

A számítógépes grafika alapjai

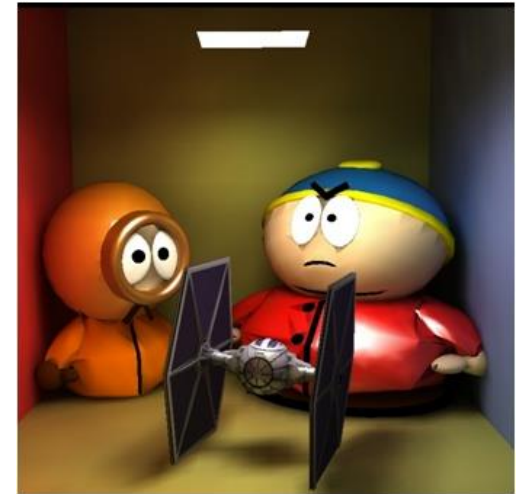
A számítógépes grafika céljai és feladatai

Előadó: Benedek Csaba

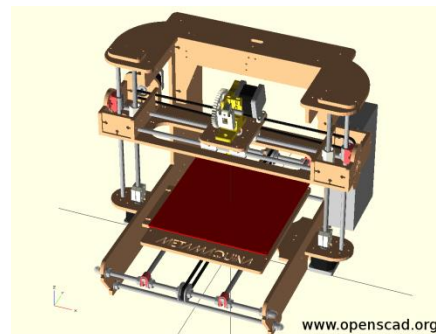
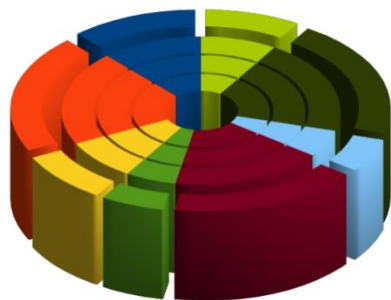
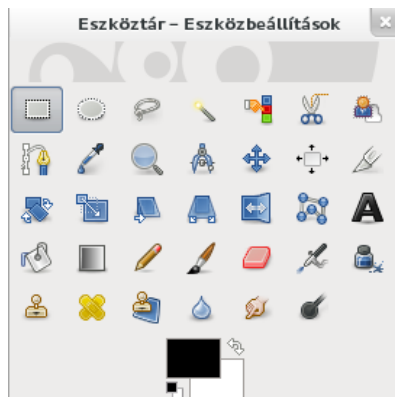
Tananyag források : Szirmay-Kalos László (BME), Valasek Gábor, Hajder Levente (ELTE), Németh Gábor (SZTE), Benedek Csaba (PPKE)

A számítógépes grafika céljai

- *Számítógépes grafika:* valós és képzeletbeli objektumok (pl. tárgyak képei, függvények) szintézise számítógépes modelljeikből (pl. pontok, élek, lapok).
- *Feladata:* Vizuális anyagok előállítása, elemzése és manipulálása (feldolgozás)
- Az informatika **tudomány** egy ága



Alkalmazási területek



torcs.sourceforge.net

felhasználói programok

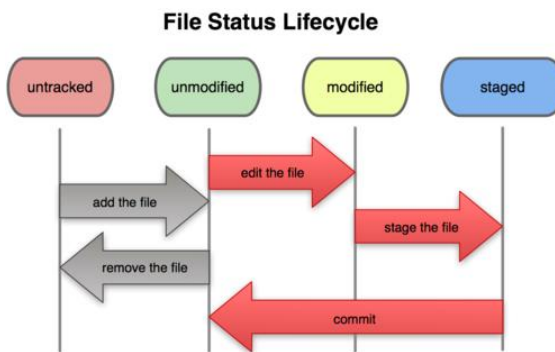
üzlet, tudomány

tervezés, CAD

játék, szimuláció

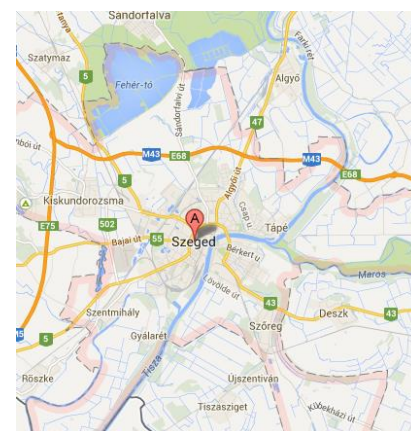


technology.desktopnexus.com



git-scm.com

folyamatirányítás



térképészet

művészet, kereskedelem

Képmanipulálás



- Nem része a félévi tananyagnak

Képfeldolgozás és képelemzés

- Képfeldolgozás



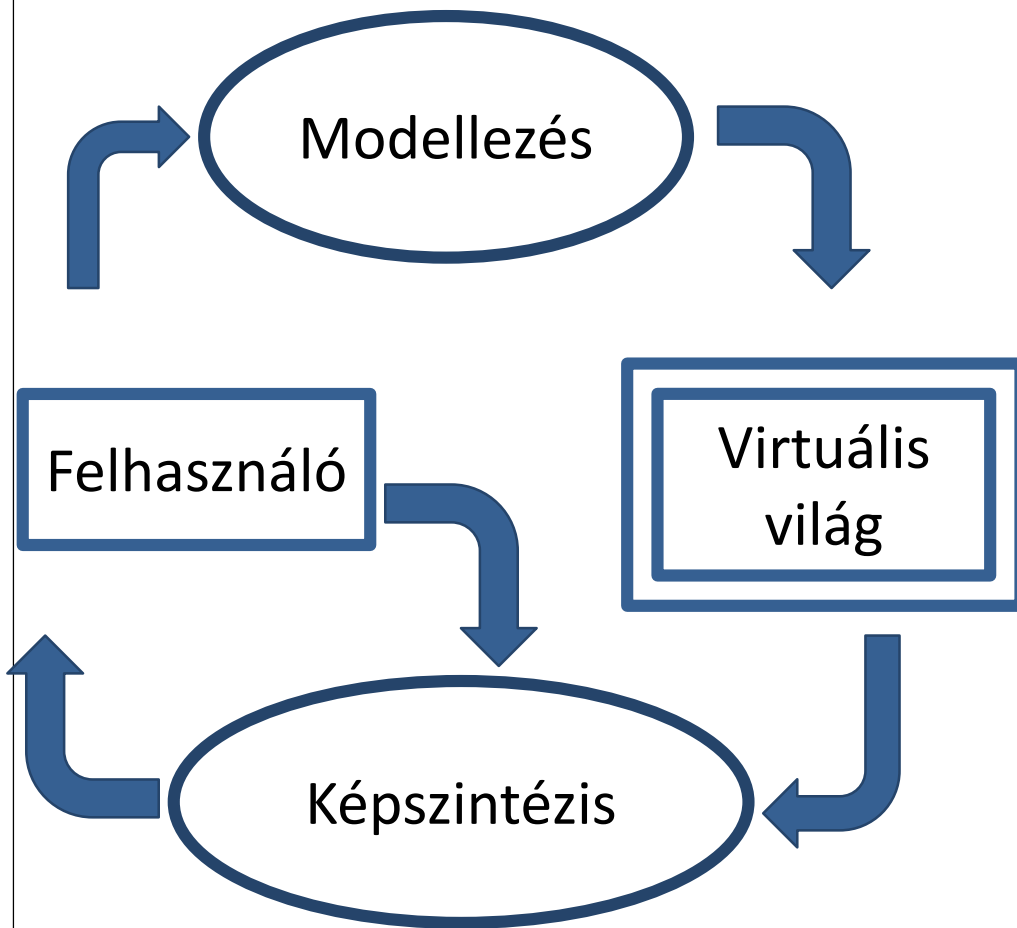
- Képelemzés



- PPKE ITK kurzusok:

- Basic Image Processing
- Biometria a számítógépes személyazonosításban

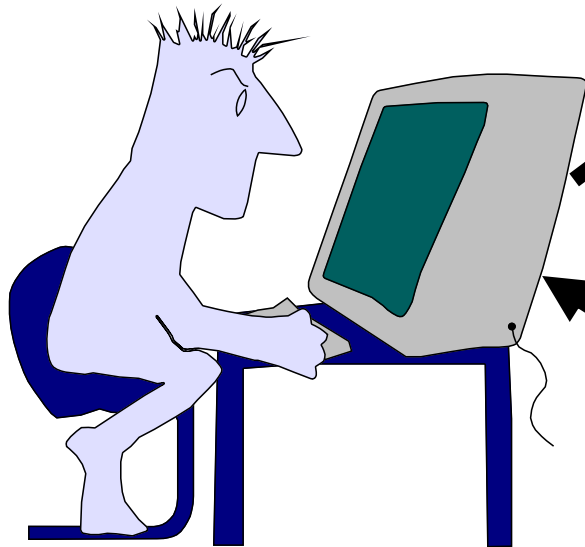
A számítógépes grafika céljai és feladatai



- modellezés
 - virtuális világ
 - képszintézis
-
- Felhasználó:
 - passzív, ha csak nézi a képet (ekkor elég a kamerát modellezni)
 - aktív részese a világnak: be is akar avatkozni avatár (pl számítógépes játékok)

Számítógépes grafika feladata

illúzió



Képpontok:

- vörös
- kék
- zöld

modellezés

képszintézis

Metafórák:

- optika
- 2D rajzolás
- festés
- analógiák

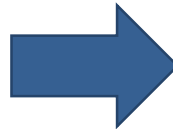
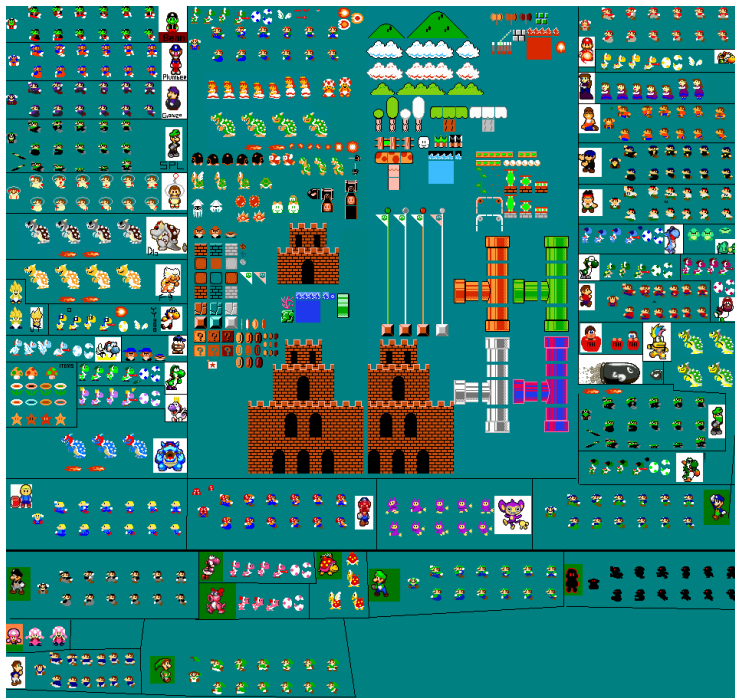
számok

Virtuális világ
modell

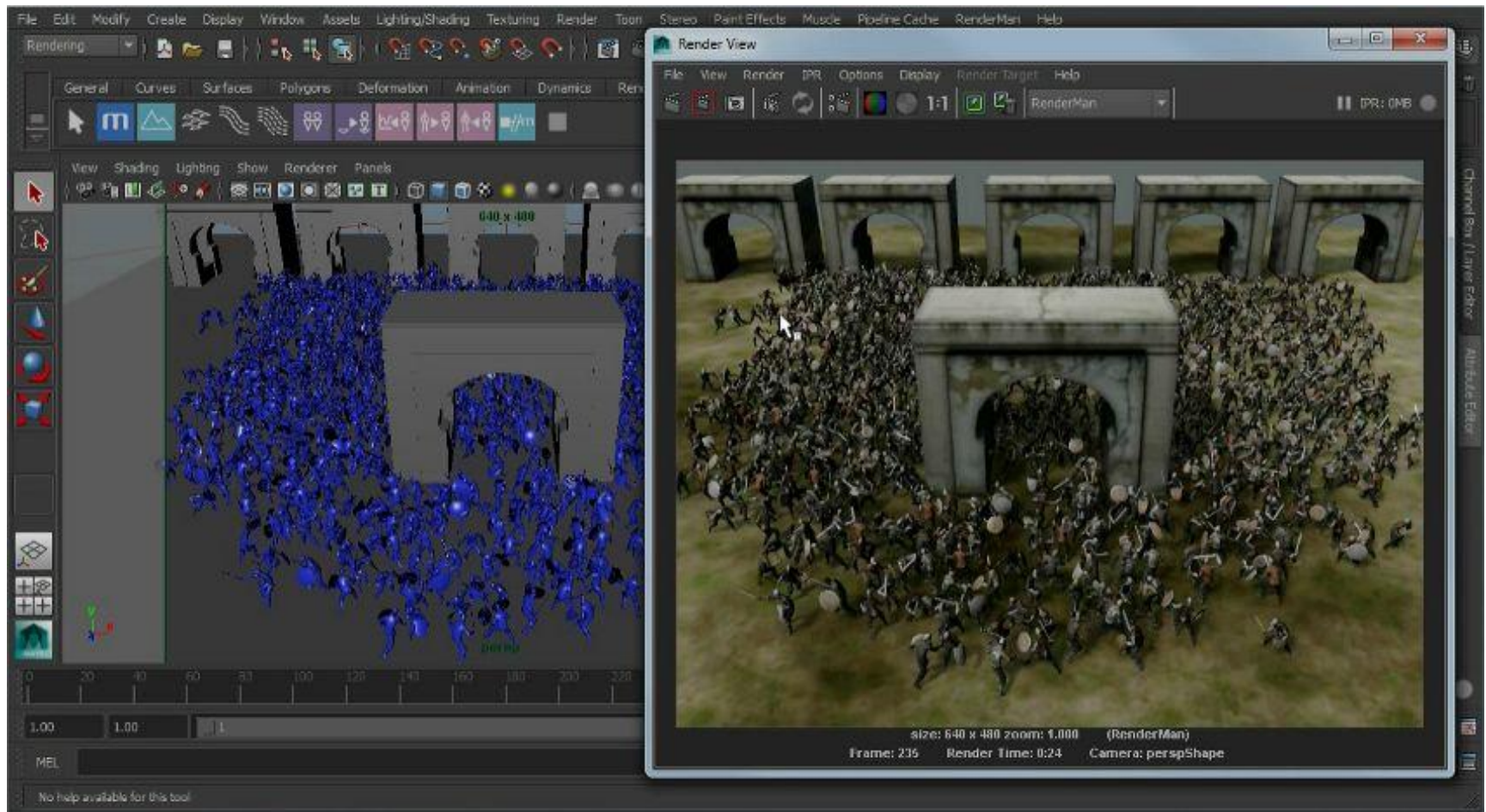
számítás

mérés

2D: Modell → Kép



3D: Modell → Kép



Massive for Maya™

Modellezés feladatai

- Modellező program

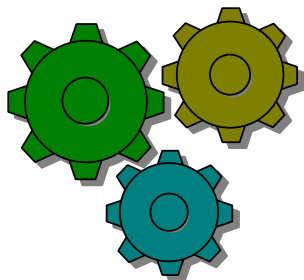


végigmodorokorábbi állapotát, vagy a felhasználó korábbi parancsait tároljuk

Modellezés feladatai

- Mire térjen ki a modellezés?
 - Geometria megadása
 - pont, görbe, terület, felület, test, fraktálok
 - Transzformációk – alakzatok egymáshoz viszonyított elhelyezkedése, mozgás
 - lokális modellezési és világkoordináta rendszer
 - Színek, felületi optikai, megvilágítás tulajdonságok

Modellezés



geometria

modell

mozgás



megvilágítás

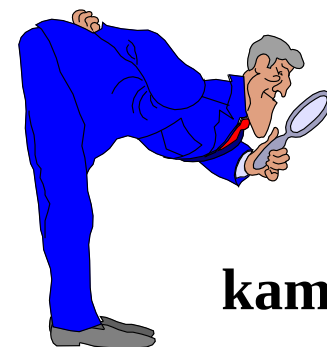


képszintézis

**stúdió
objektumok**



**külső borítás -
textúrák**



kamera

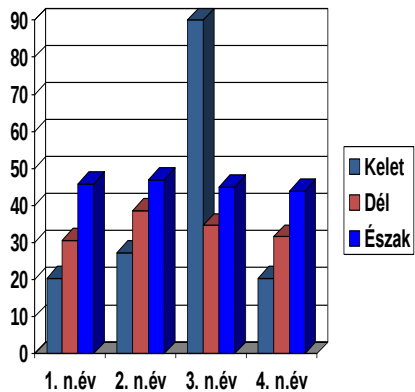
kép (sorozat)

Képszintézis (rendering, image synthesis)

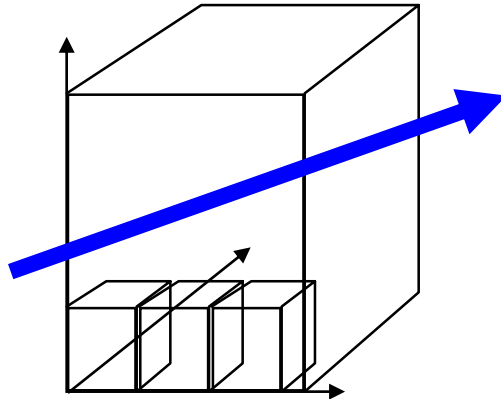
- Modell + stúdió objektumok
- Modell lefényképezése
 - rajzolás (pl műszaki rajz)
 - természetes folyamatok szimulálása
 - fizikai törvények betartása
 - Élethű – fotorealisztikus - képszintézis
- Kép küldése a megjelenítőre
- Fényképezési analógia
 - 2D: festés
 - 3D: optika
 - Bármilyen: tudományos vizualizáció

Tudományos vizualizáció

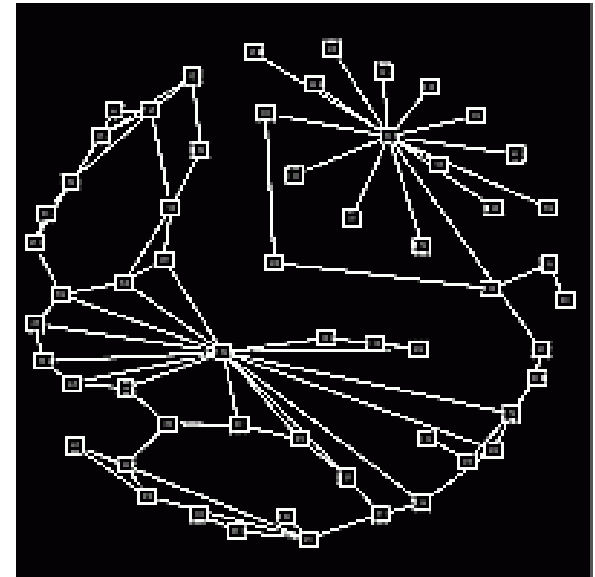
(1, 1),
(1, 2),
(1, 2.5),
(1, 3),



$v(x,y,z)$



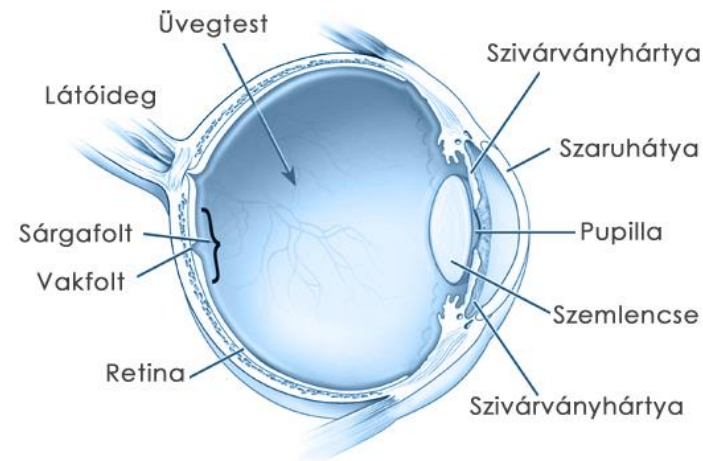
(juci, jozsi),
(juci, pisti),
(kati, karcsi),
(juci, karcsi),



Szereplők a képszintézisben

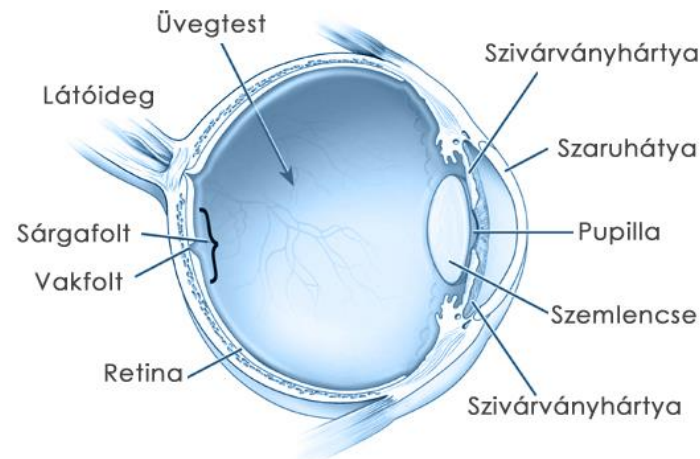
- Számítógépes program
 - szimulálja a virtuális világot, fényhatásokat és vezérli a grafikus megjelenítőt
- Grafikus megjelenítő
 - a képernyő kijelölt képpontjait megfelelő színűre állítja
- Emberi szem
 - felfogja a fényhullámokat, és az agyban színérzetet hoz létre
 - az emberi szem korlátait ki KELL használni
 - 30 fps (de min 15 fps)– kb folytonos mozgás

Emberi látás alapjai



- Szemgolyó elején az „optika” van, hátul az érzékelők.
- Pupilla: a bejutó fény mennyiségét szabályozza. (Sötétben tágabb, világosban szűkebb rést biztosít)
- Szemlencse: a fény optikai leképezését biztosítja a retinára

Emberi látás alapjai



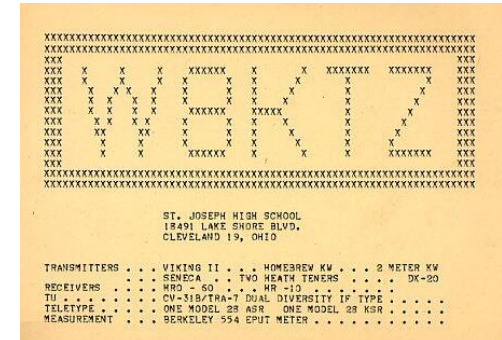
- Idegsejtek felosztása
 - Pálcika: gyenge fényben is lát, színeket nem érzékel
 - Csapok: színeket lát.
 - R csap: rövidhullám-érzékeny (420 nm, ibolya szín)
 - K csap: középhullám-érzékeny (530 nm, zöld szín)
 - H csap: hosszúhullám-érzékeny (560 nm, sárga szín)

A szem becsapása

- A szem csapjai három különböző színt képesek látni: ibolya, zöld, sárga
- Számítógépes képmegjelenítők technikai okokból három színt jelenítenek meg: vörös, zöld, kék
- A szem ezzel jól becsapható.
 - A becsapás nem tökéletes, nem minden természetes szín jeleníthető meg a monitorokon!

Történeti áttekintés

- Kezdetben a képek megjelentése teletype nyomtatókon történt.



- 1950:
 - MIT: számítógéppel vezérelt képernyő
 - SAGE légvédelmi rendszer (a programok képernyőről történő vezérlése fényceruzával)



Történeti áttekintés

- 1960-as évek:

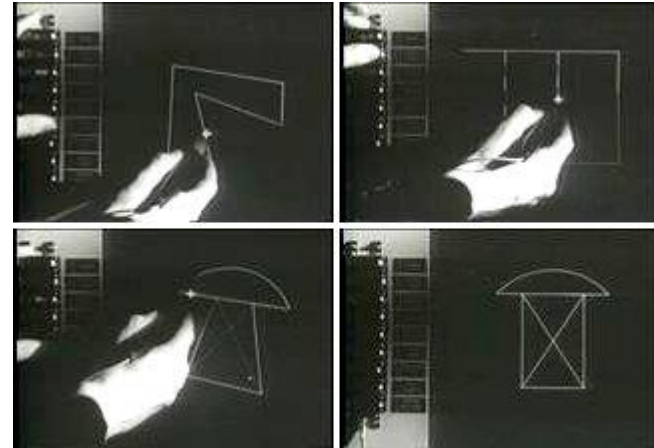
Jellemző output eszköz az un. vektor-képernyő
(szakaszokat rajzol ponttól pontig)

- Részei:

- Képernyő processzor (DP) - mint I/O periféria kapcsolódik a központi egységhez
- Képernyő tároló memória - a megjelenítéshez szükséges program és adat tárolására
- Képernyő - katódsugárcső

Eszközök

- Sutherland - Sketchpad, 1963



- Adatstruktúrák, szimbolikus strukturák tárolása, interaktív megjelenítés, választás, rajzolás
- a CAD alkalmazások őse
- 1024x1024-es kijelző
- fényceruzával + 40 nyomógommbal volt vezérelhető
- bevezette a kényszer alapú rajzolást: vízszintes, függőleges, merőleges stb.

Történeti áttekintés

- 1964:
 - CAD - DAC-1 (IBM)
 - Autók tervezése (General Motors)



Történeti áttekintés

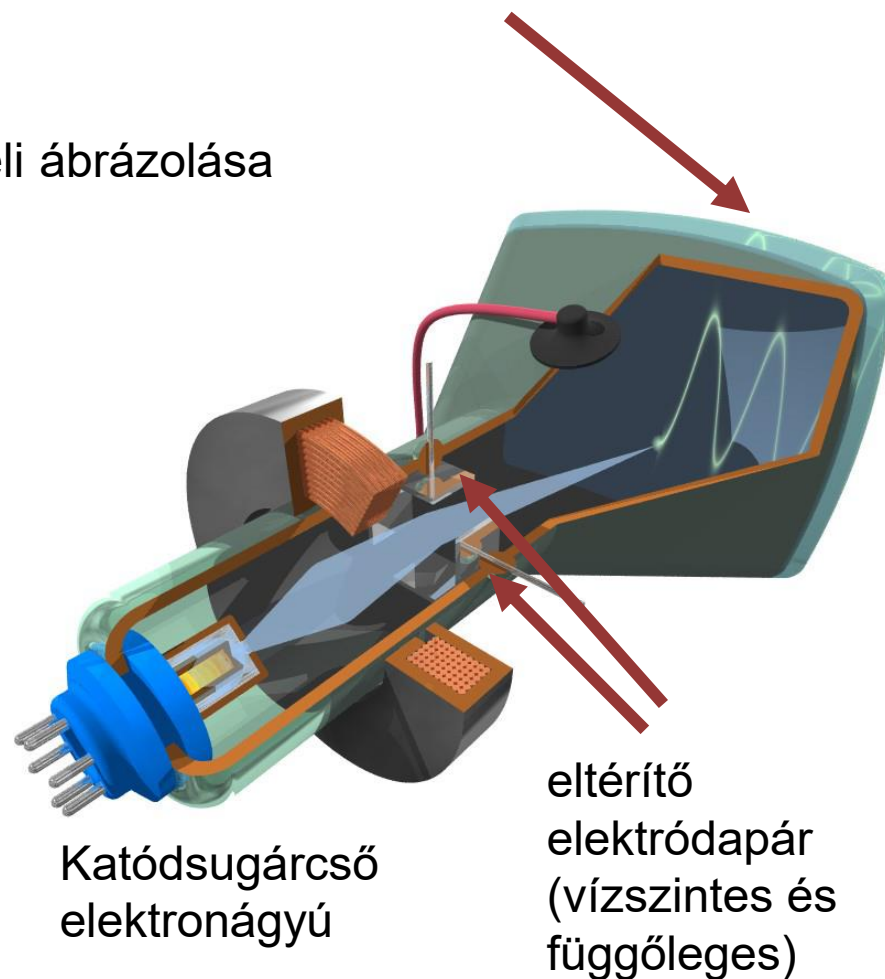
- Oszcilloszkóp

elektromos feszültségek időtartománybeli ábrázolása



Képernyő: fluoreszkáló felület

- fényt bocsát ki az elektronnyaláb hatására



Katódsugárcső
elektronágyú

eltérítő
elektródapár
(vízszintes és
függőleges)

Történeti áttekintés

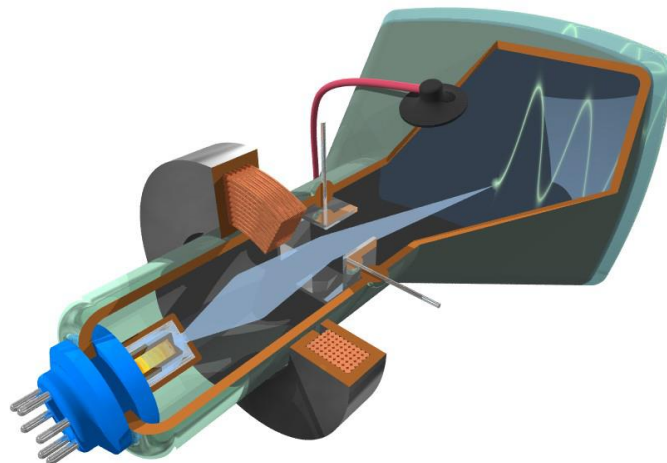
- 1970-es évektől:

Jellemző output eszköz a raszter képernyő (TV-technika, bit-térképes grafika) Bit-térkép (bitmap) képek reprezentálása bitmátrixszal

```
00000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000011000
00000000000000000000000000001110000
000000000000000000000000000011100000
000000000000100000000000111000000
000000000000111000000000001100000
000000000001111100000000000011000
000000000111111100000000000000000
000000001111111110000000000000000
000000011111111111000000000000000
000001111111111111100000000000000
000011110000000011110000000000000
000011110000000011110000000000000
000011111111111111110000000000000
000011111100011111110000000000000
000011111100011111110000000000000
000011111100011111110000000000000
000011111100011111110000000000000
000011111111111111111000000000000
00000000000000000000000000000000
```

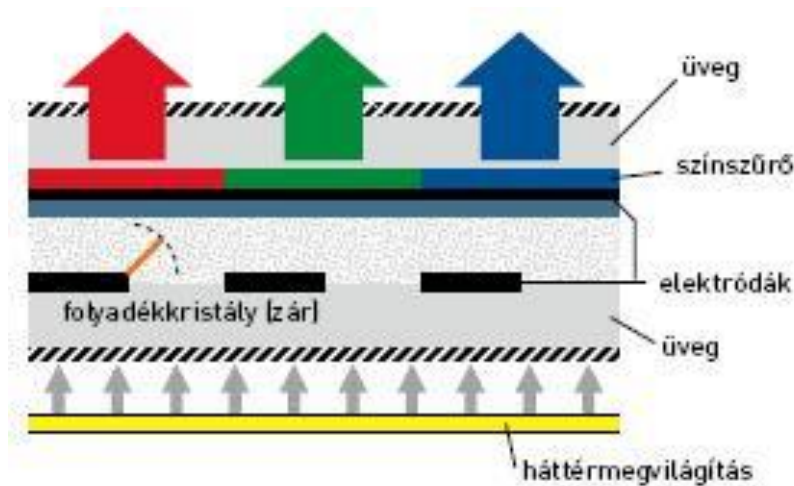
Képpontok (pixel, picture element)

CRT (Cathod Ray Tube) monitor



- A monitor felülete alatt fényre érzékeny foszforréteg található. (Színenként más fajta)
- Elektronok „lövik” a foszfort, mire az fényt ad ki magából. A ”lövedék” irányát mágneses mező irányítja.
- Három színhez (vörös, zöld, kék) három elektron ágyú tartozik.
 - Soronként rajzolja ki a képet, soron belül balról jobbra halad.
 - A világítás hamar elhalványul, ezért a pixelek villognak → szemkímélő, ha nagy frekvenciával villog.

LCD (folyadékkristályos) monitor



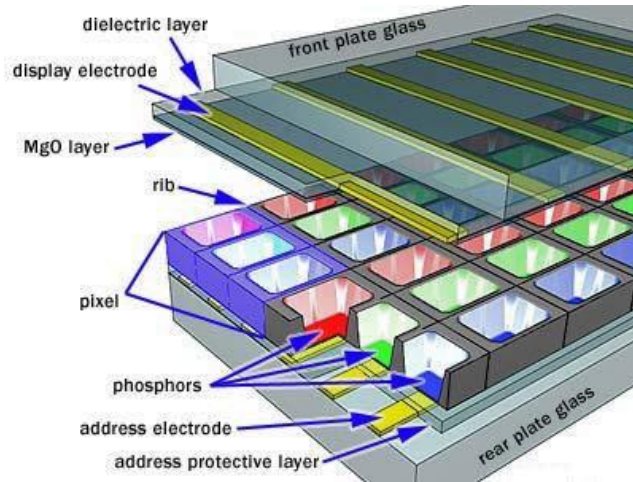
- Működése hasonló a fekete-fehér LCD kijelzőhöz (pl. óra kijelzője).
- Színek előállítása beépített színszűrőkkel
- Háttérvilágítás szükséges (passzív monitor), fény polarizálásával dolgozik.

TFT (Thin Film Transistor) monitor



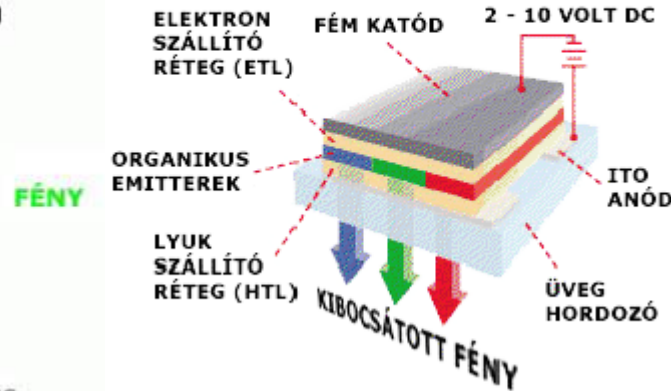
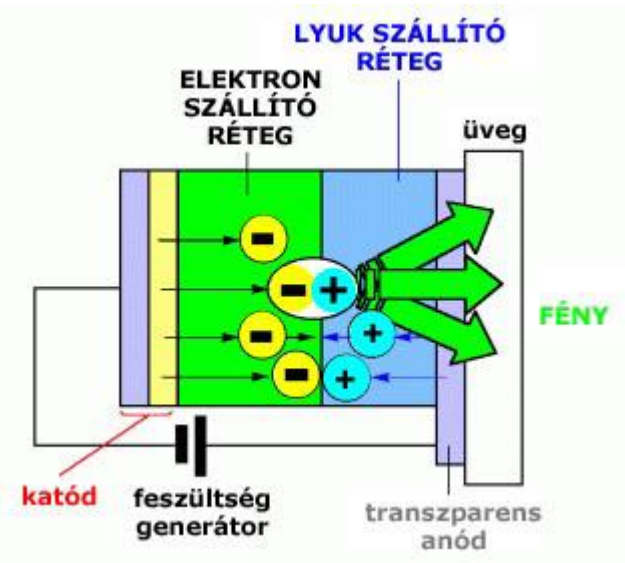
- Minden képpont egy önálló tranzisztor. (aktív mátrix)
- Erős fénnel (pl. nap) szemben gyenge a fényereje
- Laptopokban előszeretettel használják

PDP (Plazma Display Panel) monitor



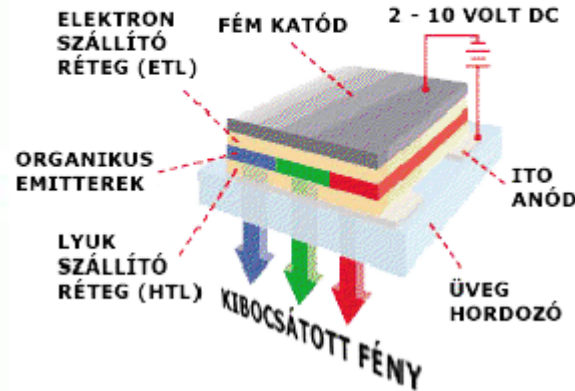
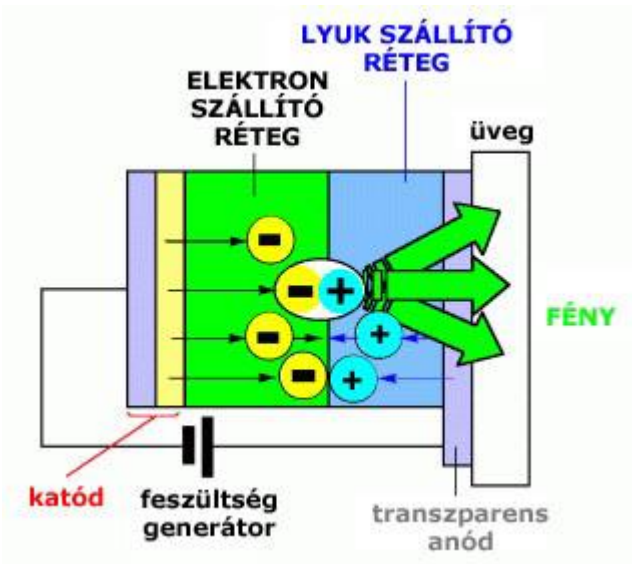
- Működési elve hasonló a CRT monitorokhoz.
- gázok keverékének nagy UV-sugárzással kísért ionizációs kisülése készíti a képpont anyagát színes fény sugárzására
- Rendkívüli fényereje és kontrasztos képe van. Gyors a frissítési frekvenciája, ezért szép folyamatosak (és élesek) a mozgások.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) monitor



- Ha feszültséget kötünk a szerves anyagra, elektronok és "lyukak" mozognak szemben egymással
- A találkozáskor energia szabadul fel. Ebből látható hullám lesz. A foton f frekvenciája (színe) a $E = hf$ összefüggéssel számítható, ahol E a foton energiája, h az ún. Planck állandó.
- Minden színhez más anyag kell.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) monitor



- Háttérvilágítás nincsen, az aktív (szerves) elemek adják a fényt.
- Képe szép és kontrasztos. Az élettartama viszonylag rövid, az ára borsos.

3D monitorok: *stereoscopy*

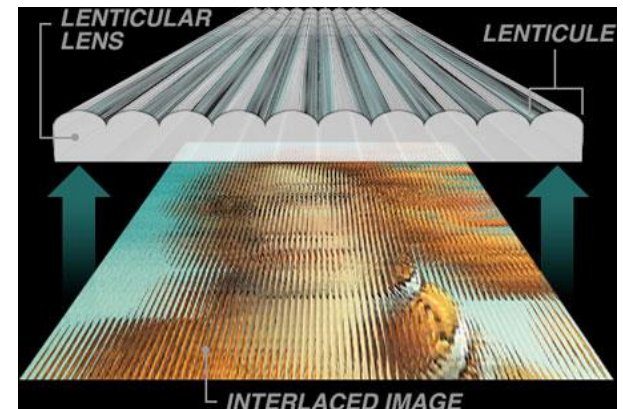
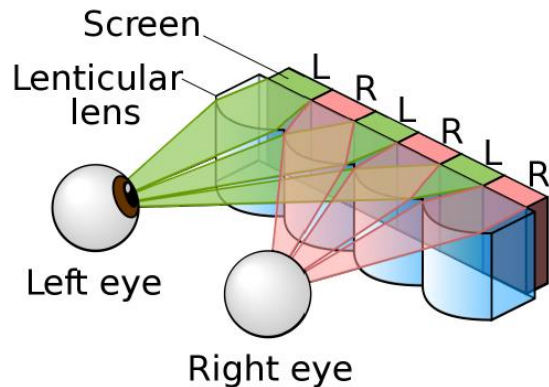
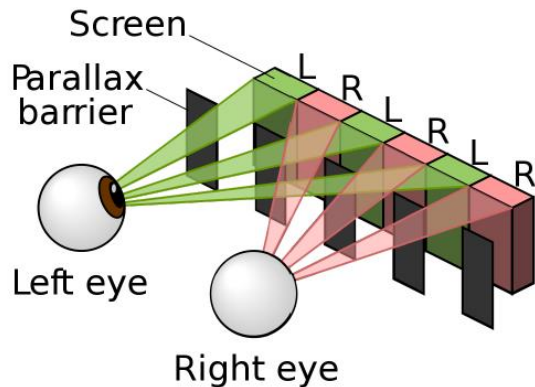
- Működési elv: mást lát a két szem, nincs mozgás parallaxis

- Head Mounted Display
- Shutter glasses
- 3D polarizált lencsésű szemüveg
- 3D holografikus elven

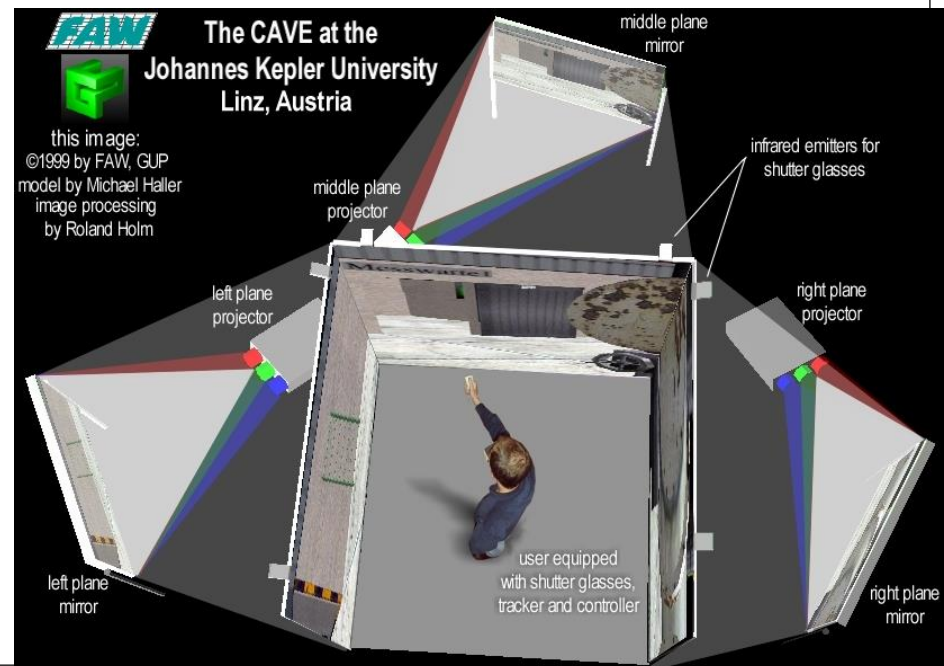


3D monitorok: Autostereoscopy

- Nem kell hozzá külön eszköz a felhasználó részéről
 - *Parallax barrier*
 - *Lenticular lens (lencse alakú optika)*



Megjelenítő - nem csak monitor lehet



2D vs 3D grafika

- Nem a megjelenítő, hanem a virtuális világ dimenziója számít!
 - 2D: rajzos ábrák
 - 3D: háromdimenziós szerkezeti ábrák, fotorealisztikus szintézis



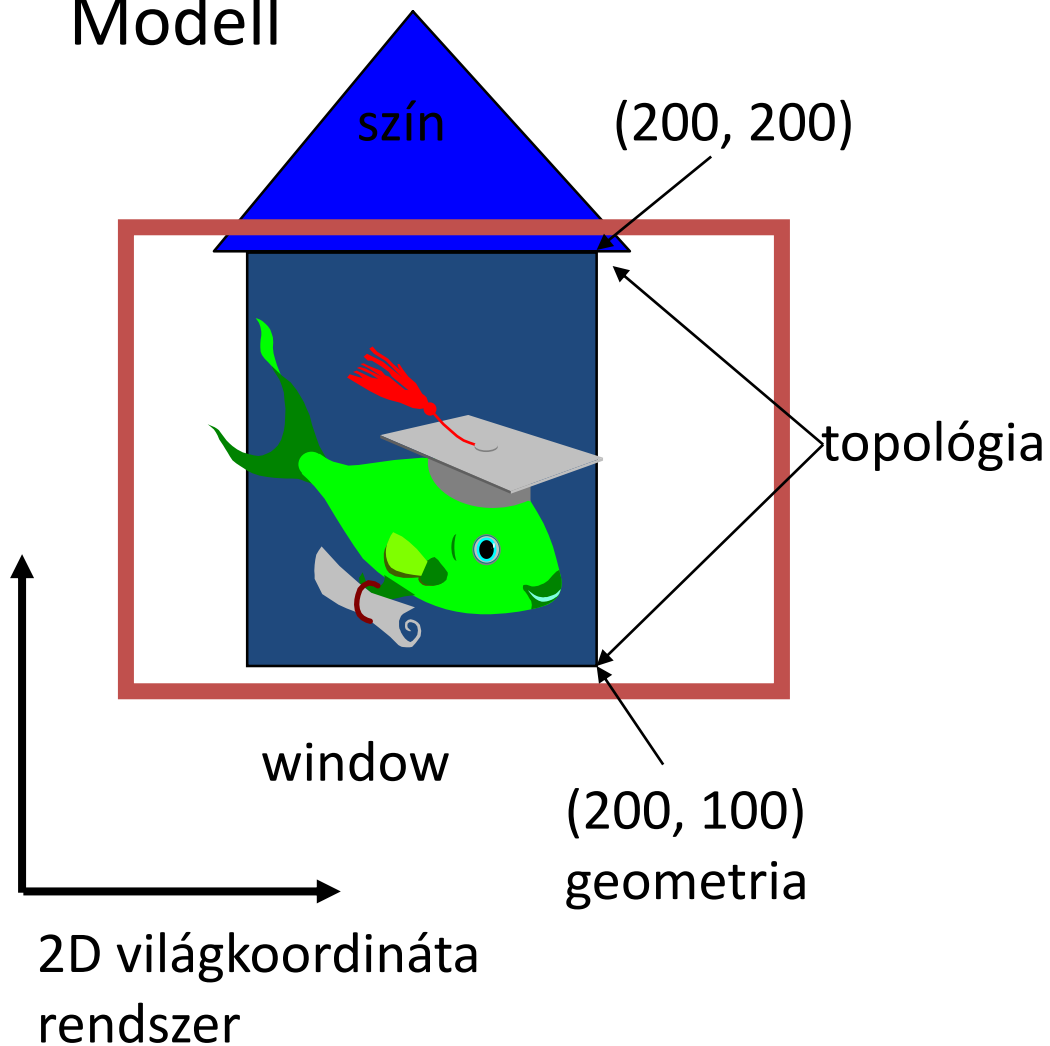
2D



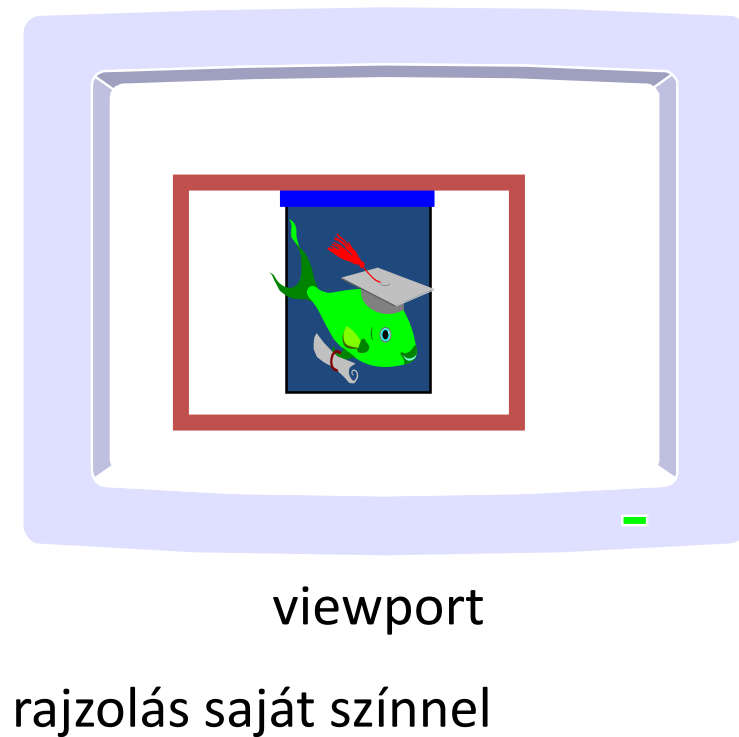
3D

2D rajzolás, festés

Modell



Kép

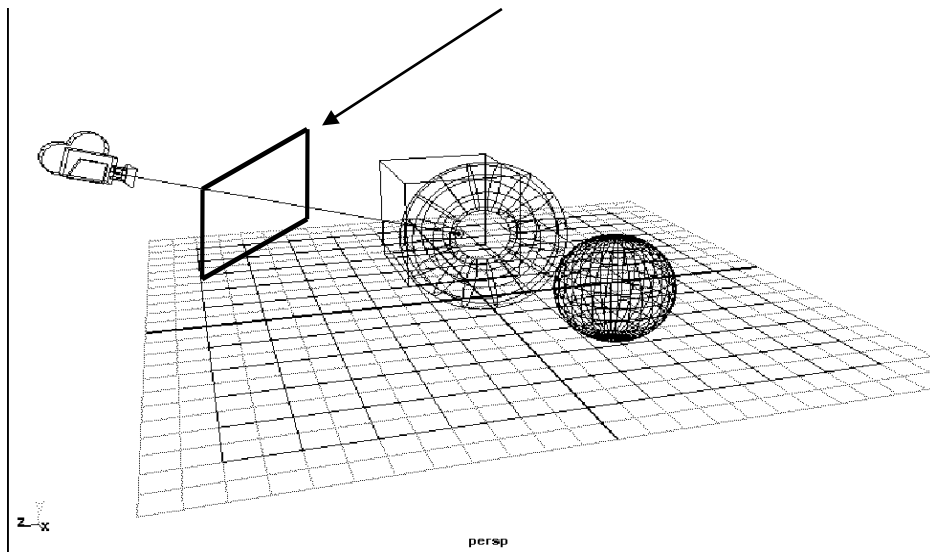


3D grafika

- 3D világ + kamera vagy szem
- Általános helyzetű 2D ablak a 3D világban

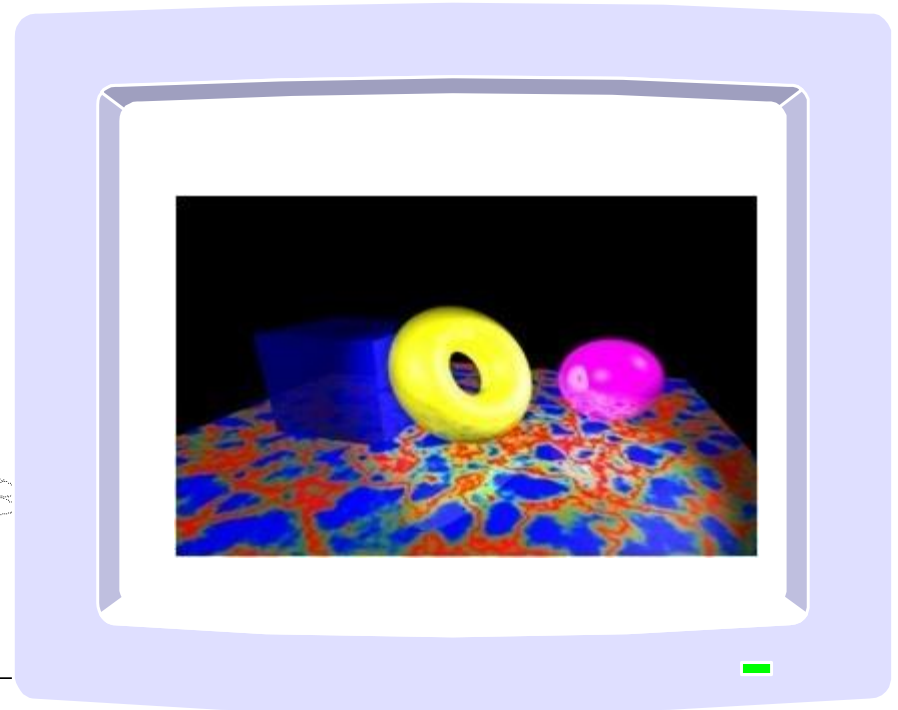
Modell

ablak

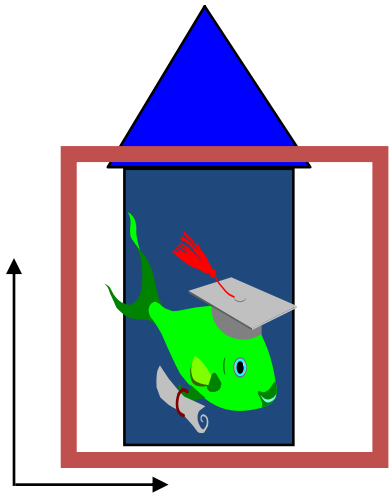


3D világkoordináta rendszer

Kép



Képszintézis feladatai



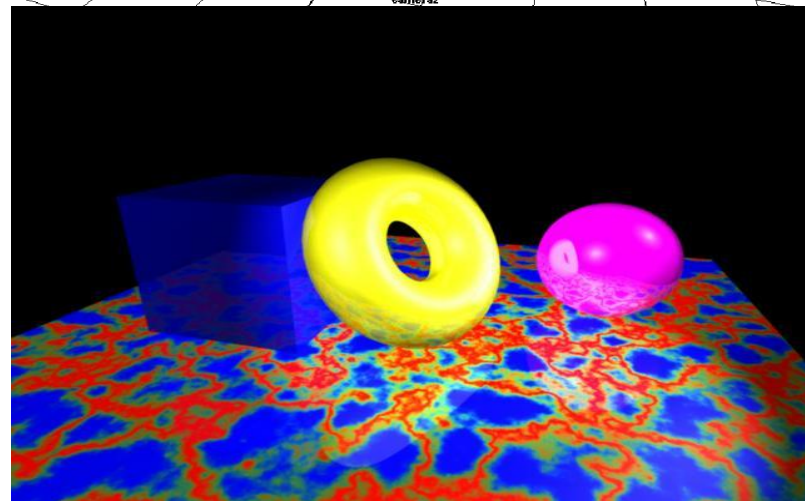
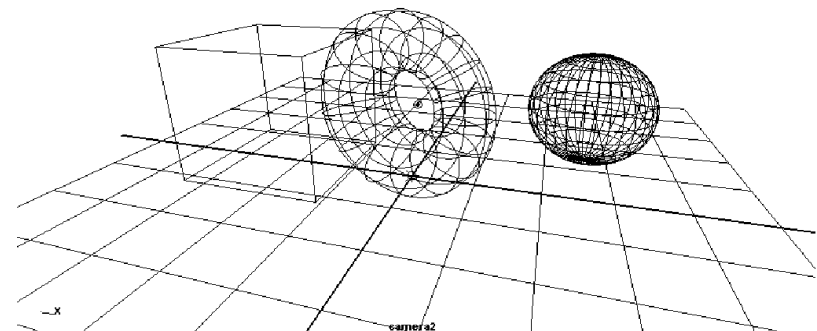
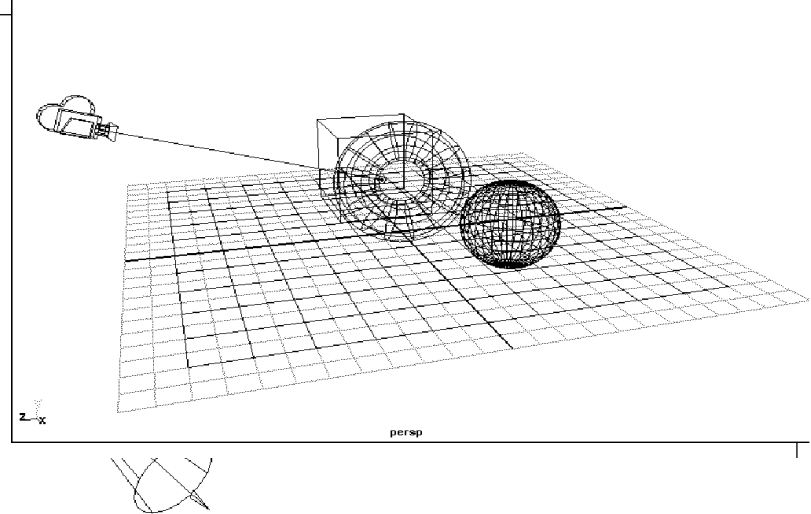
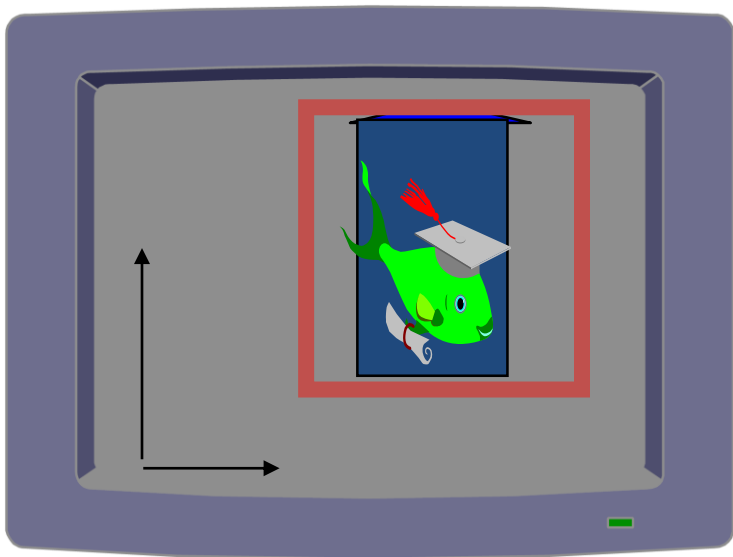
Vektorizáció

Transzformációk

Vágás

Takarás

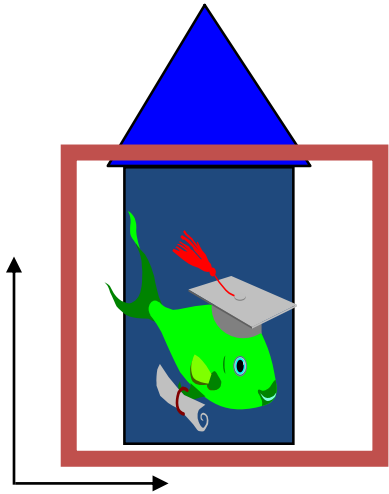
Árnyalás



Objektum-primitív dekompozíció

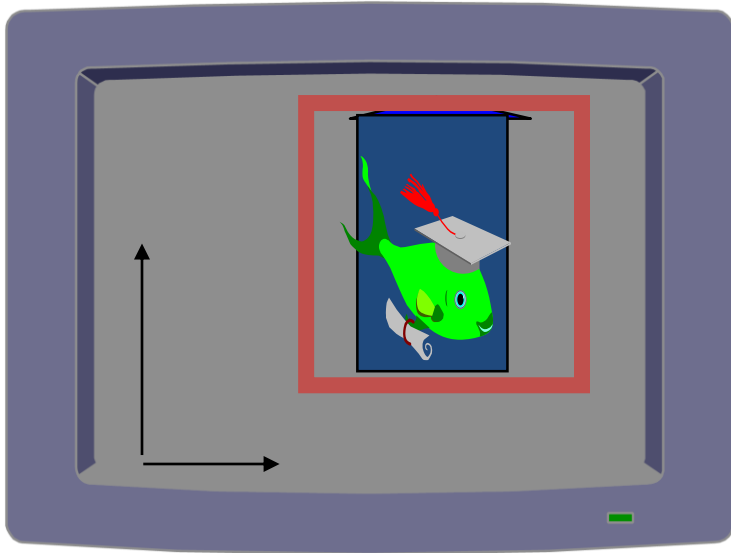
- Alkalmazás: virtuális világ leírása természetes fogalmakkal
 - pl térinformatikai rendszer objektumai: épület, út, település
- Általános képszintézis program bemenete: geometriai primitívek
 - gömb, ellipszoid, poligon, fényforrás
- Vektorizáció: objektumok közelítése egyszerű primitívekkel:
 - pontok szakaszok, poligonok

Képszintézis feladatai



Vektorizáció

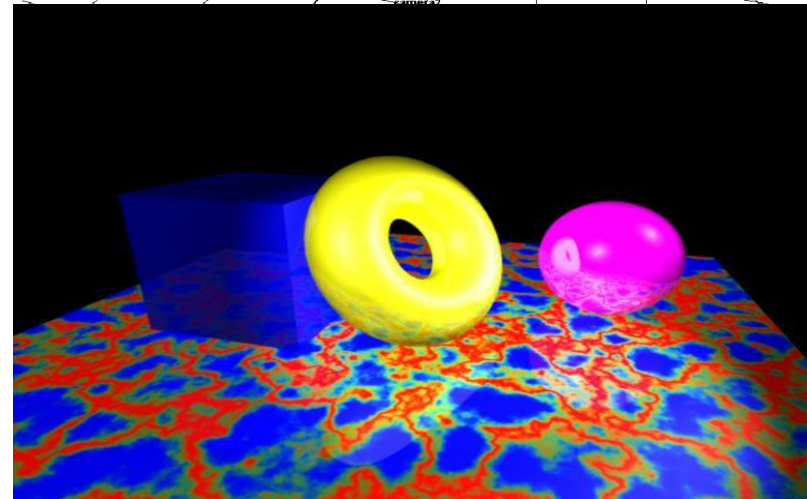
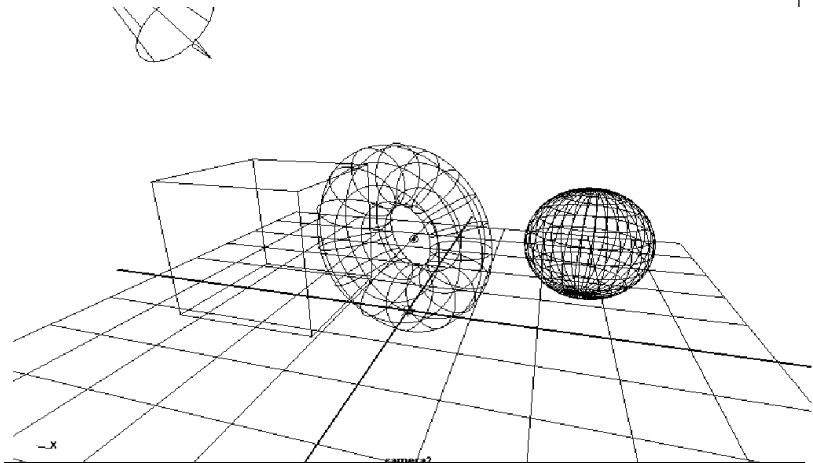
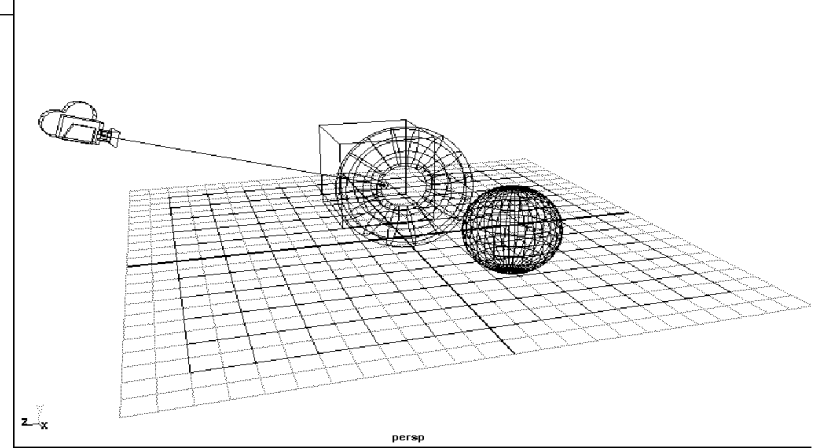
Transzformációk



Vágás

Takarás

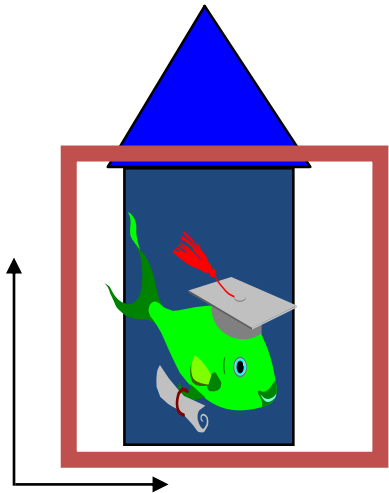
Árnyalás



Világ-kép transzformáció

- Pimitívek eredetileg egy világ-koordinátarendszerben adottak
- A megjelenítés vezérlése a képernyő koordinátarendszerében kell, hogy végbemenjen
- Transzformáció:
 - 2-D geometriában: 2-D lineáris koordináta-transzformáció (lásd később)
 - 3-D geometriában: vetítés (3-D modell, 2-D kép)

Képszintézis feladatai



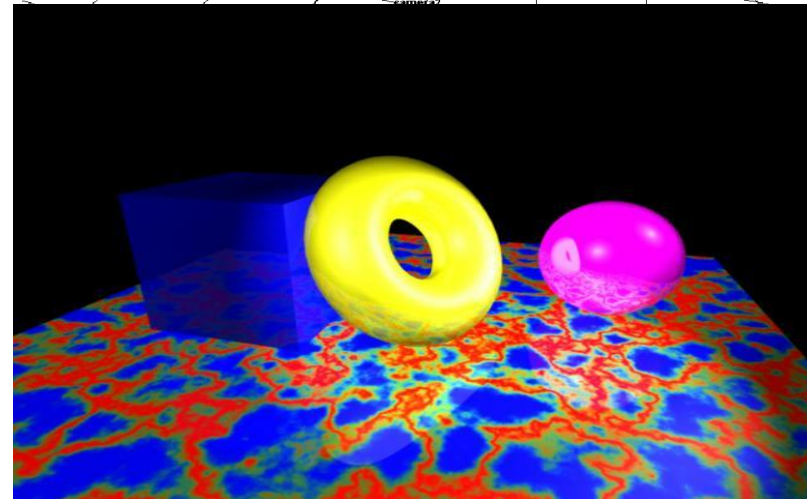
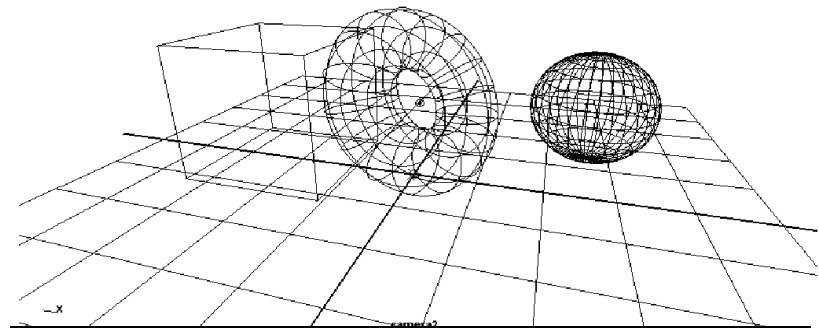
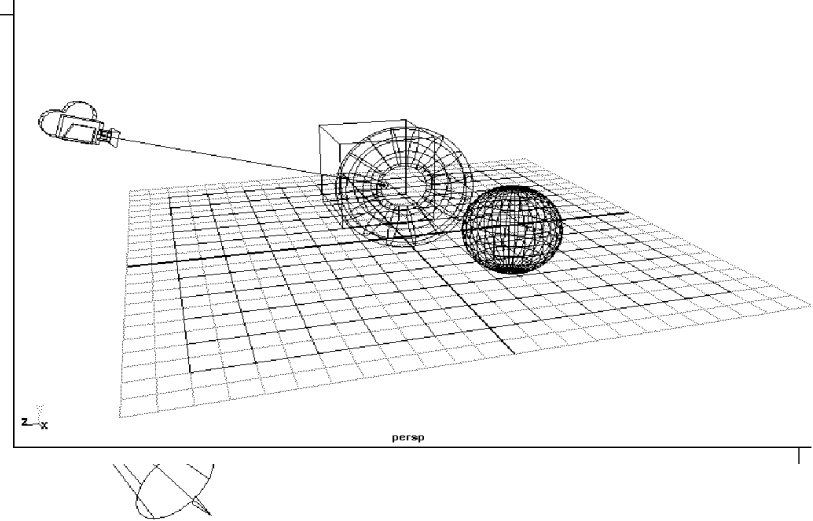
Vektorizáció

Transzformációk

Vágás

Takarás

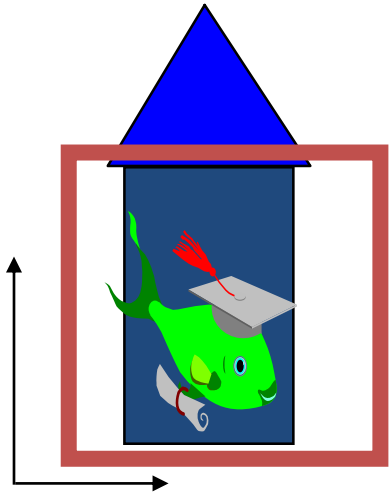
Árnyalás



Vágás

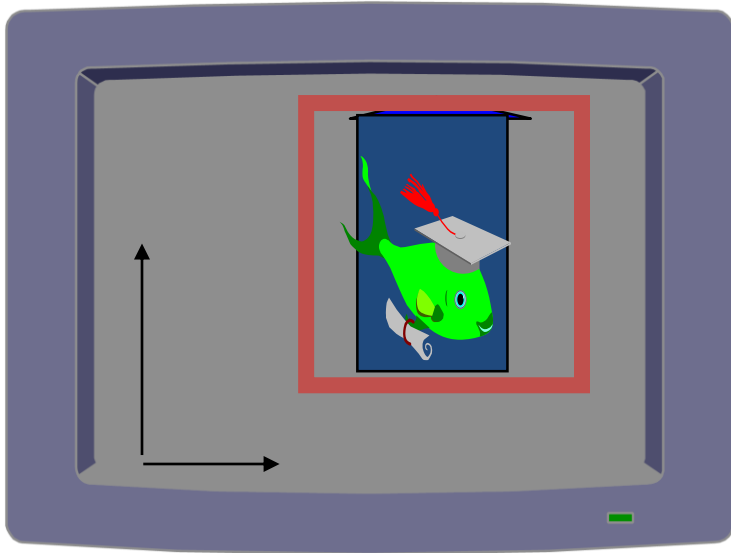
- A világ azon részeinek az azonosítása, amelyek a képen megjelennek
 - 2-D grafikában: 2-D téglalap („ablak”)
 - 3-D grafikában: ablak és szem által definiált végtelen piramis
- Vágás (*clipping*): az érdektelen objektumok/objektumrészek elhagyása

Képszintézis feladatai



Vektorizáció

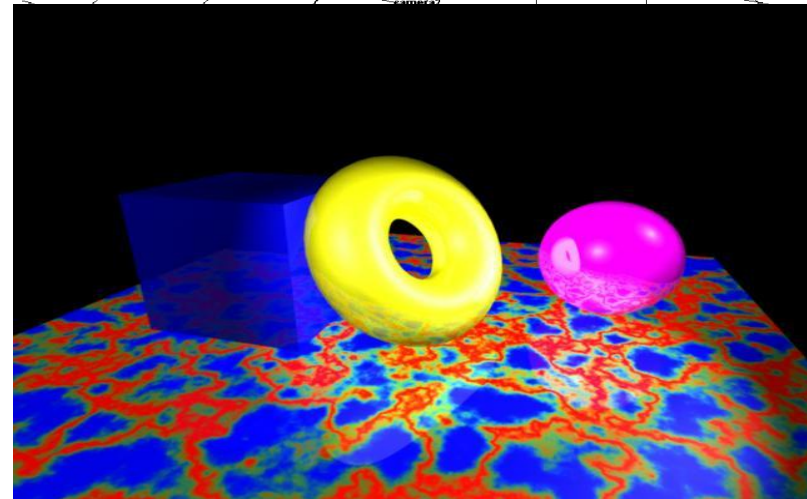
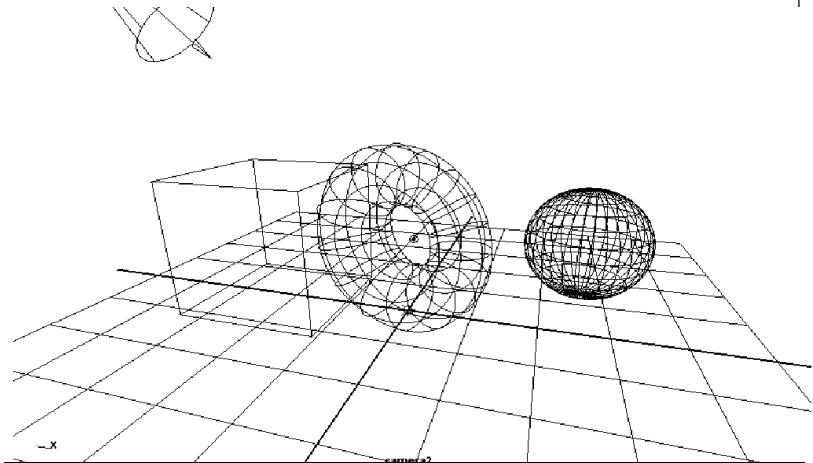
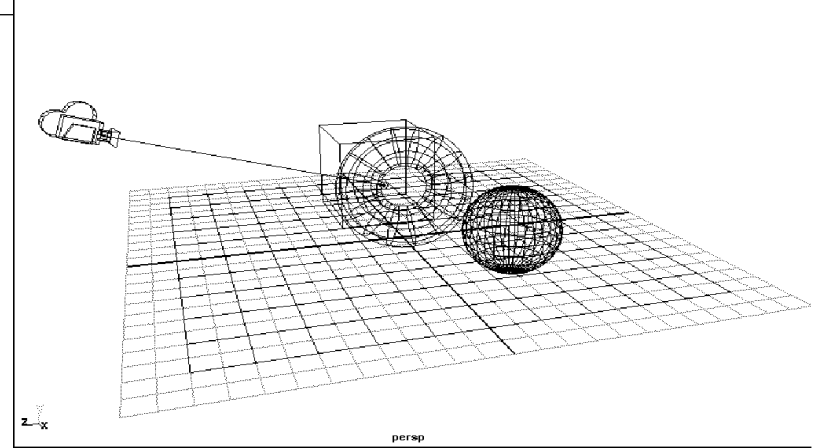
Transzformációk



Vágás

Takarás

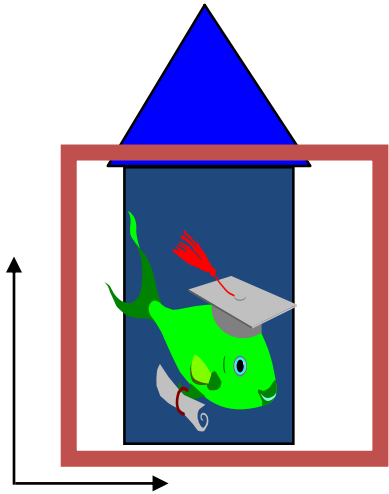
Árnyalás



Takarási feladat

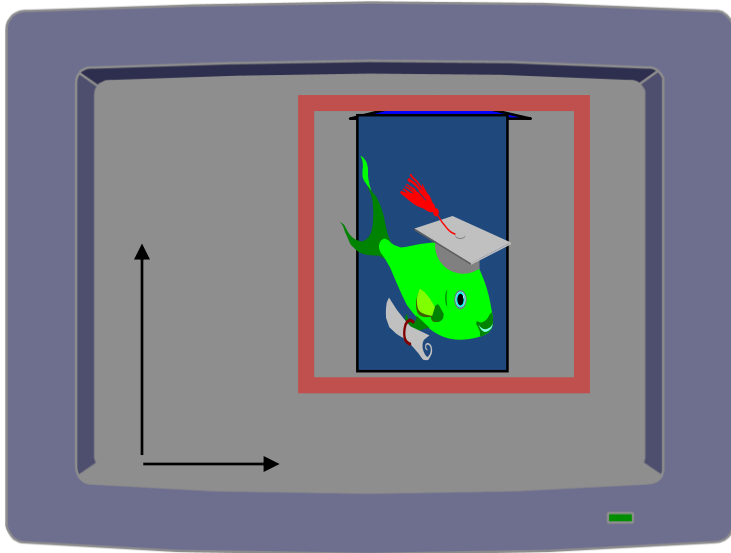
- Több objektum is vetülhet egy képpontra
- Dönteni kell, melyik objektum „látszik”
 - 2-D geometria: prioritás felállítása az objektumok között
 - 3-D geometria: döntés a szempozícióhoz mért távolság alapján

Képszintézis feladatai



Vektorizáció

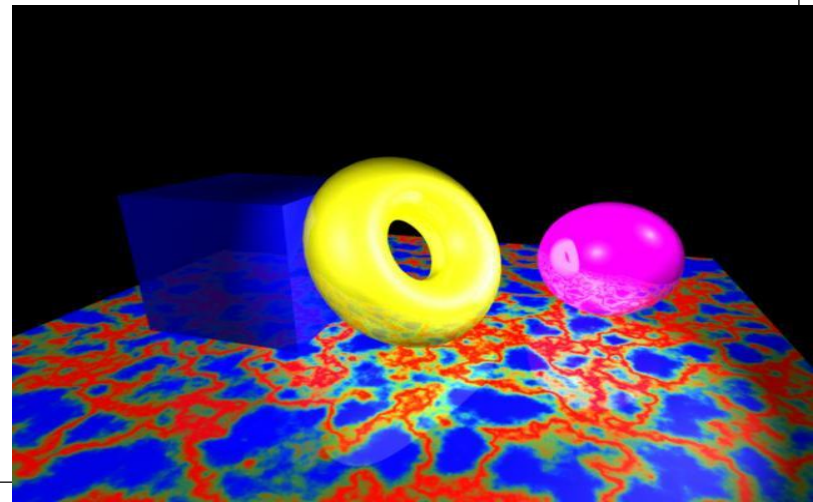
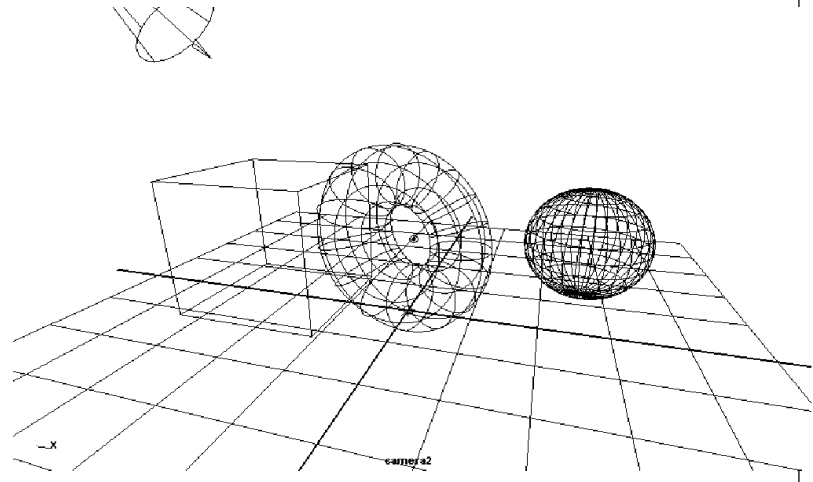
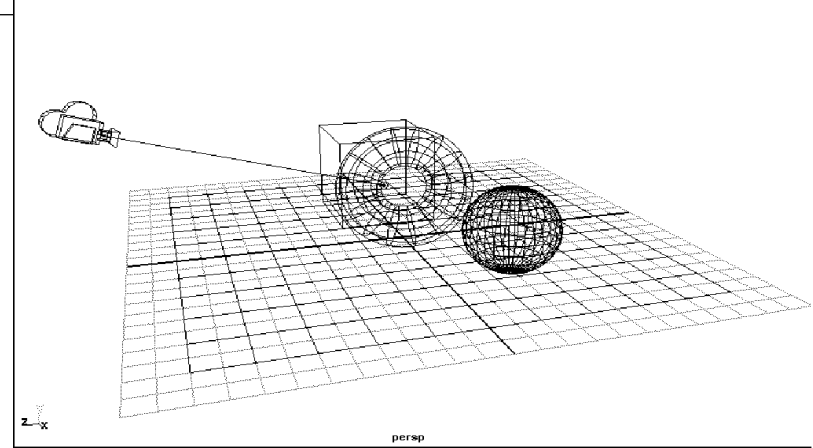
Transzformációk



Vágás

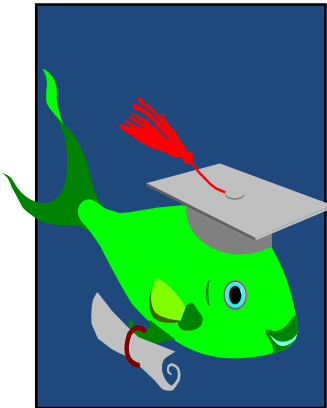
Takarás

Árnyalás

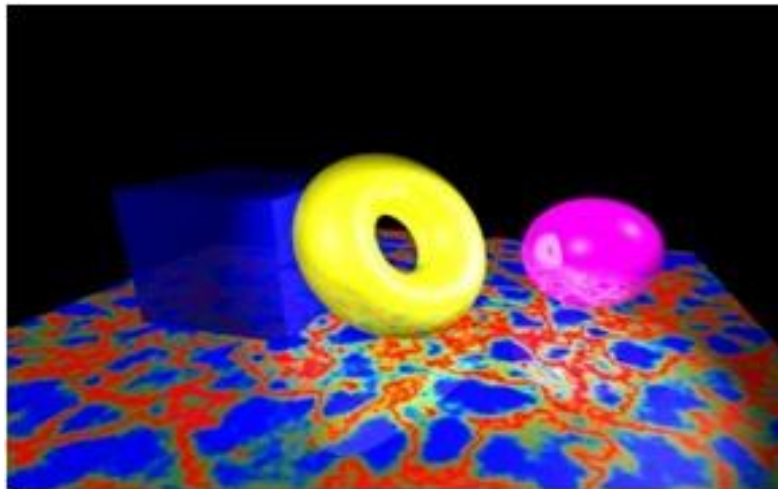


Árnyalás

- A látszódo objektum adott képpontban érvényes színének meghatározása
 - 2-D grafika: saját szín alkalmazása
 - 3-D grafika: saját szín+ a térben fennálló fényviszonyok együttes függvénye



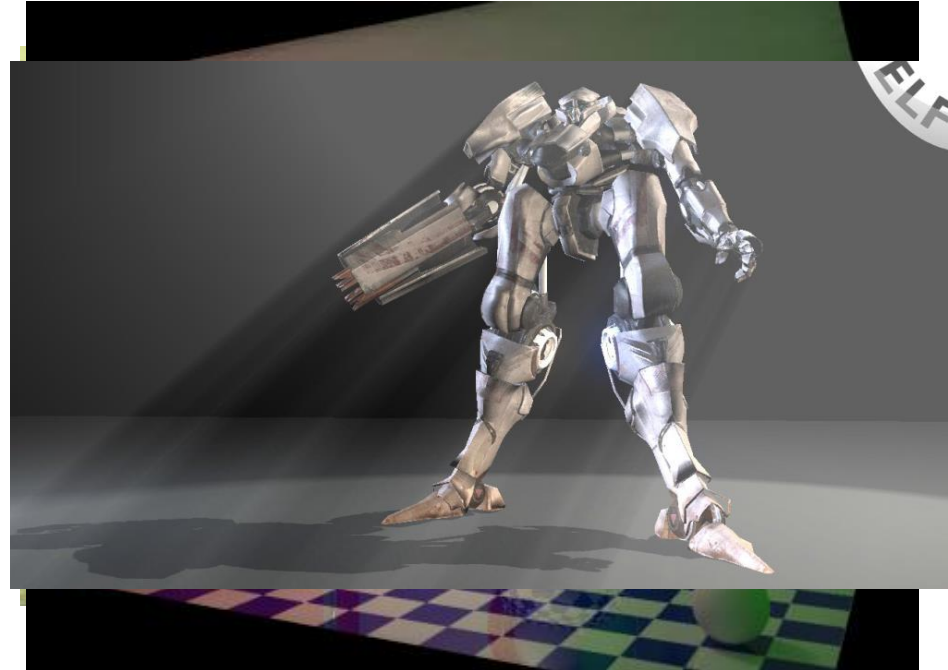
Zöld hal



„Sárga” tórusz

Képszintézis: algoritmusok

- Megközelítési módok
 - Sugárkövetés
 - Inkrementális képszintézis
- Fényjelenségek
 - Tükröződés, fénytörés
 - Vetett árnyékok
 - Globális illumináció
 - Tértfogati jelenségek

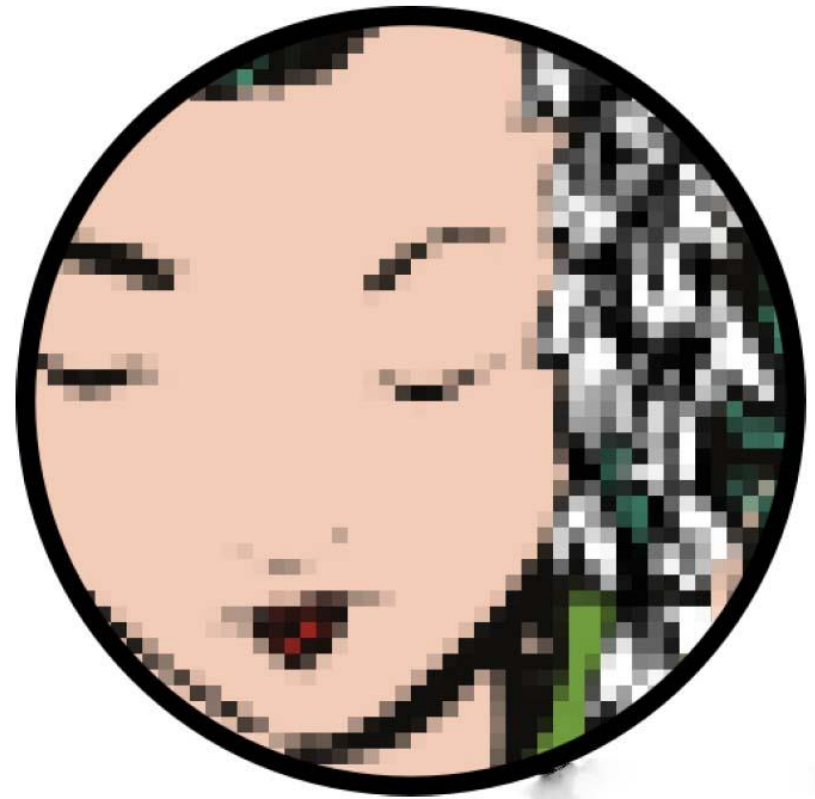


Jelfeldolgozási megközelítés

- Digitális kép – a megjelenítendő kép reprezentációja a memóriában
- Folytonos valódi kép közelítése véges számú elemmel
 - vektorgrafika: alapvető elem a szakasz,
 - rastergrafika – alapelem kicsi téglalap a pixel (picture+element),
 - 3-D raster elem: voxel (~3-D pixel)

Rasztergrafika

- átméretezésnél interpoláció szükséges, hibák jelennek meg



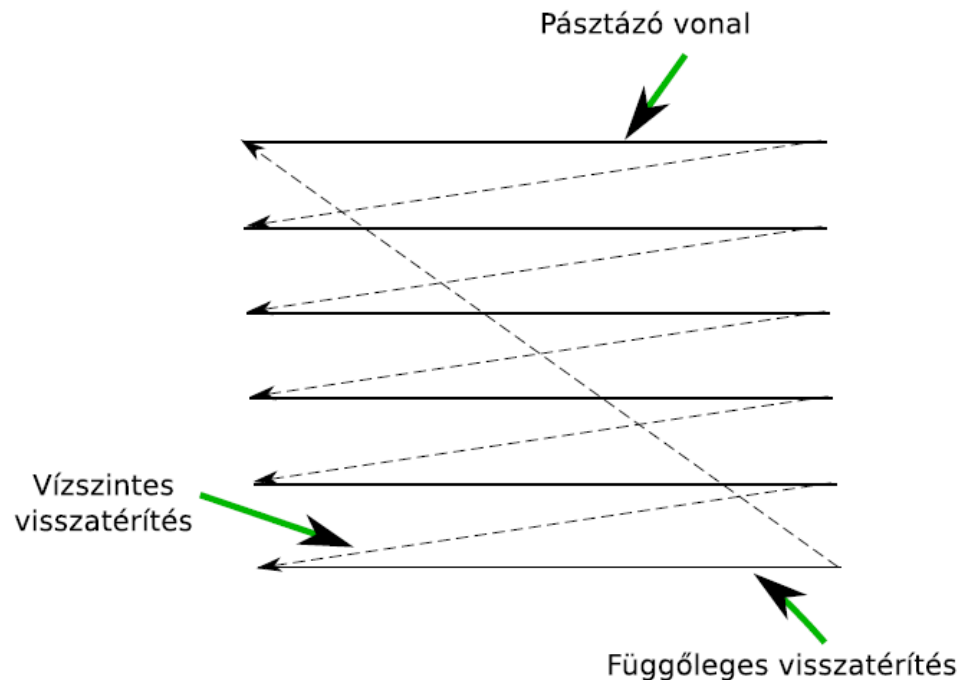
Vektorgrafika

- a kép/világ könnyen skálázható



A raszteres képernyő tulajdonságai

- Előnyök:
 - Olcsó logikájú processzor (soronként olvas).
 - A területek színekkel kitölthetők.
 - Az ábra bonyolultsága nem befolyasolja a megjelenítést.
- Hátrányok:
 - A grafikus elemeket (pl. vonal, poligon) át kell konvertálni (RIP - Raster Image Processor)
 - A geometriai transzformációk számításigényesek.



Raszter vs. vektoros ábrázolás

- Vektorgrafikus tárolás
 - egyszerű vonalas ábrák/világmodellek esetén kompakt leírás
 - túl sok részlet esetén bonyolult és lassú kirajzolás művelet – nem célszerű pl fotók tárolásához
- Rasztergrafika
 - nehézkes világ modellezésre: a pixel csak a kép egysége, de nem a világ objektumaié
 - hatékonyatlan a képszintézis transzformációt minden pixelre elvégezni
 - elterjedt monitorok rasztergrafikusak (de nem mind!)
- Alkalmazott megoldás:
 - a világot vektorgrafikusan tároljuk és a transzformációt is ebben az ábrázolásban végezzük
 - megjelenítés előtt alkalmazunk raszterizációt

Színábrázolás

- Szürkeárnyaltos kép: skalár szürkeségi érték
- Színes kép: 3 elemű vektor red, green, blue komponensek (fotometriai részletek később!)
- Valós színmód:
 - minden elem (pixel v. szakasz) esetén tároljuk a r,g,b intenzitást, pl szín szót 3 részre osztjuk

R,G,B színcsatornák



(a)



(b)



(c)

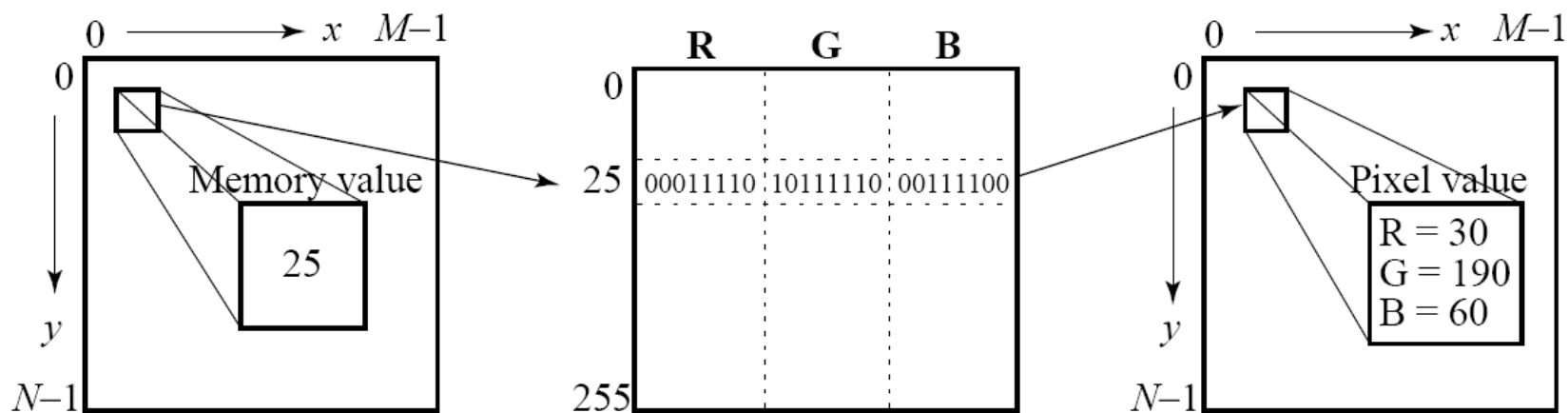


(d)

(a): 24 bites színes kép („erdőtűz”) (b, c, d): R, G, és B színcsatornák

Color Look-up Tables (LUTs)

- Indexelt színmód
 - az egyes kódszavak egy dekódoló memóriát (Look-up Table, LUT) címeznek meg, és a LUT tartalmazza a valódi r,g,b



LUT 8-bites színes képekhez

Képek tárolása, mentése

- Szabványos képformátumok
 - tömörítetlen, pl BMP, TARGA: fejrész+a pixelek rgb koordinátáinak felsorolása sorfolytonosan
 - veszteségmentes tömörítés pl GIF
 - veszteséges tömörítés: pl JPEG
 - videotömörítés MPEG

Ajánlott programok, honlapok

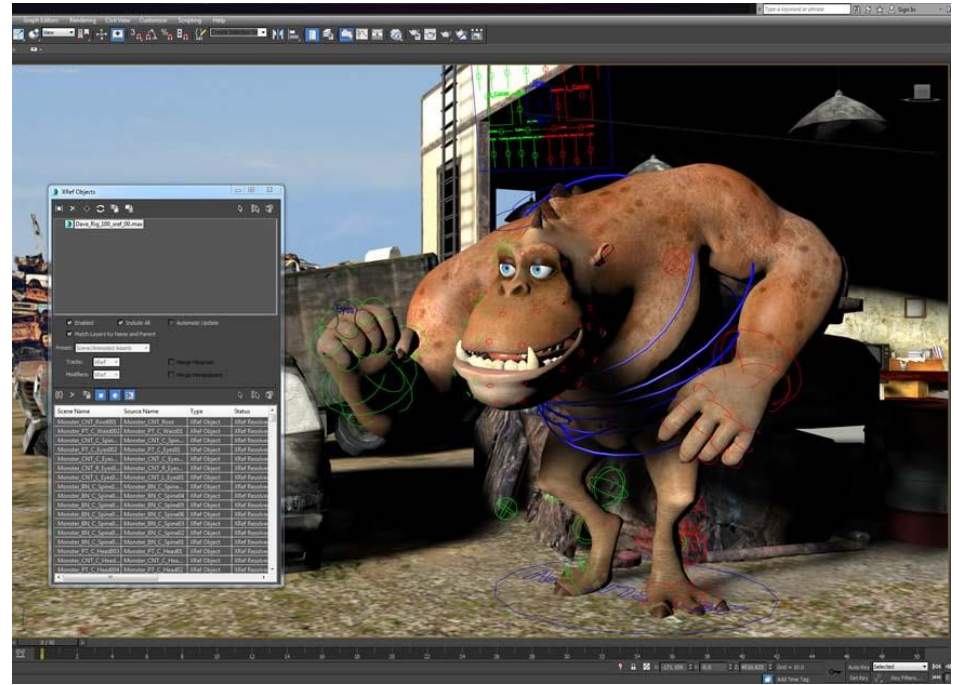


<http://www.blender.org>

Autodesk Maya & 3D Studio Max



Maya



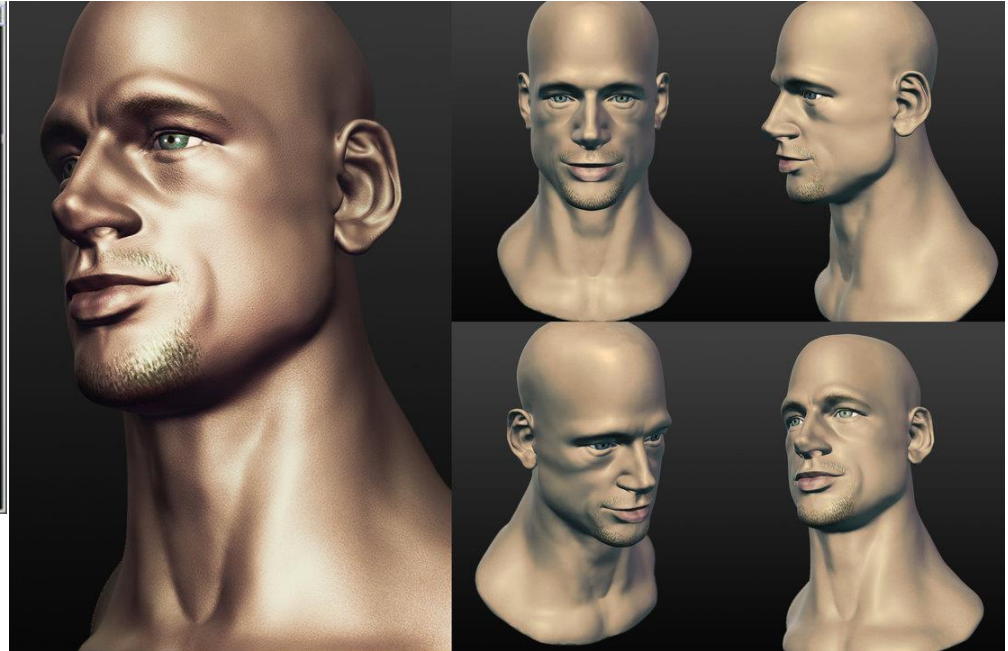
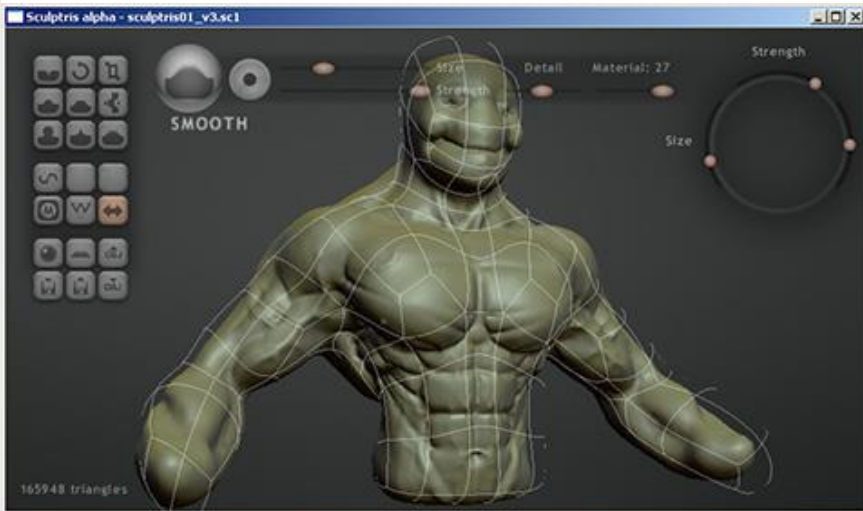
3D Studio MAX

PovRay

- Ingyenes sugárkövető program

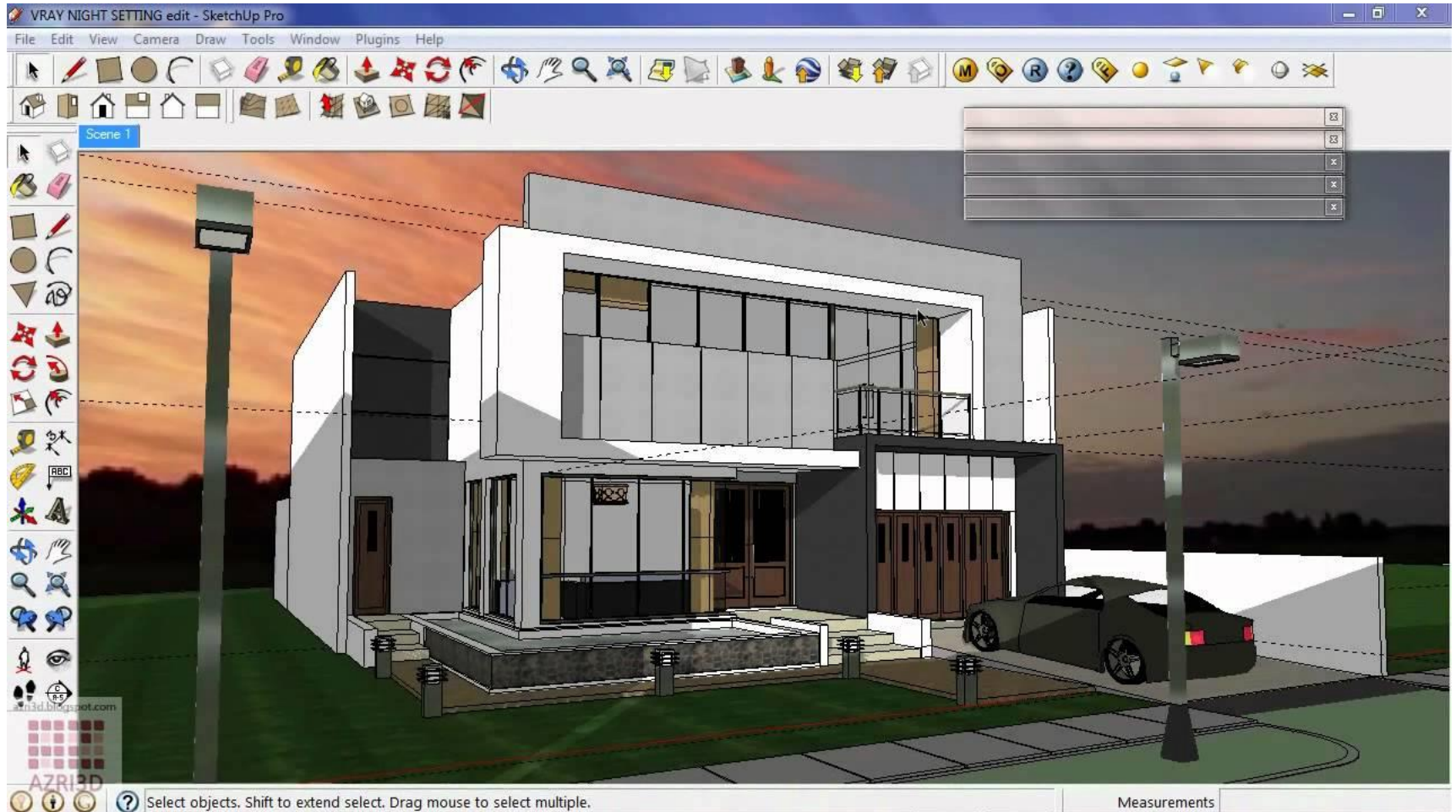


Sculptris



<http://www.sculptris.com>

Google SketchUp



<http://sketchup.google.com/>

Honlapok

- <http://processing.org/>
Processing alkalmazás + dokumentáció
- <http://www.gamedev.net/>
Cikkek, fórumok
- <http://nehe.gamedev.net/>
OpenGL tutorial-ok