

Základy informatiky

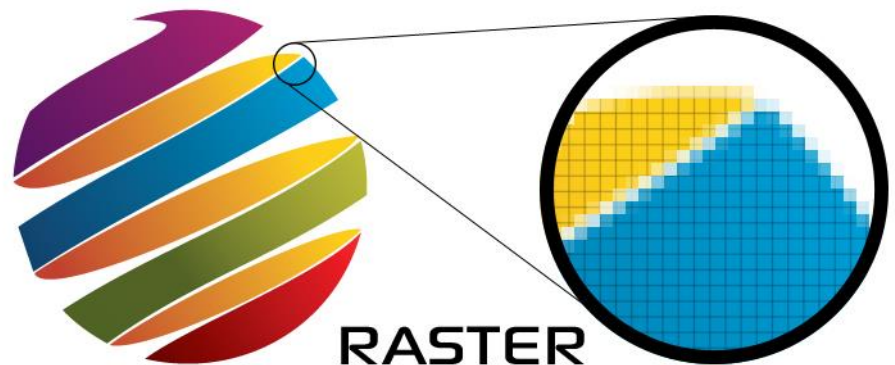
08 - Počítačová 2d a 3d grafika

Osnova přednášky

- Rastrová 2d počítačová grafika
- Metody komprese obrazu
- Rastrové formáty
- Vektorová 2d grafika
- Křivky ve vektorové grafice
- Vektorové formáty
- 3d počítačová grafika

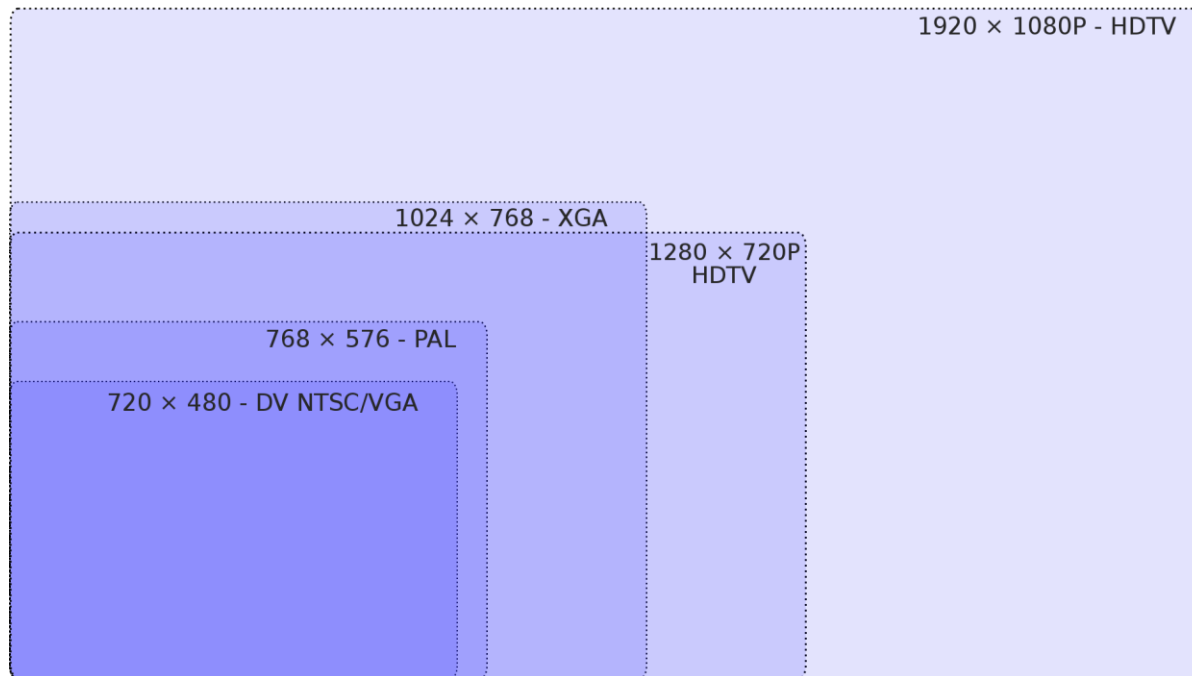
Rastrová grafika

- Analogie s rastrovým datovým modelem v GIS
- Pravidelná mřížka buněk (pixelů)
- Každé buňce je přiřazen určitý barevný odstín definovaný barevným prostorem a barevnou hloubkou (a dále případně průhlednost)
- Každý obraz na monitoru, displeji, TV = rastr



Rozlišení rastrového obrazu

- = počet pixelů obrazu ve vodorovné a svislé straně
- např. 640x480 px, 1920x1080 px, 5472x3648 px
- poměr stran: dán poměrem počtu pixelů ve vodorovné a svislé straně (např. 3:2, 4:3, 16:9)



Rastrová grafika - vznik

- Digitální fotografie
- Skenování předlohy
- Grafika vytvořená uživatelem v editoru
- Grafika vygenerovaná – fraktály, apod.

Komprese rastrových obrazů

- Účel = zmenšení velikosti souboru s obrazem zejména za účelem přenosu či archivace dat
- Kompresní poměr = poměr objemu komprimovaných dat k objemu dat nekomprimovaných (až 1 : 25)
- Ztrátová x bezztrátová komprese
- Symetrické x asymetrické algoritmy (stejný x odlišný čas potřebný pro kompresi a dekompresi)

Komprese rastrových obrazů

- Velikost nekomprimovaného souboru s rastrovou grafikou dána:

- Počet pixelů ve směru osy x
- Počet pixelů ve směru osy y
- Bitová hloubka

- Příklad: obraz 1 920 x 1 080 px, 24-bit (true color):

Velikost = 1 920 x 1 080 x 3 byte = 6 220 800 byte = 5.93 MB

Metody komprese rastrových obrazů

- Jednoduché – založené na kódování opakující se sekvence znaků (RLE)
- Statistické - založené na četnosti výskytu znaků v komprimovaném souboru (Huffmanovo kódování, Aritmetické kódování)
- Slovníkové – založené na kódování všech vyskytujících se posloupností (LZW)
- Transformační – založené na ortogonálních, popř. jiných transformacích (JPEG, waveletova komprese, fraktálová komprese)

RLE - Run Length Encoding

- Jednoduchá metoda
- „Kódování délkou běhu“
- Princip: opakující se symboly se kódují dvojicí:
(počet_opakování; symbol)
- Bezeztrátová
- Nevýhoda: pokud se znaky neopakují často nedochází ke kompresi, ale naopak k prodloužení kódovaného souboru
- Využití: např. formát BMP

RLE - Run Length Encoding

Natural encoding: $51 \times 19 + 6 = 975$ bits.

Run-length encoding: $63 \times 6 + 6 = 384$ bits.

[illegible]

raster of letter 'q' lying on its side

RLE

Metoda LZW

- Slovníková metoda
- Bezeztrátová
- Princip: vyhledávání opakujících se posloupností znaků, ukládání těchto posloupností do slovníku pro další použití a přiřazení jednoznakového kódu těmto posloupnostem
- Jednoprůchodová metoda = nevyžaduje předběžnou analýzu souboru
- Využití: formáty GIF, PNG, ZIP, ...

Huffmanovo kódování

- statistická metoda
- Bezeztrátová
- Princip: stanovení četnosti výskytů jednotlivých znaků v kódovaném souboru a kódování znaků s největší četností slovem s nejkratší délkou
- Využití: např. formát TIFF

Metoda JPEG

- Transformační metoda
- Ztrátová!
- Využívá diskrétní kosinové transformace
- Metody RLE či LZW nejsou efektivní při komprimování plně barevných obrazů s mnoha barevnými přechody (fotografie), kde málokteré sousední pixely mají totožné hodnoty
- Proto byla navržena metoda, při níž je kompresní poměr řízen požadavkem na kvalitu obrazu
- Vhodná především pro obrazy, kde sousední pixely (na řádku či ve sloupci) mají sice odlišné, ale přesto blízké barvy = snižování kvality obrazu se projeví potlačováním rozdílů v blízkých barvách
- Nevhodná pro obrazy s malou bitovou hloubkou - posterizace
- Využití: formát JPEG

Metoda JPEG

- Postup je poměrně složitý, sestává z 5 kroků:
 1. Transformace barev
 2. Redukce barev
 3. Dopředná diskrétní kosinová transformace
 4. Kvantování koeficientů DCT
 5. Kódování
- Uživatel stanovuje koeficient kvality q v rozsahu od 1 do 100
- Snížení kvality na $q = 75 \%$ je pro většinu uživatelů nepozorovatelné, přitom kompresní poměr může být 20:1 až 25:1 (v závislosti na obsahu fotografie)
- **Pro fotografie doporučuji využívat $q = 85 \%$ až 90%**

Kompresce - shrnutí

Kompresní metoda	Zkratka	Ztrátová	Příklad formátu
Run Length Encoding	RLE	Ne	PCX
Huffmanovo kódování	CCITT	Ne	TIFF
Slovníkové kódování	LZW	Ne	GIF, PNG, ZIP, ARJ
JPEG	JPEG	Ano	JPEG

Formáty rastrové grafiky

- BMP
 - GIF
 - JPEG
 - PNG
 - TIFF
-
- HEIF
 - JPEG 2000, JPEG XR
 - TGA
 - PCX
 - RAW

Formát BMP

- Windows Bitmap
- od roku 1988
- obecně velmi podporovaný formát napříč OS a editory (jednoduchý, nepatentovaný)
- volitelná komprese RLE, většinou však bez komprese => velká velikost
- bitová hloubka 1 až 24 bitů

Formát GIF

- Jeden z nejstarších formátů
- Kompresní metoda LZW – velké zmenšení objemu dat
- Původně určen pro přenos obrázků po telefonních linkách – prokládání řádků (již po načtení $\frac{1}{4}$ či $\frac{1}{2}$ obrazu lze rozpoznat jeho vzhled)
- Možnost uložení více obrázků s různými barevnými paletami v jednom souboru => možnost animace
- Bitová hloubka 8-bit na pixel => možno použít jen 256 barev => hlavní nevýhoda formátu
- Možnost ukládání textových informací – jako součást zobrazovaných dat či komentáře čitelného při prohlížení souboru běžným editorem

Formát JPEG

- Joint Photographic Experts Group
- od roku 1992
- v současnosti stále nejpoužívanější formát pro ukládání a distribuci digitálních fotografií
- velmi dobře reprezentuje obrazy reálného světa při malých objemech výsledných souborů
- využívá ztrátovou kompresi JPEG – míra komprese je volena uživatelem
- bitová hloubka 24 bitů (8 bitů pro každý barevný kanál RGB)

Formát JPEG - nástupci



[https://en.wikipedia.org/wiki/High_Efficiency_Image_File_Format#/media/File:Comparison between JPEG, JPEG 2000, JPEG XR and HEIF.png](https://en.wikipedia.org/wiki/High_Efficiency_Image_File_Format#/media/File:Comparison_between_JPEG,_JPEG_2000,_JPEG_XR_and_HEIF.png)

Formát PNG

- Portable Network Graphics
- ISO standard, podporován W3C
- používaný pro ukládání a distribuci rastrové grafiky na webu
- využívá bezztrátovou kompresi DEFLATE (LZ77)
- podpora průhlednosti
- bitová hloubka 24 bitů (8 bitů pro každý barevný kanál RGB) či 32 bitů (RGBA)
- dvourozměrné prokládání – pro rozpoznání obrazu stačí přenést velmi malé množství dat (cca 1/8)

Formát TIFF

- Tag Image File Format
- ISO standard
- Složitý historický vývoj (aktuální specifikace 6.0)
- Flexibilní a adaptibilní formát
- Podpora řady kompresních metod
- Bitová hloubka 1 až 48 bitů!
- Umožňuje uložit více obrazů do jednoho souboru
- Používán při profesionální přípravě barevných tisků

Formáty - shrnutí

Formát	max. bitová hloubka na pixel [bit]	Komprese	Animace	Průhlednost
BMP	24 (RGB)	volitelná bezztrátová RLE	Ne	původně Ne, nově Ano
GIF	8 (RGB)	bezeztrátová LZW	Ano	Ano
JPEG	24 (RGB)	ztrátová JPEG	Ne	Ne
PNG	24 (RGB), 32 (RGBA)	bezeztrátová DEFLATE	Ne	Ano
TIFF	48 (RGB)	řada volitelných	Ne	Ano

Editory pro práci s rastrovou grafikou

Zdarma	Placené
Artweaver	Adobe Photoshop
Gimp	Adobe Fireworks *
Paint (Windows) / gpaint (Linux)	Corel PaintShop *
Pixia	Corel Painter

* Podporují také vektorovou grafiku

Vektorová grafika

- Obraz složen ze základních, matematicky definovaných objektů:
 - body
 - přímky/křivky
 - mnohoúhelníky
- Použití:
 - Ilustrace
 - Loga
 - Diagramy
 - Obecně pro prezentaci nepřiliš složitých obrazů

Vektorová grafika - Pro a Proti

- Výhody vektorové grafiky (oproti rastrové):
 - Možnost libovolného zvětšování či zmenšování obrazu bez jakékoliv ztráty kvality obrazu (-> velikost tisku)
 - Možnost pracovat s každým objektem v obraze odděleně
 - Obecně menší paměťová náročnost obrazu
- Nevýhody vektorové grafiky (oproti rastrové):
 - Složitější pořízení obrázku (ruční tvorba, vektorizace)
 - Neschopnost reprezentovat složité obrazy reálného světa = fotografie
 - Při velmi složitých obrazech může vykreslení vektorové grafiky více zatěžovat HW počítače

Vektorová grafika - ukázky



Vektorová grafika - křivky

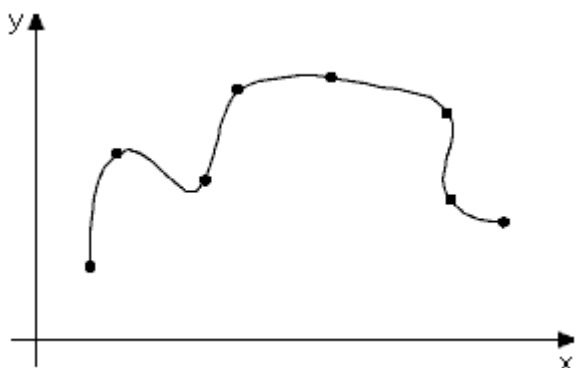
- Křivky můžeme označit za základ vektorové grafiky
- Používají se pro:
 - Modelování objektů ve dvou i třech dimenzích
 - Při definici fontů písma
 - Při určování dráhy pohybujících se objektů v animacích
 - ...
- Způsob zadání:
 - Většinou je dána množina řídících bodů a (řídící polygon) a matematický aparát, který z polohy těchto bodů určí průběh křivky

Vektorová grafika - křivky

- Používají se různé typy polynomů x -tého řádu – nejčastěji 3. řádu (kubiky)
- Stupněm polynomu $p(x)$ rozumíme nejvyšší exponent proměnné x s nenulovým koeficientem
- Příklady polynomů:
 - $p(x) = 0$ je tzv. *nulový polynom*, tedy polynom, který má všechny koeficienty nulové, tzn. $a_i = 0, i = 0, 1, 2, \dots$
 - $p(x) = 4$ je polynom nultého stupně (konstanta)
 - $p(x) = 8x + 3$ je polynom 1. stupně (lineární polynom)
 - $p(x) = 3x^2 + 2x - 2$ je polynom 2. stupně (kvadratický polynom)
 - $p(x) = 3x^3 - 8x$ je polynom 3. stupně (kubický polynom)
- Příklady často používaných křivek: spline křivky, Bézierovy křivky, Fergusonova kubika

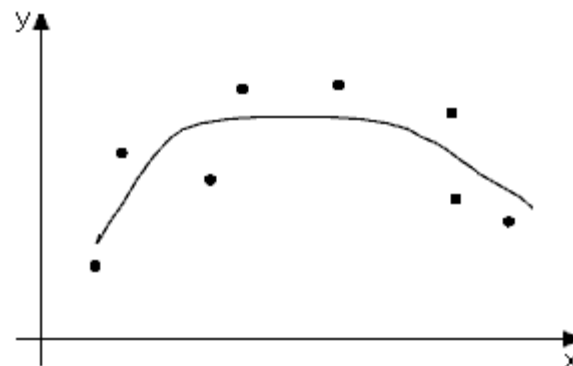
Vektorová grafika - křivky

Interpolační křivky



- Procházejí všemi vrcholy řídicího polygonu

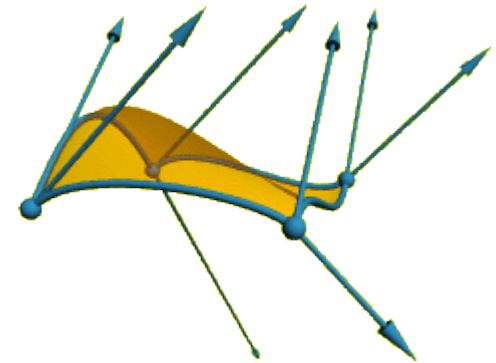
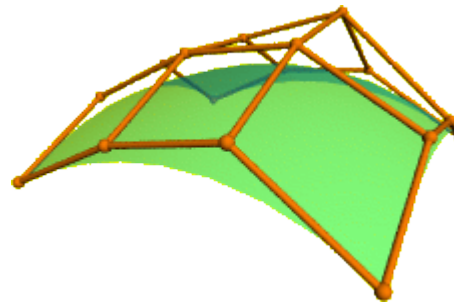
Aproximační křivky



- Řídící body pouze určují tvar křivky, nemusí (ale mohou) na ní ležet

Vektorová grafika - plochy

- Dělení:
 - Základní plochy (přímkové, válcové, kuželové, translační, rotační, šroubové)
 - obecnější plochy technické praxe (složitější, obecně modelování rozdělením na vhodné části = pláty, interpolační x aproximační plochy)
- Základ = křivky
 - Fergusonovy plochy
 - Bézierovy plochy
 - B-spline plochy
 - ...



Formáty vektorové grafiky

- AI – proprietární formát aplikace Adobe Illustrator, podpora v pdf
- CDR – primární formát aplikace Corel Draw
- DWG, DXF – výkresy CAD
- EPS, PS – (Encapsulated) PostScript, kompletní jazyk pro zápis vektorové grafiky
- GML/KML – vazba na GIS
- PDF
- **SVG**
- WMF – Windows Metafile, MS Office
- ZMF – primární formát aplikace Zoner Callisto

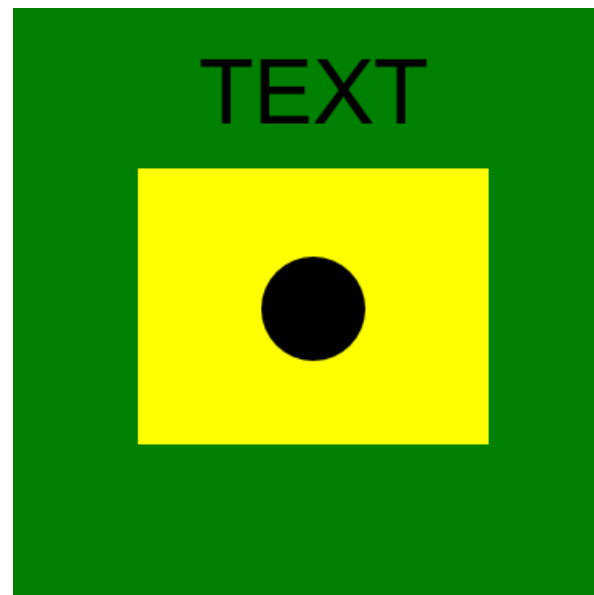
Formát SVG



- Scalable Vector Graphics
- Značovací jazyk pro zápis 2d vektorové grafiky pomocí XML
- Základní otevřený formát pro vektorovou grafiku v prostředí internetu
- Velká podpora, snadná přenositelnost, je čitelný pro člověka i PC (textový formát)
- Prvky SVG:
 - Vektorové objekty
 - Rastrové obrazy
 - Textové objekty

Formát SVG - ukázka

```
</metadata>
<g
  inkscape:label="Vrstva 1"
  inkscape:groupmode="layer"
  id="layer1"
  transform="translate(0,-552.36218)">
  <rect
    style="fill:#008000;stroke:none;stroke-width:3;stroke-linecap:round;stroke-linejoin:round;stroke-miterlimit:4;stroke-opacity:1"
    id="rect2984"
    width="369"
    height="369"
    x="64"
    y="619.36218" />
  <rect
    style="fill:#ffff00;fill-opacity:1;fill-rule:nonzero;stroke:none"
    id="rect3754"
    width="219"
    height="172"
    x="142"
    y="719.36218" />
  <path
    sodipodi:type="arc"
    style="fill:#000000;fill-opacity:1;fill-rule:nonzero;stroke:none"
    id="path3756"
    sodipodi:cx="251.5"
    sodipodi:cy="259.5"
    sodipodi:rx="32.5"
    sodipodi:ry="32.5"
    d="m 284,259.5 a 32.5,32.5 0 1 1 -65,0 32.5,32.5 0 1 1 65,0 z"
    transform="translate(0,547.36218)" />
  <text
    xml:space="preserve"
    style="font-size:20px;font-style:normal;font-variant:normal;font-weight:normal;font-stretch:normal;line-height:125%;letter-spacing:0px;text-align:center"
    id="text3758"
    sodipodi:linespacing="125%"><tspan
      sodipodi:role="line"
      id="tspan3760"
      x="180"
      y="691.36218"
      style="font-size:56px">TEXT</tspan></text>
</g>
</svg>
```



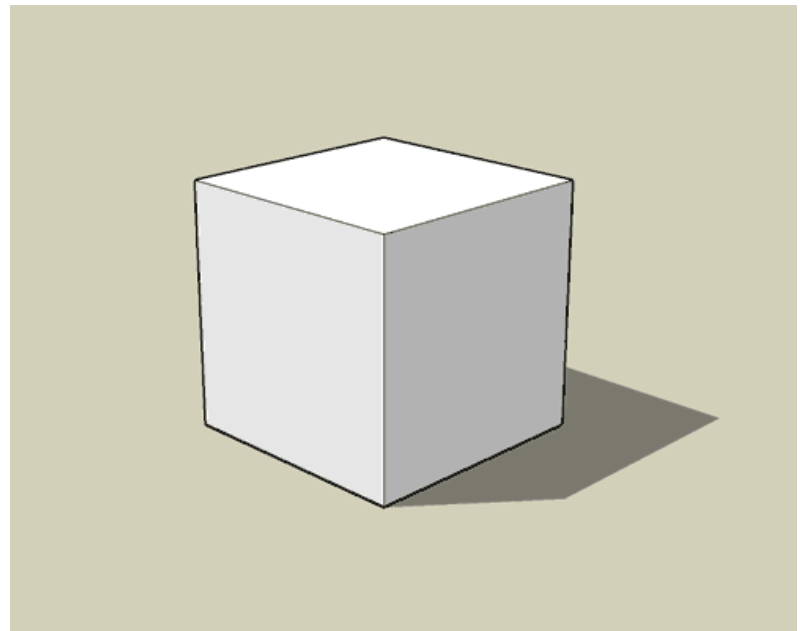
Editory pro práci s vektorovou grafikou

Zdarma	Placené
Inkscape	Adobe Illustrator
Skencil (Sketch)	Adobe Fireworks *
	Corel Draw
	Corel PaintShop *
	Zoner Callisto

* Podporují také rastrovou grafiku

3d grafika

- Modelování a seskupování objektů ve scéně = ve 3d prostoru
- Objektům klasické 2d vektorové grafiky přidáváme třetí rozměr (výšku, hloubku)



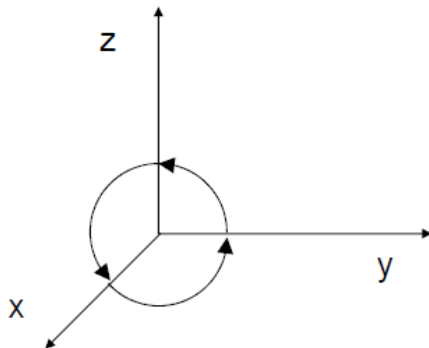
Postup vytvoření

- 1) Modelování – vytvoření samotného objektu či objektů (jeho tvaru)
- 2) Texturování – definice podoby povrchu objektu
- 3) Osvětlení – aby se projevila prostorovost a vlastnosti objektu, je potřeba jej osvětit
- 4) Renderování – vytvoření 2d obrázku z našeho 3d modelu

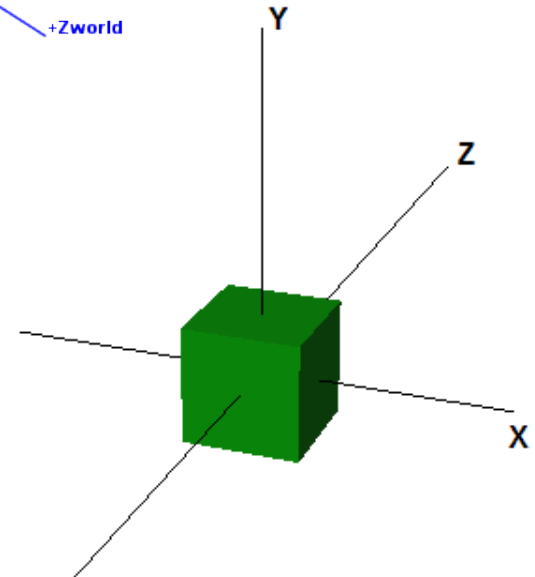
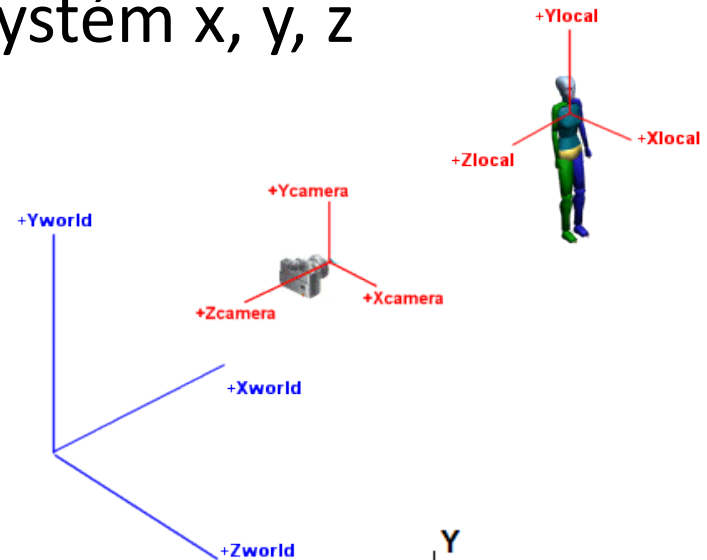
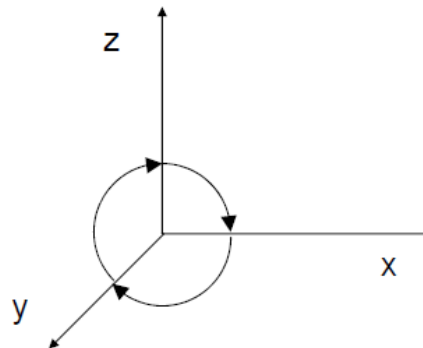
Souřadnicový systém

- Trojrozměrný souřadnicový systém x, y, z

Levotočivý



Pravotočivý



3d objekty

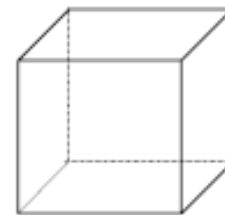
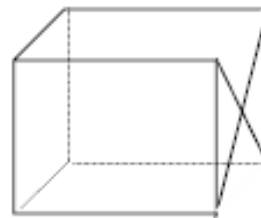
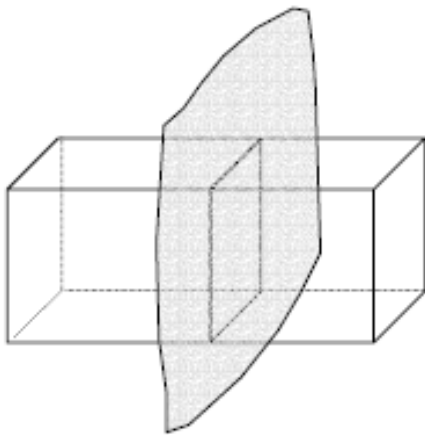
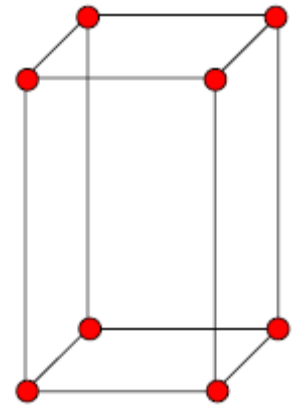
- Nepohybujeme s nimi jen nahoru/dolů či doprava/doleva, ale i
- K sobě/ od sebe
- Ve 2d pokládáme objekty na sebe (jako vrstvy)
- Ve 3d prostoru se vzdálenější objekty reálně zmenšují

3d objekty

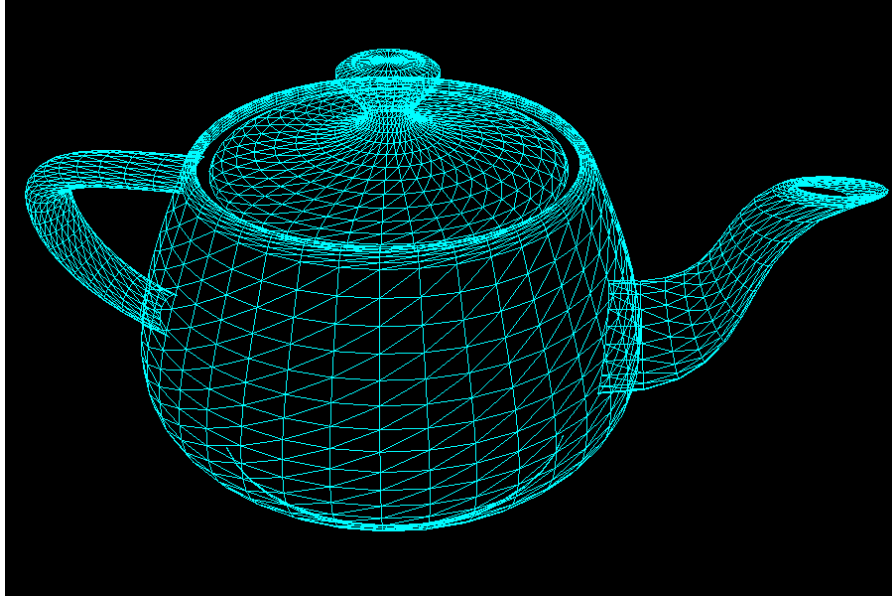
- Objekty jsou ohraničené plochami
- Plochy jsou určeny body a hranami
- Hrany jsou uspořádány do smyček, které vymezují danou stěnu objektu

Hranový model (Wire-frame)

- Drátěný model
- Popsán pomocí vrcholů a hran
- Nedefinuje hmotu tělesa, jeho objem
- Vznikají nejednoznačnosti při dělení tělesa

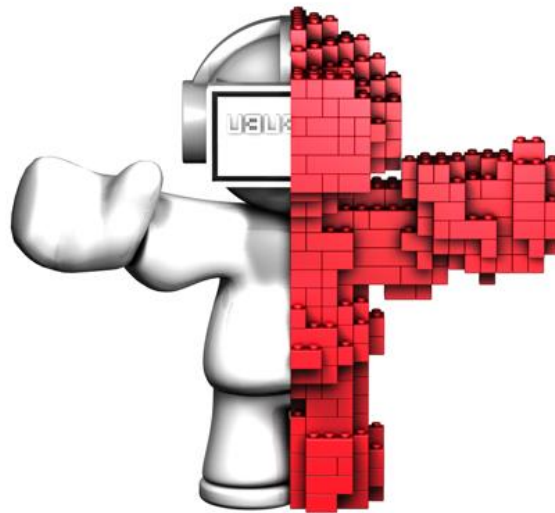
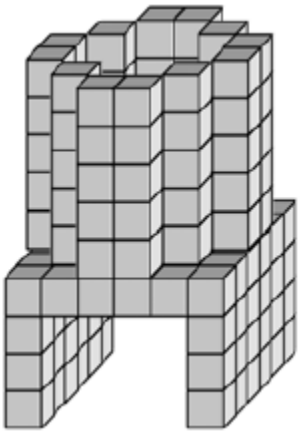


Hranový model (Wire-frame)



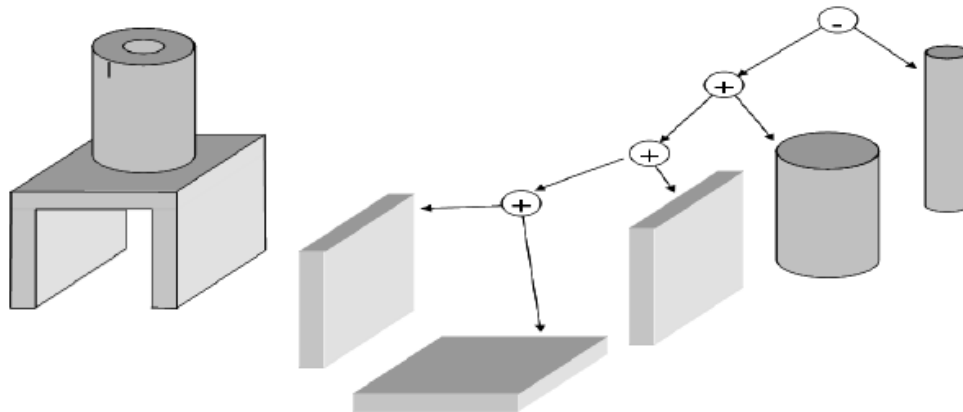
Objemový model (Volume)

- Pracuje s objemem, ale neposkytuje přímo povrch tělesa
- elementární objemová jednotka = voxel



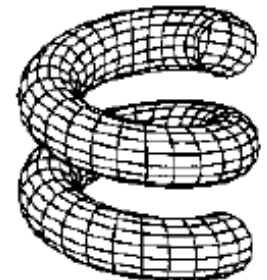
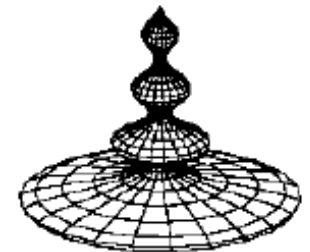
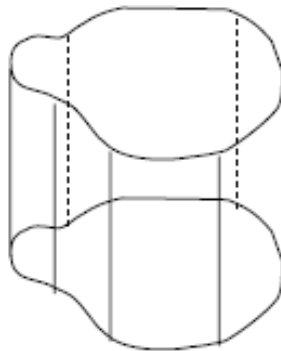
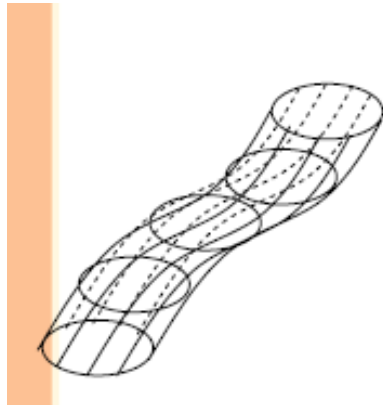
CSG model

- Konstruktivní geometrie těles (Constructive Solid Geometry)
- Objekt složen z **elementárních těles** (kvádr, koule, kužel, válec, poloprostor, toroid), **množinových operací** (průnik, sjednocení, rozdíl) a **transformací**
- Snadné napodobení obráběcích operací



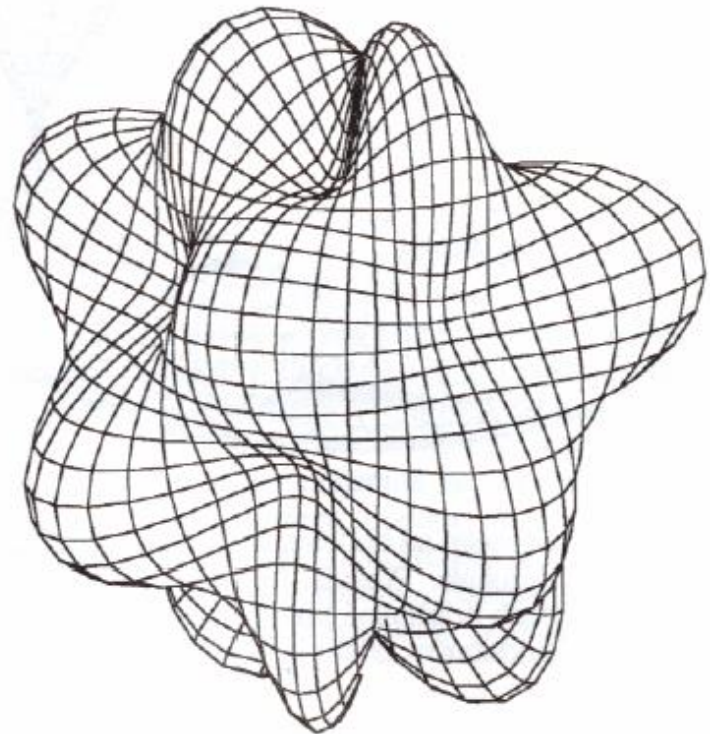
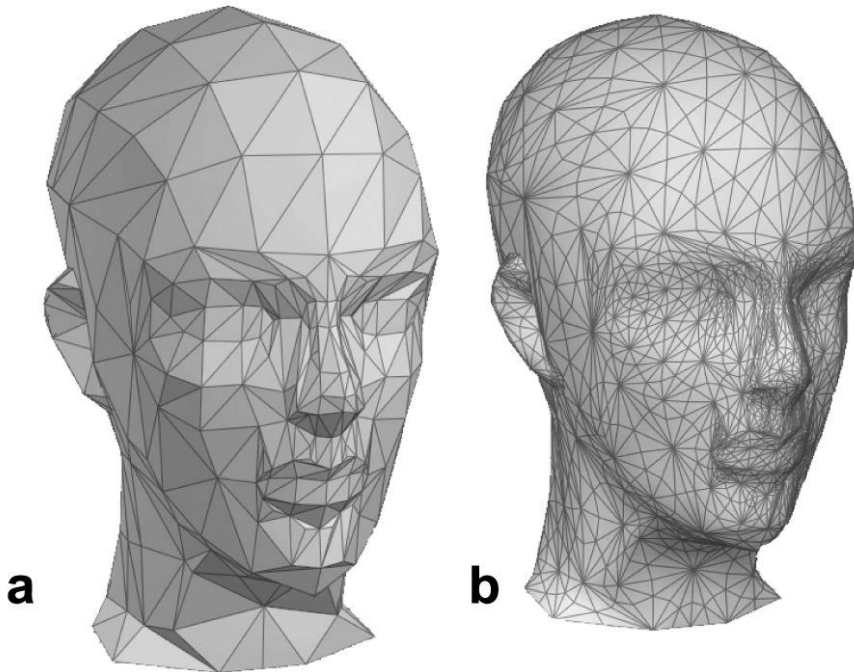
Šablonování

- Používá se tam, kde je problematické provádět množinové operace
- Rotační a přímkové (křivkové)



Povrchový model

- Těleso je sestaveno z ploch
- Problematické při výpočtu objemu, těžiště, ...
- K definici se používají především analyticky definované plochy (B-spline, Bézierovy)



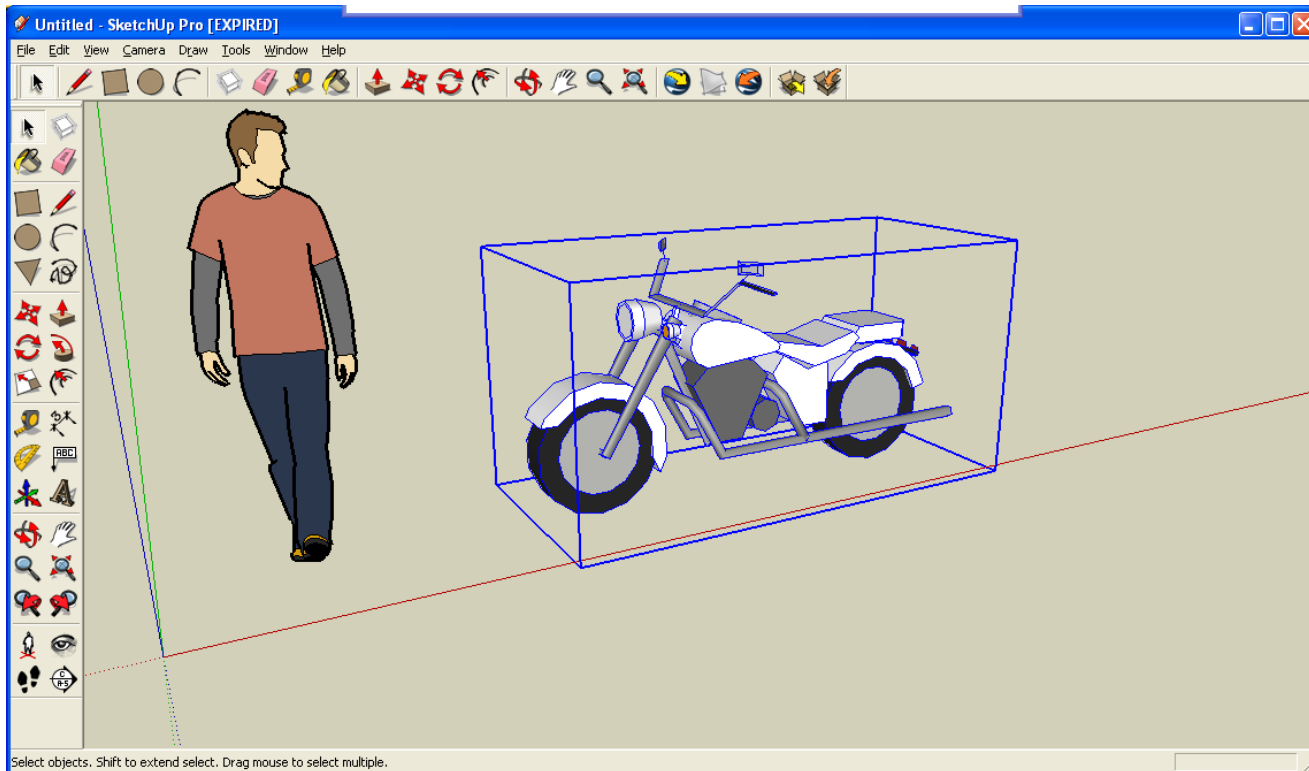
ZDROJ: PELIKÁN, J., PC-PROSTOROVÉ MODELOVÁNÍ, GRADA, 1992, ISBN 80-85424-53-3

3d transformace objektů

- Posunutí
- Otočení
- Změna měřítka
- Zkosení

Scéna

- 3d pracovní plocha v rámci souřadnicového systému
- pohyb do všech směrů, natáčení a naklápění pohledu, zoom



Textura

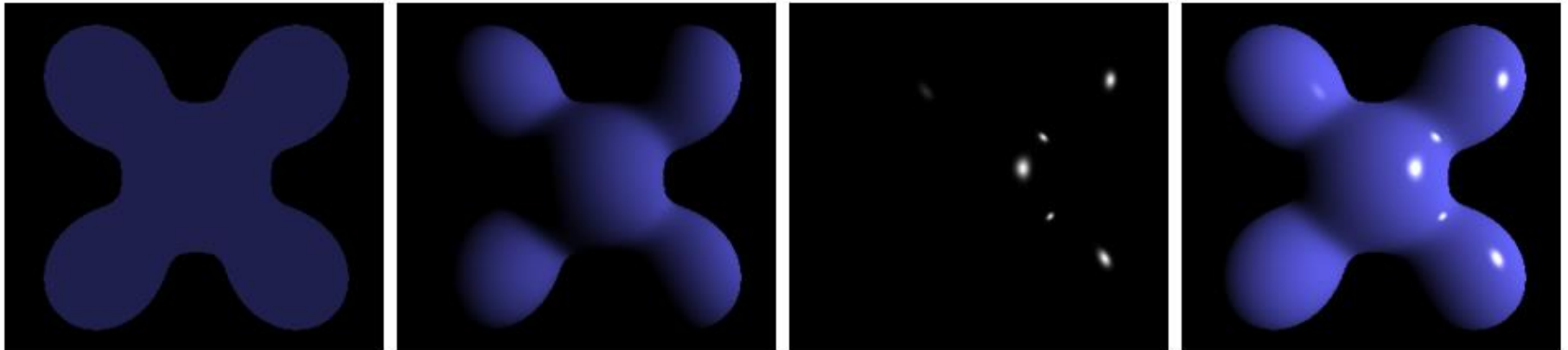
- Obaluje objekt a výrazně ovlivňuje jeho vzhled
- Bez textury je objekt jen jednobarevný předmět, a teprve použitím textury ožívá
- Textury = 2d obrázek
- Objektu můžete dát texturu jakékoliv grafiky, fotografie, ...
- Materiál – soubor vlastností (hrbolatost, průhlednost, odrazivost, ...), které utvářejí výsledný vzhled povrchu objektu

Textura



Osvětlení

- Simulace osvětlení scény 3d grafiky
- Důležité = poloha, velikost světla
- Výrazně utváří podobu scény (stíny)
- Nejčastěji se používá **Phongův osvětlovací model**



Ambient

+

Diffuse

+

Specular

=

Phong Reflection

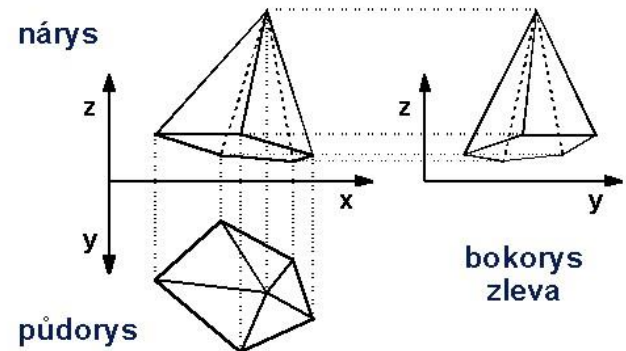
Promítání

- Způsob zobrazování 3d graficky ve 2d prostoru
- Pracujeme se 3d objekty, ale výsledkem je 2d obraz
=> je potřeba zvolit způsob, jak 3d objekty převést do 2d obrazu
- Promítací rovina (průmětna) – plocha, na které se zobrazuje 2d obraz
- Kolmá projekce x rovnoběžné promítání x středové promítání

Kolmá projekce

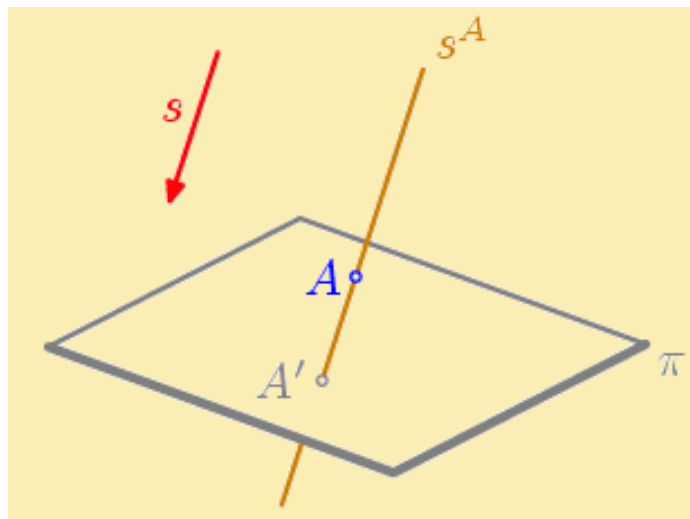
- Kolmé promítání na dvě vzájemně kolmé průmětny
- Mongeova projekce
- Využívána pro technické výkresy
- Málo názorné
- Půdorys – dán rovinou XY ($z=0$)
- Bokorys – dán rovinou XZ ($y=0$)
- Nárys – dán rovinou YZ ($x=0$)

Mongeova projekce



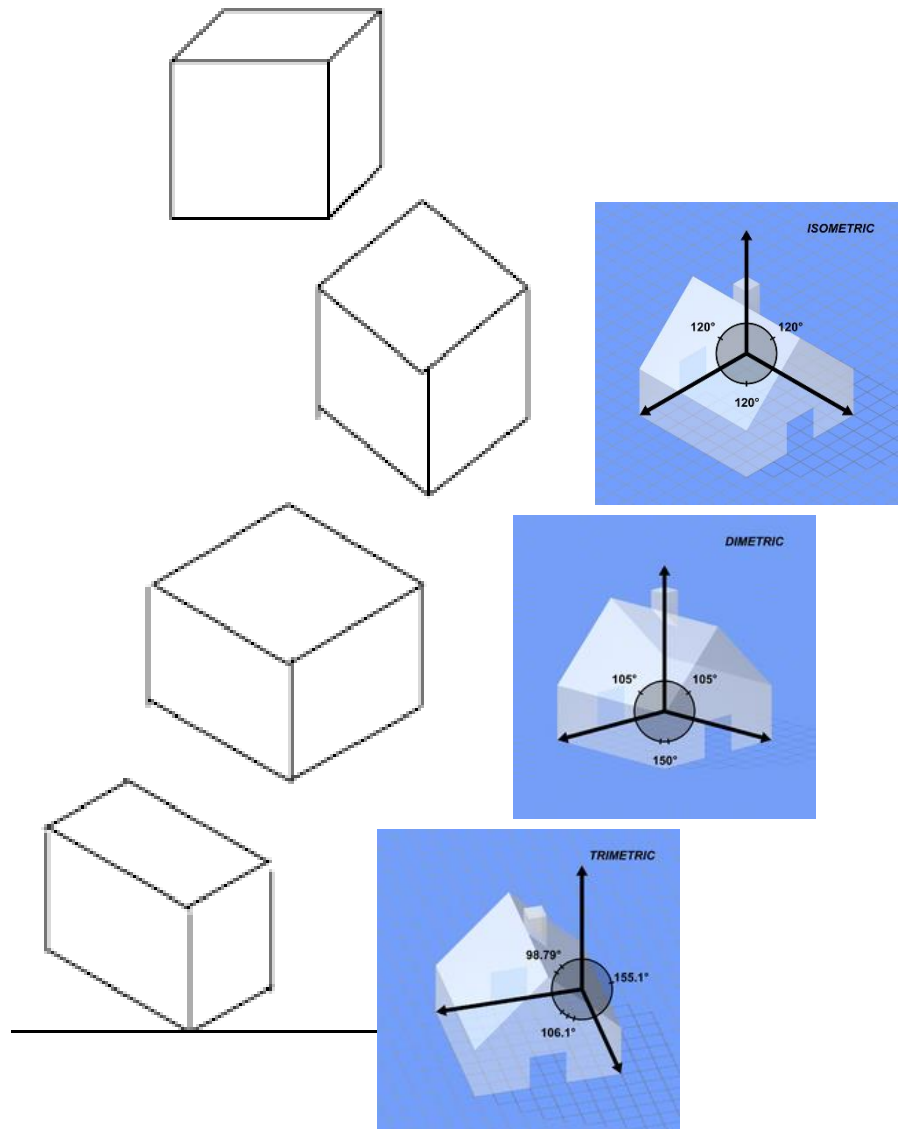
Rovnoběžné promítání

- Průmětna je různoběžná se všemi třemi osami, protíná dvě nebo tři osy
- Zachovává se rovnoběžnost hran, ale úhly se mění
- Velikost objektu nezávisí na jeho vzdálenosti
- je dána vlastní rovina π , tzv. **průmětna**, a směr s , tzv. **směr promítání**, který není s průmětnou π rovnoběžný



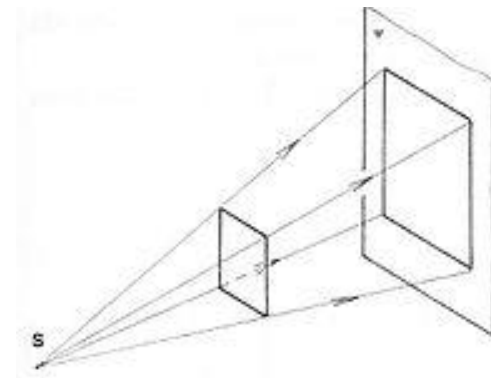
Typy rovnoběžného promítání

- Pravoúhlá axonometrie (technická)
- Izometrie (osy svírají úhel 120° , délky ve stejném M)
- Dimetrie (úhel mezi x a y > 120 , délky v poměru 1:0.5:1)
- Trimetrie (všechny tři úhly různé, délky v různých M)



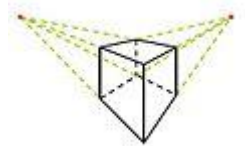
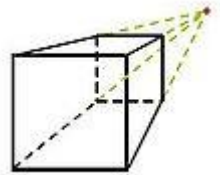
Středové promítání

- Perspektivní promítání
- realistické zobrazení větších objektů
- určenou průmětnou a středem promítání
- promítací přímky vycházejí ze společného bodu (střed promítání), který nesmí ležet v průmětně
- není zachována rovnoběžnost paprsků, které vycházejí ze středu promítání - různoběžky

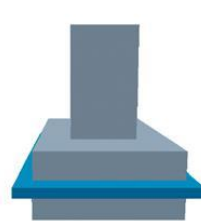


Perspektivy

- Nahradíme-li zobrazovaný předmět nebo scénu krychlí nebo kvádrem, podle orientace průmětny vzhledem k němu rozlišujeme druhy perspektivy:
- **Jednobodová** – průmětna je rovnoběžná s některou stěnou předmětu
- **Dvoubodová** – průmětna je rovnoběžná s některou hranou, avšak s žádnou stěnou předmětu
- **Třibodová** – průmětna není rovnoběžná s žádnou hranou (tedy ani stěnou) předmětu



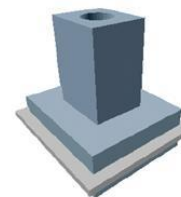
Perspektivy



jednobodová



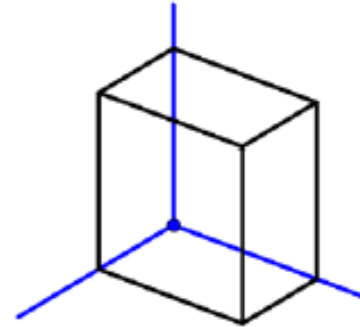
dvoubodová



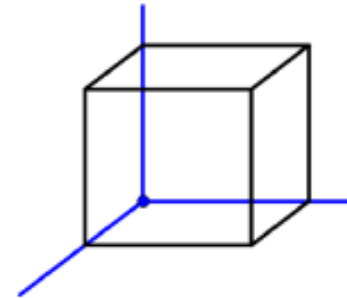
třibodová

Promítání - shrnutí

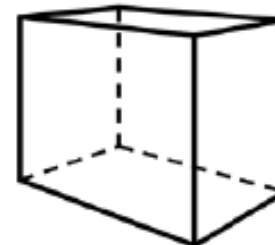
Axonometrie
(kolmá axonometrie)



Kosoúhlé promítání



Perspektiva



Renderování

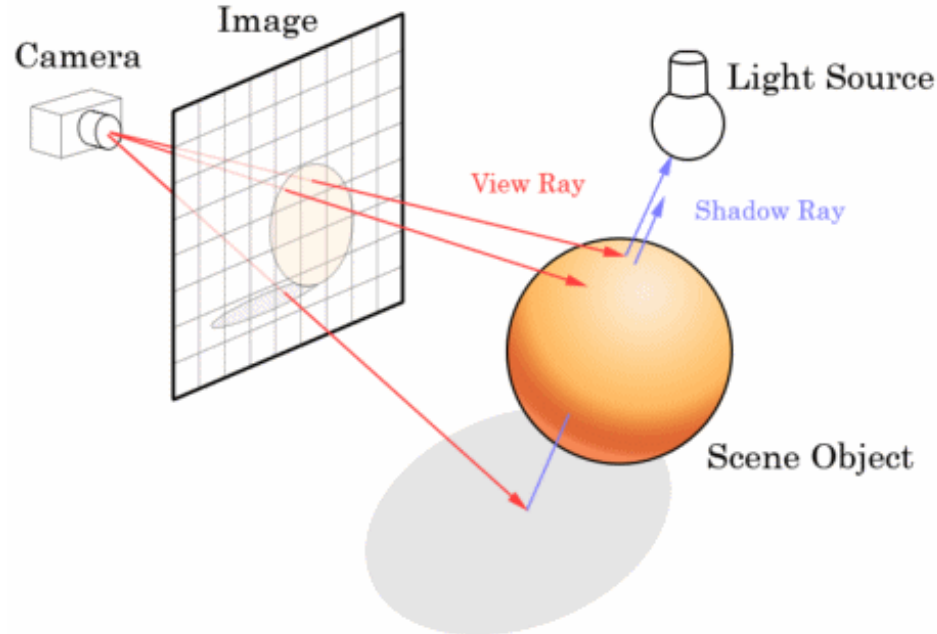
- Proces vytvoření 2d obrazu ze 3d scény
- Možno zjednodušeně představit jako vyfocení 3d scény fotoaparátem
- dvě možnosti přístupu k výsledku:
 - Pre-rendering = vytvoření 2d obrazů z modelu a jejich distribuce (film)
 - Real-time rendering = výpočet 2d obrazů a jeho zobrazování v reálném čase (počítačové hry)

Ray-tracing

- Nejčastěji používanou technikou je sledování paprsku (ray-tracing)
- funguje na opačném princip než lidské oko
- lidské oko = světelné paprsky osvítlí objekty a od nich se odráží do oka
- sledování paprsku = světelné paprsky jsou vysílány z bodu vnímání (oka, v našem případě kamery ve scéně) a zjišťují, zda se dostanou ke světlu
- pixely se pak obarvují na základě vlastností povrchů, od kterých se během své cesty ke světlu odrazily nebo pokud se paprsky ke světlu nedostaly, pak vytvářejí stíny

Ray-tracing

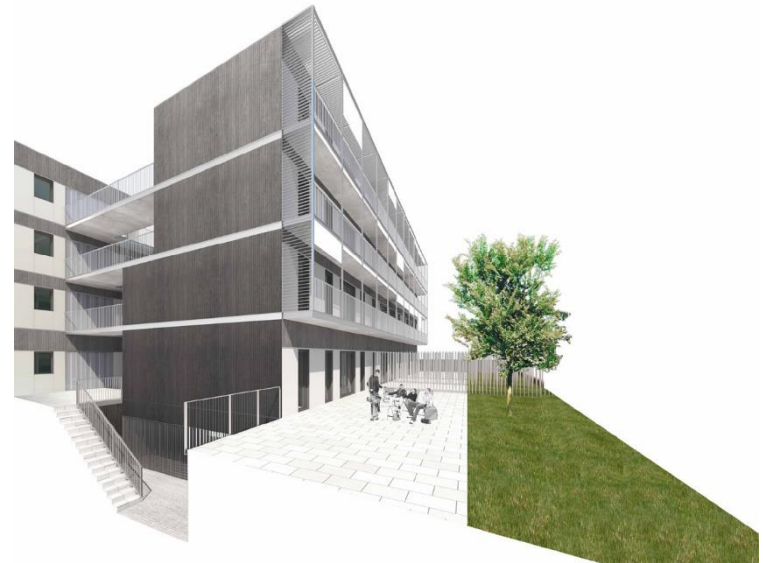
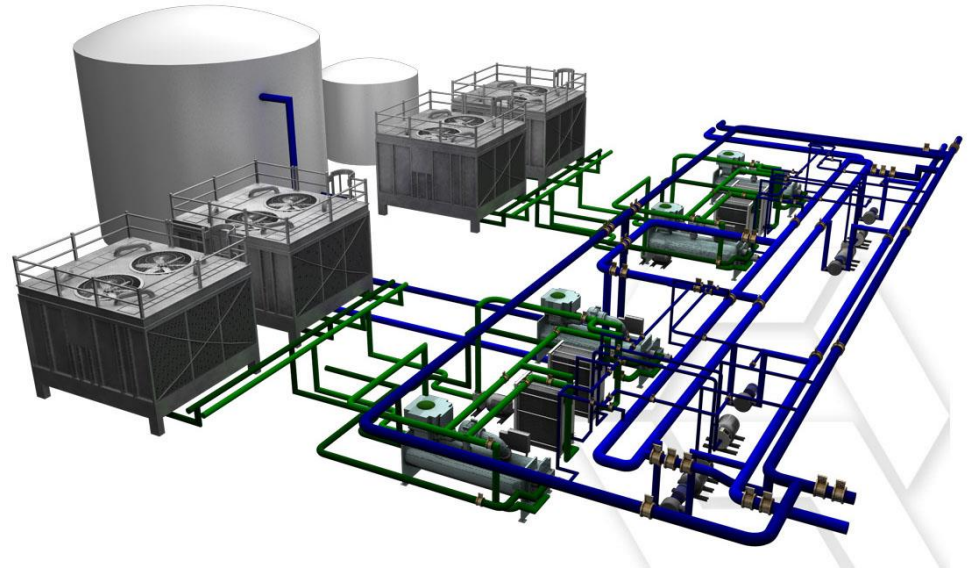
- Důvod pro toto řešení = ze zdrojů světla vychází nekonečné množství paprsků a nedalo by se v rozumném čase spočítat, které dopadnou na pixely plátna, přes které se oko dívá, a které ne



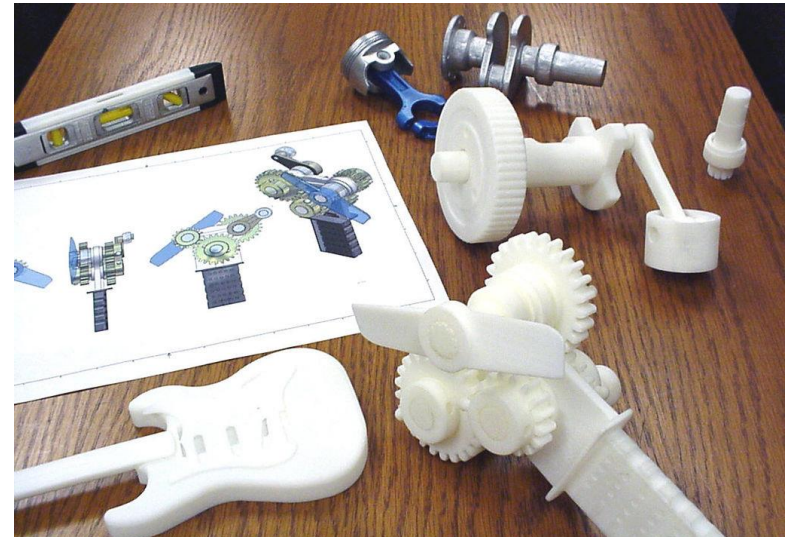
Oblasti využití 3d grafiky

- Film
- Počítačové hry
- Reklama
- Architektura
- Průmysl
- Design
- Umění

Oblasti využití 3d grafiky



3d tisk



SW pro vytváření 3d grafiky

Zdarma

SketchUp

Blender

Wings 3d

Placené

Autodesk 3ds Max Studio

Cinema 4D

Rhinoceros 3D