezávislé); výpočet osvetlenia pre určitý smer (pohľadovo závislé)
- rozdelenie techník: vychádzajúce od pozorovateľa (sledovanie lúča, sledovanie cesty); vychádzajúce od svetelného zdroja (sledovanie fotónov, Monte Carlo sledovanie svetla); obojsmerné metódy (obojsmerné sledovanie cesty, fotónové mapy); vyžarovacia metóda (radiosity);

- vychádzajúce od pozorovateľa – ide o pohľadovo závislé metódy, ktoré zhromažďujú svetelnú informáciu (energiu), ktorú lúč akumuluje po svojej trajektórii. Označujeme ich aj ako spätné sledovanie trajektórie svetla.
- vychádzajúce od svetelného zdroja – riešia problémy ako sú kaustika, skryté svetelné zdroje, ...
- zaťažujú šumom; hľadajú riešenie rovnice náhodným sledovaním dráh lúča zo svetelného zdroja

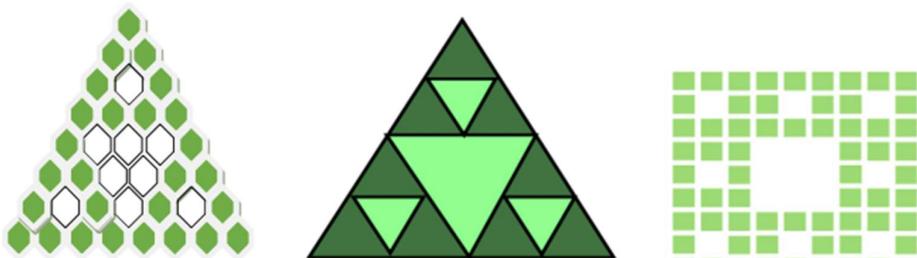
#### **68. Uveďte a v krátkosti popíšte algoritmy fotorealistických metód a popíšte metódou raytracing**

- algoritmy zobrazujúce povrhy: vytvárajú pomocnú geometrickú reprezentáciu; hľadajú hrany a body povrchu a z nich interpretuje povrch 2D záplatami.
- patria sem: sledovanie obrysov (contour tracking); marching cubes (pochodujúce kocky); marching tetrahedra; dividing cubes; opaque cubes;
- tieto metódy sa snažia z objemových dát aproximovať povrch za pomoci geometrických primitív
- vnútro objektu je zahodené
- objemové algoritmy: využívajú celú priestorovú informáciu na vykreslenie a sú nezávislé od zložitosti scény
- využívajú celú mriežku údajov, sú náročné na procesor a pamäť
- delia sa na: binárne (pokrývajú každý voxel úplne alebo vôbec, povrchovo orientované algoritmy); pravdepodobnostné (voxelom je priradený percentuálny podiel nejakého objektu, nahradzujú príspevky všetkých vzoriek pozdĺž lúča do jedného obrazového pixela)
- algoritmy pracujúce v obrazovom priestore: pre každý pixel výsledného obrazu sa hľadajú voxely v objektovom priestore, ktoré prispievajú do výslednej farby bodu
- často krát je nutná interpolácia pre zistenie hodnôt voxelov mimo vrchol mriežky
- patria sem: trasovanie lúčov (raytracing, raycasting); Sábelova metóda
- algoritmy pracujúce v objektovom priestore: pre každý voxel objektového priestoru sa hľadajú pixely výsledného obrazu, ktoré daný voxel ovplyvnia. Na každý voxel je aplikovaná konvolúcia s 3D rekonštrukčným filtrom
- príspevok filtrovaných bodov sa nahromadzuje do obrazového priestoru
- algoritmy: V-buffer; Splatting;
- algoritmy pracujúce na hybridnom princípe: kombinujú výhody predchádzajúcich prístupov
- algoritmus Shear-warp: myšlienka spočíva v posunutí jednotlivých rezov v objektovom priestore tak, aby ich namapovanie na 2D zobrazovací priestor bolo jednoduché a rýchle – vzorky pozdĺž lúčov budú ležať presne v rovinách rezov.
- algoritmus obsahuje až dva kroky prevzorkovania, čo môže spôsobiť rozmazenie a stratu detailných informácií
- rekonštrukčný filter je iba dvojrozmerný. V rezoch sa používa iba bilineárna interpolácia, medzi rezmi iba interpolácia najbližším susedom. Tento bod je hlavnou nevýhodou algoritmu shear-warp
- počet lúčov je rovný počtu voxelov jedného rezu, algoritmus produkuje alias kvôli podvzorkovaniu.
- raytracing: z každého obrazového bodu je vyslaný lúč smerom do scény a je sledované jeho správanie v scéne, lúč končí v momente keď dosiahne zdroj svetla alebo dopadne mimo scénu (poprípade obmedzíme hĺbkou rekurzie)
- po nájdení svetelného zdroja postupujem späťne
- zápis je reprezentovaný stromom, koreňom je zobrazovaný bod
- výpočet intenzity je suma intenzít jednotlivých zložiek

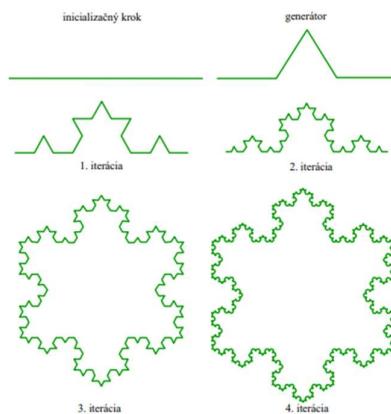
#### **69. Uveďte a v krátkosti popíšte fraktálne a časticové systémy**

- fraktál je množina, ktorej Hausdorffova dimenzia je väčšia ako topologická dimenzia
- typy: L-systémy; IFS; Dynamické množiny-systémy;
- L-systémy patria medzi najjednoduchšie fraktály
- sú vhodné pre popis objektov prírody; pracujú na princípe aplikácie pravidiel nezávisle od poradia;
- systém je definovaný svojím stavom a tabuľkou akcií; stav je popísaný polohou a orientáciou L-systému;
- grafickou interpretáciou je najčastejšie korytnačia grafika, založená pomocou programovacieho jazyka LOGO (programovanie na základe ovládania pohybu korytnačky)

- 4 základné pravidlá pohybu: presunutie vpred s kreslením; presunutie vpred bez kreslenia; otočenie vľavo; otočenie vpravo;
- vhodné pre použitie na prírodných javoch (listy, rastliny, stromy)
- IFS (iterated function system) je generatívny typ fraktálov; má veľké použitie napríklad pri komprimácii údajov
- iteratívnym spôsobom vykresľuje body



• Kochovej vločka



- dynamické množiny sú najčastejšie rovinným obrazom trojrozmerných objektov; tretí rozmer je vyjadrený farbou (farba predstavuje výšku v danom bode)
- založené na komplexných číslach
- Juliova množina je sebepodobná (pozostáva z kópií samej seba získaných nelineárnymi transformáciami); je ohraničená kružnicou
- často krát používaná na generáciu povrchu (hory, ...)
- Mandelbrotova množina (komplikovaný tvar, pripomína chrobáka)
- využitie dynamických fraktálov: plazma (simulácia oblakov a ohňa)
- časticové systémy sú rovnako ako fraktály využívané pre zvýšenie realizmu vo vykreslovanej scéne
- môžu predstavovať mraky, počasie, svetelné lúče, dym, oheň
- využívajú efekt použitia veľkého množstva malých častíc
- typy: usporiadane správanie (pohyb, rotácia, zmena farby); chaotický vzor správania (výbuch, chemická reakcia, vietor)

## 70. Charakterizujte XR (eXtended Reality) s dôrazom na virtuálnu realitu a jej príslušné technológie vrátane ich uplatnenia

- virtuálna realita predstavuje interaktívny systém, vytvárajúci ilúziu v reálnom čase neexistujúceho priestoru
- zmiešaná realita kombinuje prvky reálneho sveta s počítačom generovanými objektmi; vnem môže byť komponovaný zobrazením obrazu na priehľadnom displayi alebo snímaním okolitého priestoru kamerou a zobrazovaním kamerového výstupu obohateného o počítačom generovaný obsah
- extended reality poskytuje zobrazenie spoločného priestoru medzi viacerými užívateľmi v reálnom čase
- využitie virtuálnej reality: hry, simulácie, ...