

## 3D modelovanie

3D modelovanie je proces vytvárania matematického trojdimenzionálneho objektu pomocou špecializovaného softvéru

Použitie 3D modelovania a vizualizácie

- o 3D vizualizácie interiérov
- o exteriérové 3D vizualizácie
- o produktová 3D vizualizácia
- o 3D vizualizácie krajiny
- o 3D animácie

## Základné pojmy

### Osi X, Y a Z

Osi sú použité na znázornenie konkrétnych smerov v trojrozmernom priestore. Univerzálnym symbolom použitým pre súradnicové osi sú tri navzájom kolmé úsečky, pretínajúce sa v počiatku súradnicového systému (bod  $[0,0,0]$ ) a označené písmenami X, Y a Z.

- X predstavuje pohyb vo vodorovnom smere, teda doprava a doľava.
- Y je pohyb smerom k pozorovateľovi a preč od neho.
- Z reprezentuje zvislý smer, teda pohyb smerom hore a dole.

### Modely

Pri geometrickom modelovaní z pohľadu geometrických prvkov, z ktorých sa 3D model vytvára hovoríme o modeloch:

- analytická reprezentácia (body, krivky, plochy a matematické vzťahy medzi nimi)
- drôtový 3D model
- plošný 3D model (polygonálny model – základ je polygón, uvažuje sa plocha)
- objemový 3D model (konštruktívna geometria – pomocou 2D a 3D primitív, uvažuje sa celý objem)
- voxelový alebo dekompozičný model (rozloženie na elementárne kocky, uvažuje sa celý objem)

## Typy modelov

### Analytická reprezentácia

alebo **hraničný spline model** sa skladá s bodov, kriviek a spline plôch. Takéto modely nesú úplnú informáciu pre popis objektu.

Takto reprezentované objekty bývajú veľmi reálne a pamäťovo nenáročné.

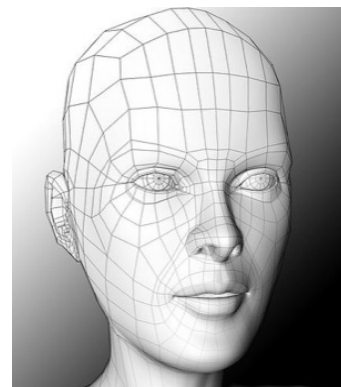
### Polygonálny model

využíva ako základ **vertex**, čo je bod v trojrozmernom priestore.

Spojením dvoch vertexov dostávame **úsečku**, pridaním ďalšieho bodu získame **trojuholník**, čo je najzákladnejší polygón.

V zásade sa využívajú hlavne trojhorné polygóny, takže najčastejším útvarom polygonálneho modelu je trojuholník alebo štvoruholník.

Polygonálny model je najpoužívanejší.



### Drôtový model

Priestorový drôtový model nazývaný aj Wireframe model je tvorený bodmi, ktoré sú spojené krivkami. Ide o opis bodov a kriviek spájajúce tieto dva body.

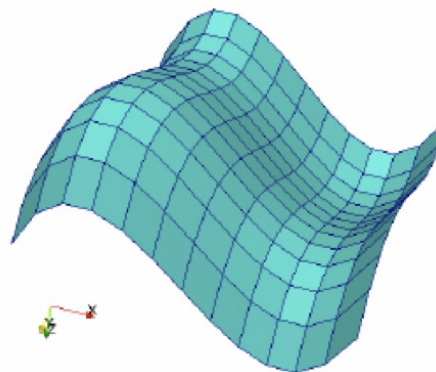
Nevýhoda: chýbajú údaje o stenách medzi krivkami a o priestore (objemu) ohraničeného stenami.



### Plošný model

Modeluje telesá pomocou plôch. Potreba vzniku plošných systémov sa prejavila predovšetkým v oblastiach leteckého, lodárskeho a automobilového priemyslu, kde sú na spracovanie zložitých plôch kladené veľké nároky

Začíname vytvárať vrcholy, hrany a nakoniec definujeme plochu. Je možný aj opačný postup cez preddefinované plochy tzv. primitíva a vybrať napr. plášť valca, kužela a pod. Oproti drôtovému modelu vieme získať plošný obsah modelu Plošný geometrický model je tvorený bodmi (vrcholmi), hranami a stenami.



### Objemový model

Poznáme dva hlavné koncepty objemového modelovania :

- **Reprezentácia modelu pomocou hraníc** B-rep model (Boundary representation)
- **Reprezentácia modelu pomocou geometrických telies** CSG model (Constructive Solid Geometry).

Obidve koncepcie sú založené na modelovaní súčiastok pomocou základných geometrických objektov (entitami, primitívami), na počítačovej transformácii a na využívaní booleanovských operácií.

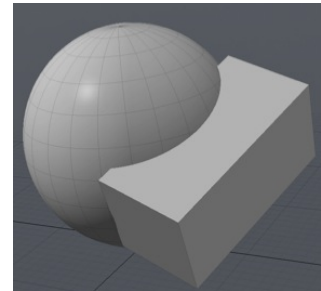
### Reprezentácia modelu pomocou hraníc

Model je vyjadriteľný svojimi hranicami. Týmto hranicami modelu sú steny - plochy, hranicami stien sú hrany - krivky a hranice pri hranách predstavujú body. Výhody B-rep modelu oproti CSG modelu spočívajú napr. v jednoduchšom spracovaní informácií o súčiastke potrebných napr. pre generovanie dráhy nástroja pri jej výrobe.



### Reprezentácia modelu pomocou geometrických telies

Táto reprezentácia využíva množinové operácie a to sčítanie, rozdiel alebo prienik. Teleso sa vytvára pomocou stromu množinových operácií aplikovaných na primitíva.

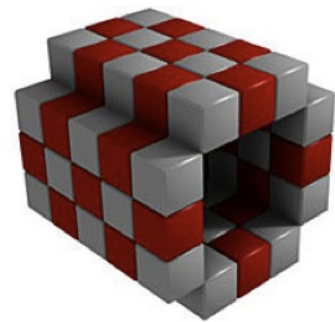


### Hybridný model

Modely definované pomocou objektov (CSG) a modely definované pomocou hraníc (B-rep) majú svoje výhody a tiež obmedzenia. Žiadny z nich nie je vhodný pre všetky aplikácie. Riešenie sa ponúka v ich spojení. Potom hovoríme o tzv. hybridných modeloch.

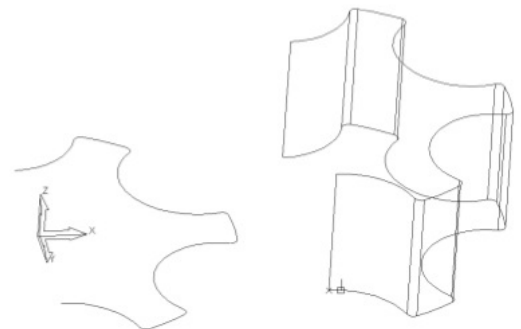
### Voxelový model

alebo tiež **dekompozičný model**. Voxelové modely sa najviac podobajú bitmapovej grafike. Rovnako ako v nej je jedným bodom obrázku štvorček, tu sa modely skladajú z malých kociek. Pri použití dekompozičného modelu sa objekt rozloží na elementárne objemové jednotky – kocky. Ide o diskretný popis modelu, pri ktorom sa ako základná jednotka popisu používa Voxel, čo je objemová jednotka reprezentujúca hodnotu bunky v sieti trojrozmerného priestoru.



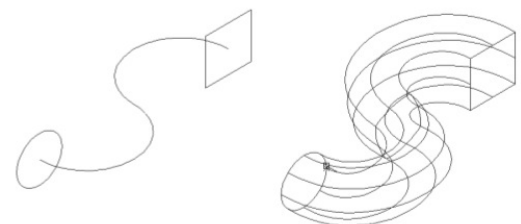
### Modelovanie pomocou tvoriacich kriviek

Tvoriacou nazývame krivku (najčastejšie je to 2D krivka ale môže byť aj 3D krivka), ktorá tvorí východisko pre vytvorenie 3D modelu buď jej rotáciou (vo zvolenej osi súradnicového súradného systému) alebo jej posunutím (v jednom alebo súčasne vo viacerých smeroch súradnicového systému). Na obr. je ukážka vytvorenia 3D modelu posunutím tvoriacej krivky pozdĺž jednej osi súradnicového systému.



### Model z troch kriviek

V tomto prípade sa model vytvára z troch samostatne nakreslených kriviek. Na obr. je príklad prvotného usporiadania troch kriviek, kde kružnicu nazývame štartovacou krivkou (profilom), štvorec - konečnou krivkou (profilom) a krivku tvaru "S" nazývame vodičom.



### Model zo štyroch kriviek

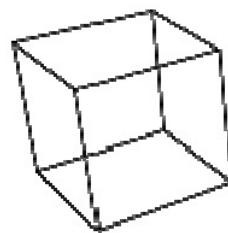
Tento prípad vytvorenia modelu je analogický predchádzajúcemu spôsobu len krivky sú 4.

### Modelovanie pomocou kombinácie predošlých spôsobov

## Primitíva

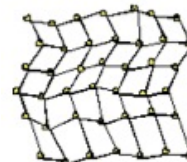
### Plošné primitíva

sú plášte základných telies – valca, gule, kužeľa ...



### Objemové primitíva

Sú tvorené celým objemom objektu, pričom je možné uvažovať aj o materiálovo – povrchových a materiálovo – objemových a fyzikálnych vlastnostiach objektu - valec, guľa, kužeľ

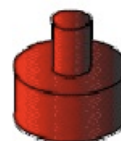


### Boolean operácie

Boolean operácie sa dajú prirovnať ku matematickým množinovým operáciám zjednotenia, odpočítania a prieniku, ibaže v 3D priestore. V praxi to znamená, že môžeme dve a viac už existujúcich telies, spojiť do jedného nového telesa, alebo od jedného telesa odpočítať iné teleso, alebo telesá a tým nám opäť vznikne nové teleso, alebo zostrojíme prienik všetkých vybraných telies.

#### Podmienky uplatnenia

Vo virtuálnom priestore musia existovať najmenej dva priestorové objekty a tieto telesá sa musia vzájomne aspoň dotýkať (alebo cez seba prenikať).



- **Zjednotenie** - ak majú aspoň jeden spoločný bod, pričom výsledný objekt sa správa ako jediný logický celok. Teda pri otáčaní, posúvaní (ale aj napríklad pri kopírovaní a zmene mierky) sa bude podľa zadaného príkazu meniť obe zjednotené objekty.
- **Odpočítanie** - z počiatočného objektu sa odpočíta objem odpočítavaného telesa, pričom odpočítané teleso je „spotrebované“ na vytvorenie výsledného objektu, ktorý je potom zložený kombináciou povrchov oboch objektov. Odpočítavané objekty musia mať spoločný minimálne jeden bod.
- **Prienik** - je opakom odpočítavania. Výsledný 3D objekt vznikne spojením dvoch telies, pričom výsledné teleso je tvorené len bodmi a povrchmi, ktoré majú obe telesá spoločné.

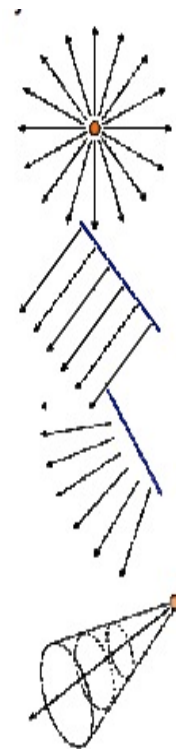


# Svetlo a zdroj svetla

## Svetelný zdroj

je charakteristický tým, že emituje svetelné žiarenie. Druhy:

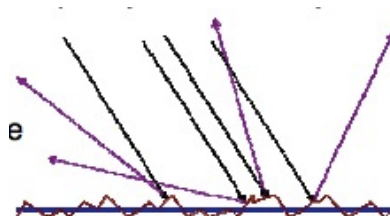
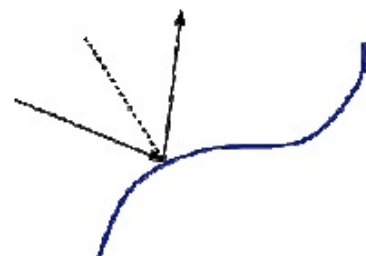
1. **Bodový zdroj** – svetlo sa z neho šíri rovnomerne a s rovnakou intenzitou do všetkých smerov.
2. **Zdroj rovnobežného svetla** - môže byť chápaný ako bodový zdroj ležiaci v nekonečne, alebo ako nekonečne veľký rovinný zdroj ležiaci v konečnej vzdialenosti. Pre tento zdroj svetla je charakteristické, že lúče z neho emitované sú rovnobežné.
3. **Plošný zdroj svetla** - tento typ svetla sa najviac podobá reálnym zdrojom, akými je napríklad žiarivka, alebo okno, ktorým prechádza denné svetlo.
4. **Reflektor** alebo **smerovo závislý zdroj** svetla, ktorý je určený polohou a orientáciou, t.j. smerom, ktorým žiari. Jeho svetelná intenzita je maximálna v smere, ktorým žiari, a kolmo k tomuto smeru klesá exponenciálne.
5. **Obloha** - je najkomplikovanejší zdroj svetla - je popísaná ako zdroj rovnobežného svetla v tvare pologule s nekonečným polomerom



## Zložky osvetlenia

Ak dopadá na objekt svetlo určitej farby, tak časť z neho je pohltená a časť odrazená. Odrazená časť svetla určuje farbu objektu, ktorú vníma naše oko. Pri určovaní osvetlenia daného bodu musíme uvažovať tri zložky svetla:

1. **Zrkadlová** (specular) zložka Je to svetlo, ktoré sa od povrchu priamo odrazí. Takéto svetlo vytvára odlesky a zrkadlové efekty. Jeho farba môže byť iná ako farba povrchu objektu. Táto zložka je smerová – smer odrazeného lúča je presne daný a vnímanie odrazu sa mení aj s meniacou sa pozíciou pozorovateľa.
2. **Difúzna zložka** je prítomná vždy, ak povrch telesa nie je dokonale hladký. Ak sú na povrchu drobné nerovnosti, dopadajúce svetlo sa odrazí aj v smeroch, ktoré sú akoby náhodné. Preto táto zložka nie je smerová – bod sa javí rovnako nezávisle od pozície pozorovateľa. Difúzna zložka určuje farbu povrchu telesa. Čím drsnejší (matnejší) je povrch, tým je táto zložka väčšia.

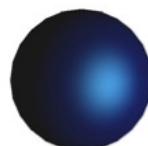
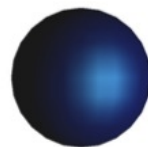


3. **Ambientná zložka** V reálnych scénach býva viac svetelných zdrojov alebo rôzne objekty, ktoré svetlo odrážajú. Dochádza k mnohonásobným odrazom a k skladaniu svetla zo všetkých zdrojov, svetlo môže byť navyše rozptýlené molekulami vzduchu a pod., čo má za následok, že je prítomné tzv. ambientné (okolité) svetlo. Toto svetlo prichádza zo všetkých strán a rovnako osvetľuje všetky časti objektov. Prítomnosť ambientného svetla má za následok, že nijaká plocha nebude celkom čierna a čím je ambientné svetlo silnejšie, tým svetlejší je výsledný obraz. Ambientné svetlo býva väčšinou biele, najmä pri zložitejších scénach.

## Tieňovanie

(shading) je určenie výslednej farby povrchu zobrazovaného osvetleného objektu.  
3 Typy:

1. **Konštantné tieňovanie (flat shading).**
2. **Gouraudovo tieňovanie**
3. **Phongovo tieňovanie** - toto tieňovanie je najrealistickejšie, ale výpočtovo najnáročnejšie.



## Tiene

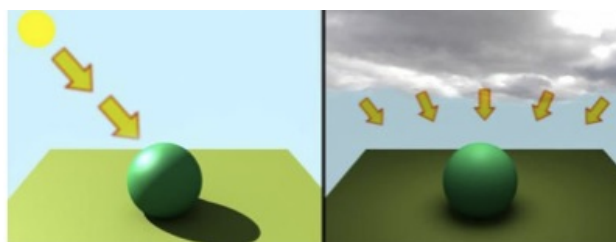
Okrem svetelných zdrojov musíme v 3D grafike uvažovať aj s tieňami

1. **tvrdé tiene**, lineárne ostré, kontrastné, výrazné tiene ...
2. **mäkké tiene**, rozľahané, jemnejšie, rozplývavé až miznúce, s jemnými okrajmi...
3. **krvácanie farieb** - objekty čiastočne odrážajú osvetlenie ktoré prijmu a tento odraz vidno na povrchu objektov okolo.
4. **spektakularita** – lesk na objekte pri jeho priamom osvetlení

Môžeme vidieť takmer rovnaké podmienky, ale nie v rovnakej intenzite, tvrdé tiene zmizli. To sa stalo preto, lebo osvetlenie generujú mraky a nie slnko

*Naľavo je slnečný deň.* To znamená, že je jeden hlavný bod zdroja svetla, ktoré tvorí svetlo len z jedného smeru, s tvorbou tvrdých tieňov. Spektularita (lesk na objekte) k takémuto typu osvetlenia patrí.

*Napravo je zamračený deň,* nikde nie je žiadny konkrétny zdroj svetla. Svetlo na objekty vrhá celá obloha, pričom sa vytvárajú mäkké tiene. Svetlo je vrhané rozptýlene, takže tieň sa nakoniec vytvorí plynule okolo celého objektu. Spektularita je rozmazaná.



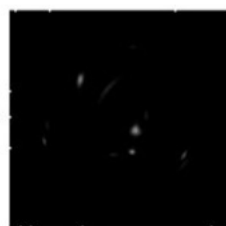
=



+



+



3D objekt

=

farba a okolité svetlo

+

difúzna zložka

+

spektakularita

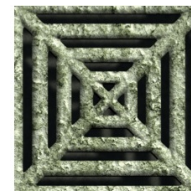


## Textúry

Povrch reálnych predmetov sa líši - môže byť zvráskavený, priehľadný či lesklý, môže obsahovať farebné prechody a zmeny. Technika, ktorá tieto vlastnosti v počítačovej grafike postihuje, sa nazýva textúra. Zatiaľ čo geometria popisuje tvar telesa, textúra je popisom vlastností jeho povrchu.

Textúra je obraz z reálneho sveta (povrchy - múr, omietka, koža, látka, kovový povrch, piesok, celé budovy s oknami, tváre ľudí a zvierat, architektonické detaily ...) ktorým "obalíme" vygenerovaný trojrozmerný objekt tak aby sme dosiahli jeho maximálnu podobnosť so skutočnosťou.

Textúra je uložená vo forme bitmapy, alebo dvojrozmerného (alebo viacrozmerného) poľa.



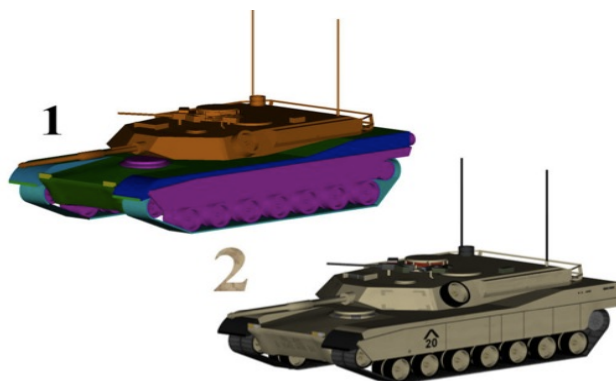
Textúry môžeme rozdeliť podľa toho akú vlastnosť popisujú:

### 1. Farba povrchu

2. **Odraz svetla** sa môže meniť s miestom povrchu. Prejavom takejto vlastnosti je odrážajúce sa okolie od povrchu objektu. Z tohto dôvodu sa táto textúra tiež označuje ako mapovanie okolitého sveta (environmental mapping).

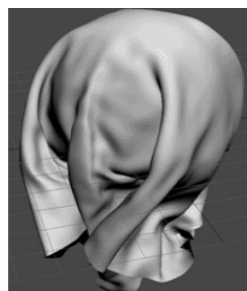
3. **Zmena normálového vektora** opticky mení tvar povrchu telesa bez toho, aby sa zmenila jeho geometria. Výsledkom je povrch, ktorý vyzerá poprehýbaný alebo inak geometricky zmenený.

4. **Priehľadnosť** telesa nemusí byť po celom jeho povrchu konštantná, ale môže sa tiež meniť s miestom.



## Mapovanie

**UV mapovanie je 3D modelovací proces umožňujúci prenos 2D obrazu na 3D model.** Je to spôsob, ktorým sú textúry priradované 3D modelom, resp. metóda, ktorou je materiál "nabalený" na objekt tak, že sa stáva jeho neoddeliteľnou súčasťou a môže byť deformovaný alebo transformovaný spoločne s objektom.



## Modifikátory

Modifikátory si je možné predstaviť ako nástroje na editáciu alebo vylepšenie objektu, alebo jeho častí, čím im špecifikujeme nové vlastnosti bez toho, aby sa zmenil pôvodný objekt (je možná cesta späť). Model je možné totiž stále opraviť a vrátiť sa na nižšiu úroveň. Modifikátory aplikované na objekt sú usporiadané v zásobníku modifikátorov.



## 3D animácie

3D počítačová animácia môžeme definovať ako techniku, v ktorej je ilúzia pohybu vytvorená sériou jednotlivých stavov scény, zobrazovaných na obrazovke alebo nahrávaných na nahrávacie zariadenie.

Typická 3D scéna sa skladá z: objektov, kamier a svetiel. Každý objekt má svoje charakteristické vlastnosti, ktoré sa môžu v čase meniť:

- Objekty: poloha, orientácia, veľkosť, tvar, farba, priehľadnosť
- Kamery: poloha objektívu, bod záujmu, zorný uhol (priblíženie, vzdialenie)
- Svetlá: intenzita, poloha

Techniky môžeme zoskupiť do dvoch základných skupín:

- dvojrozmerné (2D) majú sklon zameriavať sa na manipuláciu a spracovanie obrázkov
- trojrozmerné (3D) obyčajne vytvárajú virtuálne svety, v ktorých sa postavy a objekty pohybujú a vzájomne na seba vplývajú.

Výroba obrázkov pre animáciu pomocou virtuálneho 3D sveta zahŕňa tri kroky:

1. **modelovanie** - proces prípravy a vytvárania elementov scény
2. **animovanie** - rozpochybovanie
3. **rendering** - konvertuje vlastnosti prvkov scény a ich pohyb do obrázkov

## Rendering

Rendering je proces tvorby obrazu z modelu. Proces tvorby obrazu funguje spôsobom, kde kamera (kamerou je myslený pohľad výrezu) akoby vysiela lúče, ktoré prehľadávajú scénu. Pokiaľ narazí na objekt, je jeho povrch v tomto bode analyzovaný, tj. sú analyzované parametre materiálu, úroveň osvetlenia, uhol medzi povrchom a zdrojom svetla a ďalšie vlastnosti. Informácie sa vracajú ku kamere a sú uložené do podoby pixelu konečného obrázku.

## Animácia

Zabezpečuje dynamický pohyb v obraze, kde sa objekt hýbe v rôznych smeroch, uhloch alebo mení svoju štruktúru alebo tvar. Za animáciu považujeme zmenu súradníc, teda polohy parametrov objektu za presne stanovený čas. Čas je určený časovou lištou, ktorej dĺžka sa dá prednastaviť alebo meniť podľa potreby a celkovej dĺžky animácie.

Na časovej lište sa nachádzajú kľúčové snímky (key frames), ktoré sú na obrázku farebne zvýraznené. Znázorňujú novú polohu, orientáciu alebo zmenu parametra objektu alebo skupiny objektov za špecifikovanú dobu.

Každý objekt má vlastnú časovú lištu, takže sa dá ľahko editovať zmena každého z nich osobitne. Metódy animácie:

1. **Kľúčovanie** poskytuje výbornú kontrolu nad pohybom a kreslia sa iba najdôležitejšie – kľúčové snímky (keyframes). Zvyšné medzisnímky (in-betweens) kreslí počítač.
2. **Procedurálne metódy** vytvárajú pohyb čisto automatizovaným spôsobom
3. **Snímanie pohybu** je metóda, ktorá používa špeciálne senzory a snímače na záznam pohybu človeka. Nahrané dáta sa potom použijú na vytvorenie pohybu v samotnej animácii. Snímanie pohybu je veľmi populárna metóda. Umožňuje relatívne ľahko nahráť veľké množstvo pohybov, aj keď tiež sa stretáva s určitými problémami. Napríklad keď sa senzory neudržia na pôvodnom mieste, keď rozmery objektu nie sú rovnaké ako rozmery snímanej postavy, ....