

**Mérnöki létesítmények geodéziája**

**Mérnöki létesítmények  
valósághű modellezése,  
modellezési technikák, leíró  
nyelvek**

Siki Zoltán

[siki.zoltan@epito.bme.hu](mailto:siki.zoltan@epito.bme.hu)

# Virtuális valóság



# Feladat típusok

## Tervek alapján látvány terv készítése

Irodai munka

Test modellezés



## Létező objektum számítógépes modelljének elkészítése

Geodéziai mérések

Fotogrammetriai feldolgozás

---

Lézer szkennelés +  
Számítógépes feldolgozás

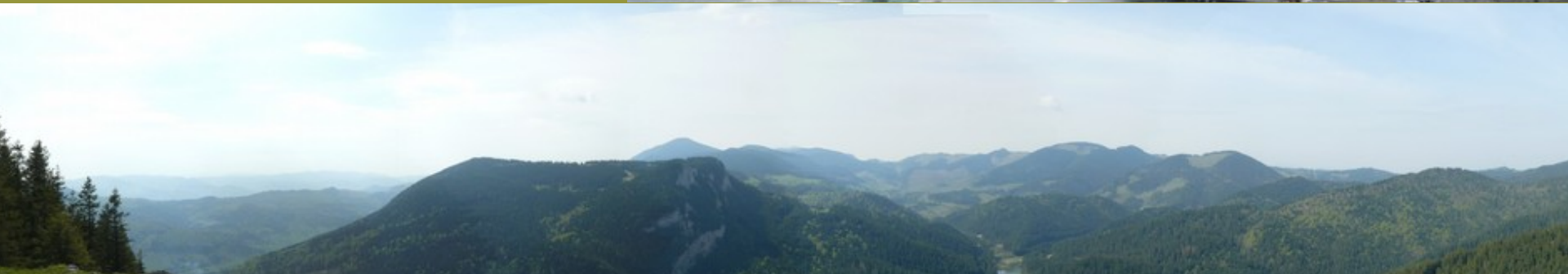


# Egyszerű modellek

Panoráma felvételek alapján  
Speciális fényképezési eljárás  
Google Street View



Anaglif térhatás





# Testek modellezése

2D-s elemekből

Keresztmetszet és egy vektor (sweeping)

Keresztmetszet és egy tengely (forgástestek)

Test leírási módszerek

**Határleírás (BR)**

test, lap, él, pont hierarchia

**Konstruktív test geometria (CSG)**

bináris fa halmaz műveletekkel

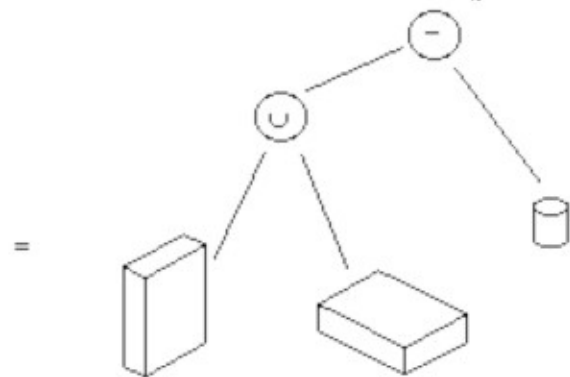
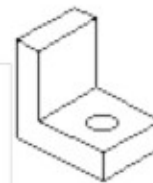
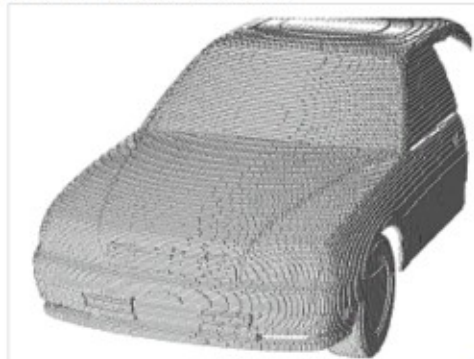
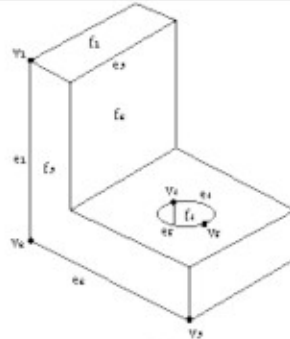
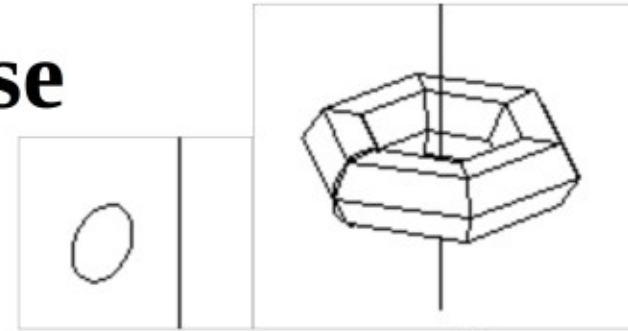
**Voxelek**

kockákra

bontás

**Háló (mesh)**

Térbeli háromszögrács



# 3D-s világ kialakítása

Nehézség, 2D-s eszközökkel dolgozunk

CAD szoftverekkel vagy speciális szoftverekkel (Maya, Sketchup)

Nézetek segítségével (oldalnézet, felülnézet)

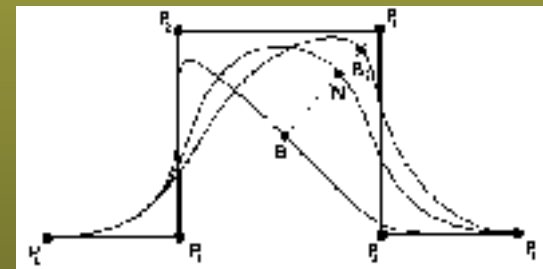
Egyidőben több nézőpont (3D nézetek)

Egyszerű alap testek (téglatest, gömb, kúp, henger, stb.)

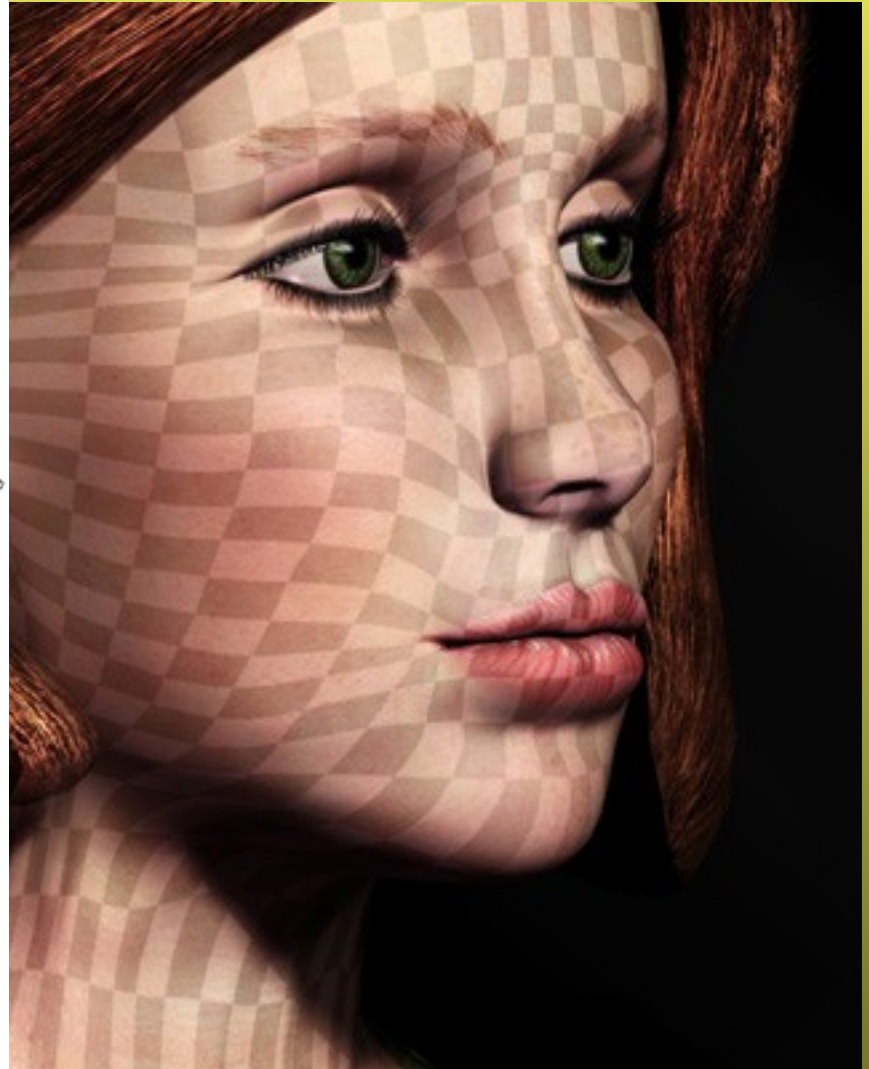
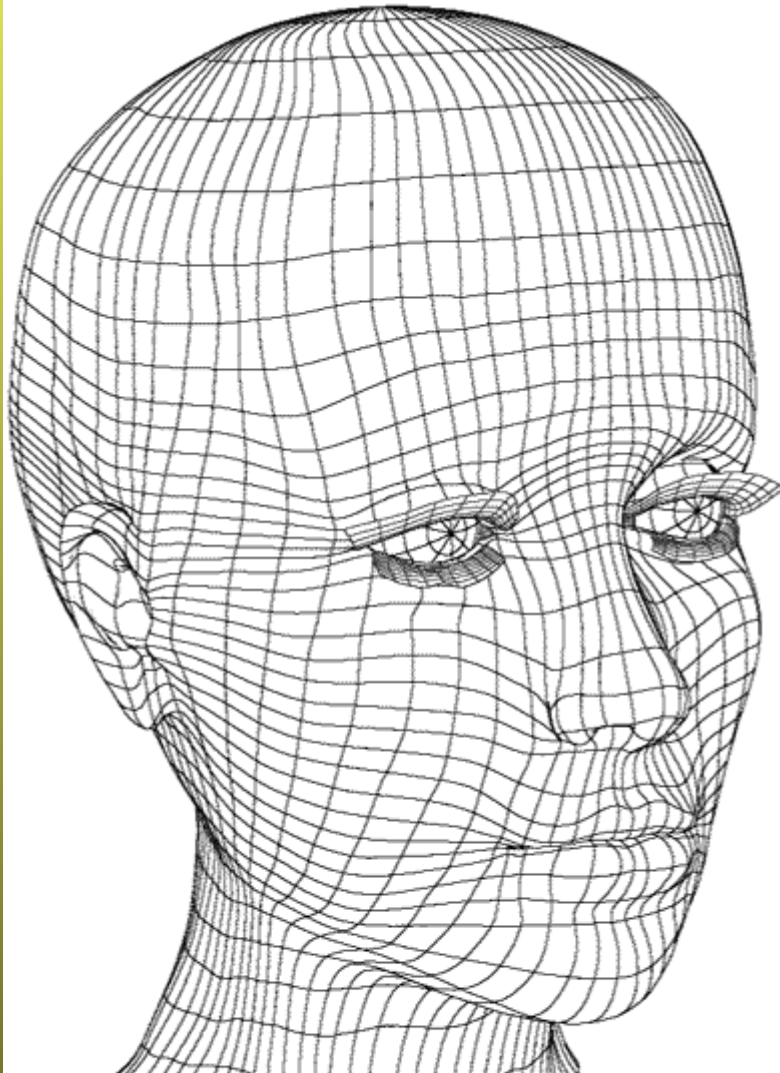
Térbeli lapok (3DFace),

felületek (NURBS, Non Uniform Rational B-Splines)

Anyagminta, háttérminta könyvtárak



# NURBS Non Uniform Rational B-Splines



# Megjelenítés

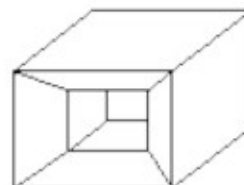
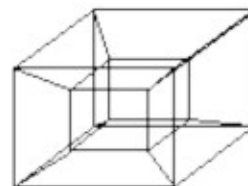
Drótvázas megjelenítés

Láthatóság szerinti megjelenítés

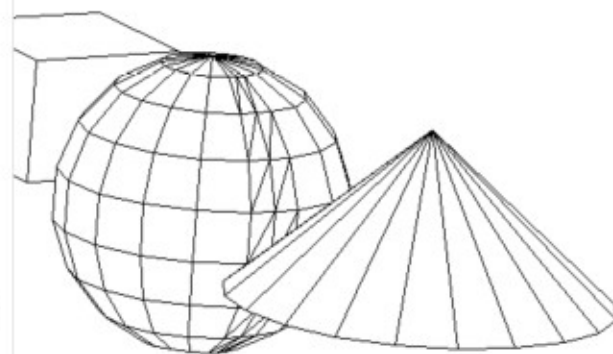
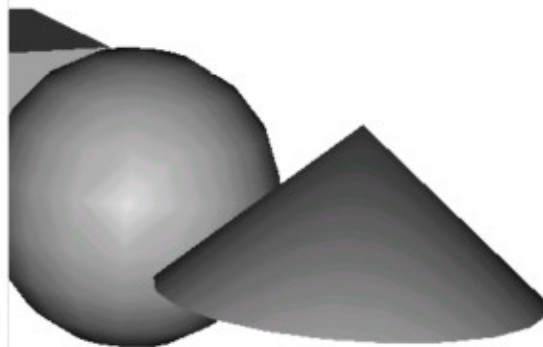
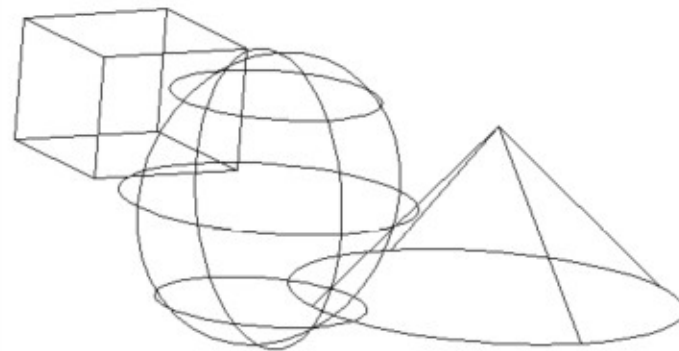
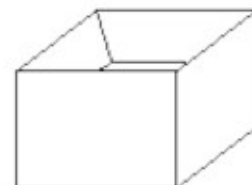
Z-buffer algoritmus

Árnyalás (render), fényforrások,  
anyagminták

Sugár követés (ray trace),  
tükröződés, átlátszóság

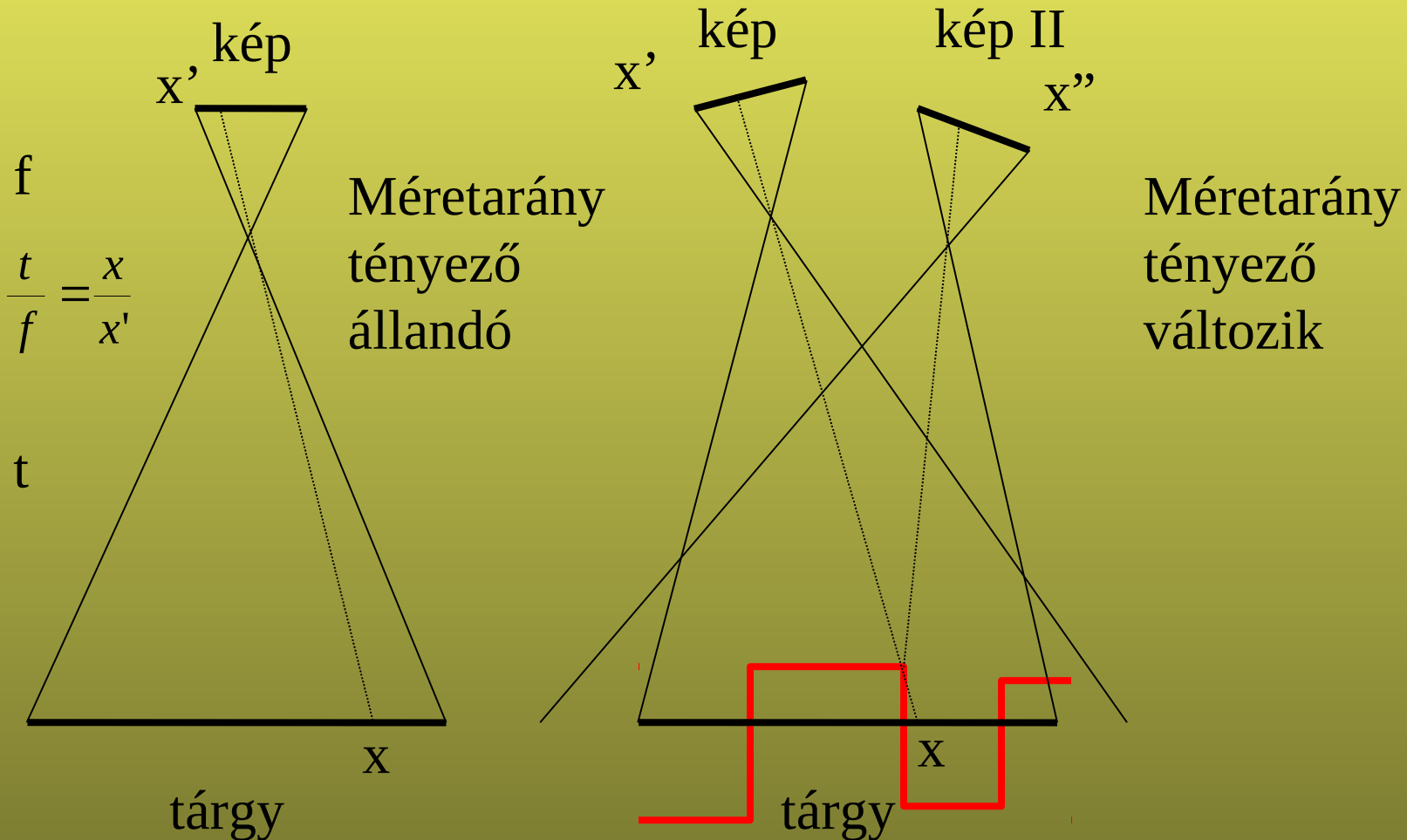


or





# Modell kialakítás digitális fényképek alapján



# Projektív transzformáció

Perspektív vetítés két nem párhuzamos sík között, kollinaritási feltétel

Homogén koordinátás felírás

$$\begin{bmatrix} x'_1 \\ x'_2 \\ x'_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

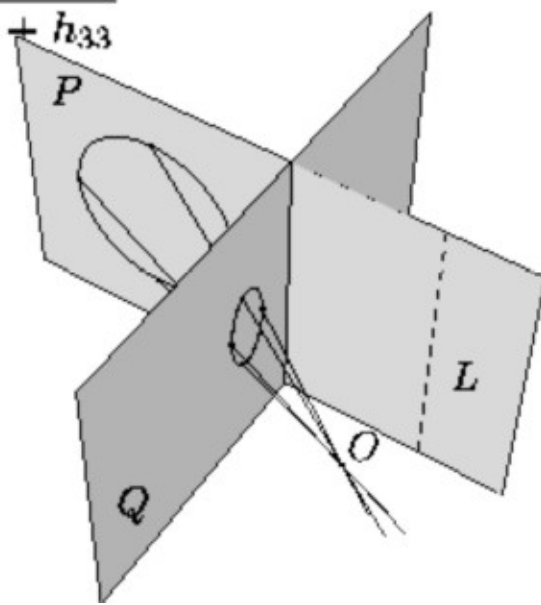
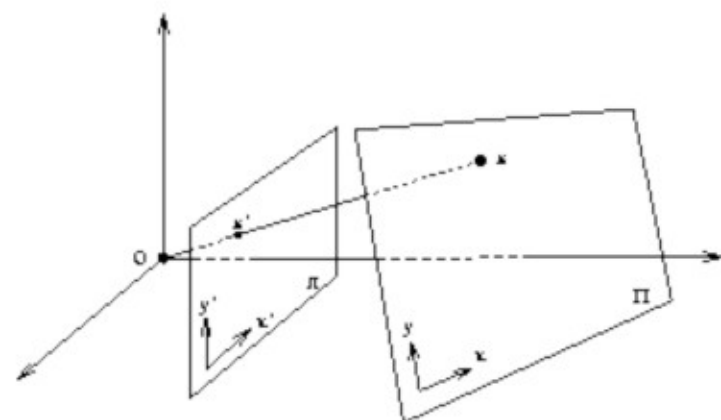
$$x' = \frac{x'_1}{x'_3} = \frac{h_{11}x + h_{12}y + h_{13}}{h_{31}x + h_{32}y + h_{33}},$$

$$y' = \frac{x'_2}{x'_3} = \frac{h_{21}x + h_{22}y + h_{23}}{h_{31}x + h_{32}y + h_{33}}$$

Két lineáris egyenlet pontonként

$$x' (h_{31}x + h_{32}y + h_{33}) = h_{11}x + h_{12}y + h_{13}$$

$$y' (h_{31}x + h_{32}y + h_{33}) = h_{21}x + h_{22}y + h_{23}$$



Homogén koordináták

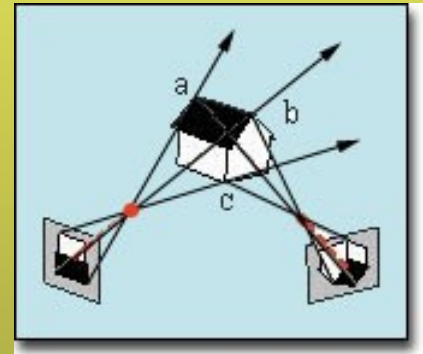
# Projektív transzformáció



# Térbeli megoldás

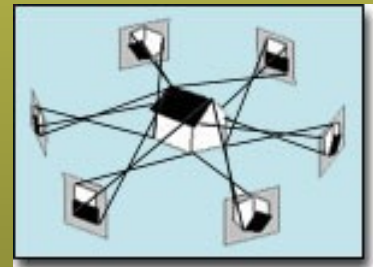
Az objektumról különböző nézőpontokból  
több felvétel készítése

Relatív tájékozás, min. 6 jól azonosítható pont  
mindkét képen, a relatív helyzet visszaállítható



Abszolút tájékozás, min. 3 ismert pont a  
geodéziai rendszerben

Analitikus megoldás (matematikai vetítés,  
kiegyenlítés)



Több kép összekapcsolása



# Structure from Motion (SfM)

## SfM - Structure from Motion

mozgó kamerával, mozdulatlan objektumról készült felvételekből  
3D rekonstrukció

JPG képek

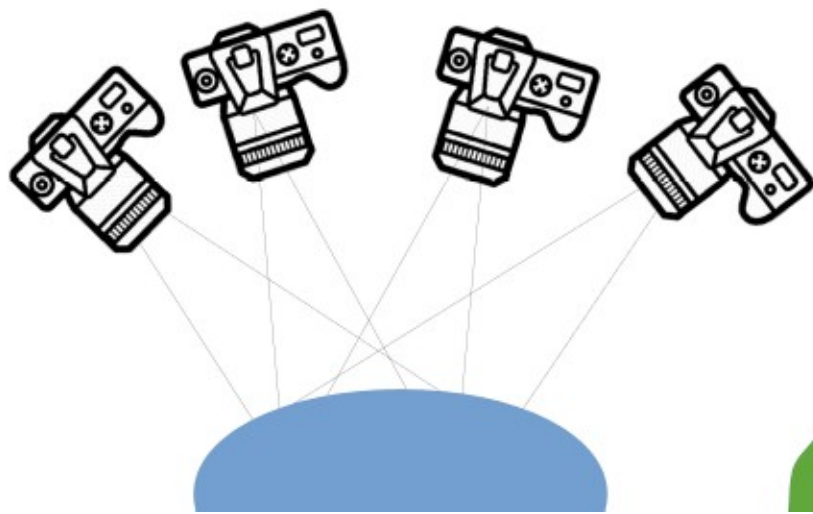
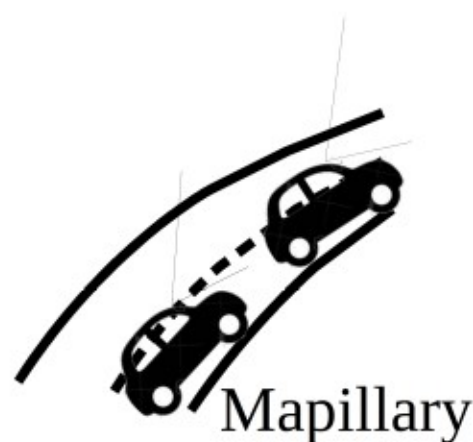
EXIF információ: fókusz, kamera modell, GPS pozíció, stb.

Képek forrása:

Digitális fényképezőgép (földi)

UAV (légi)

Közösségi média (pl. Flickr, Instagram, Mapillary)

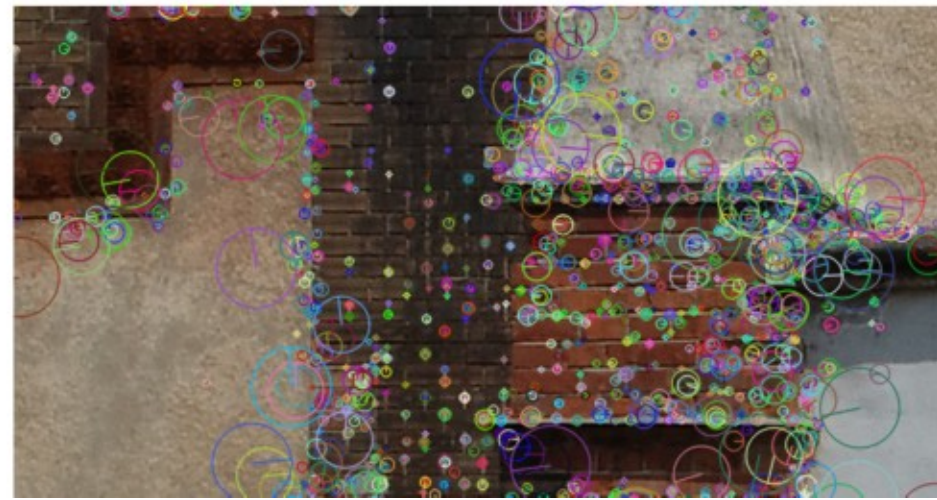


# Feldolgozás lépései

SfM

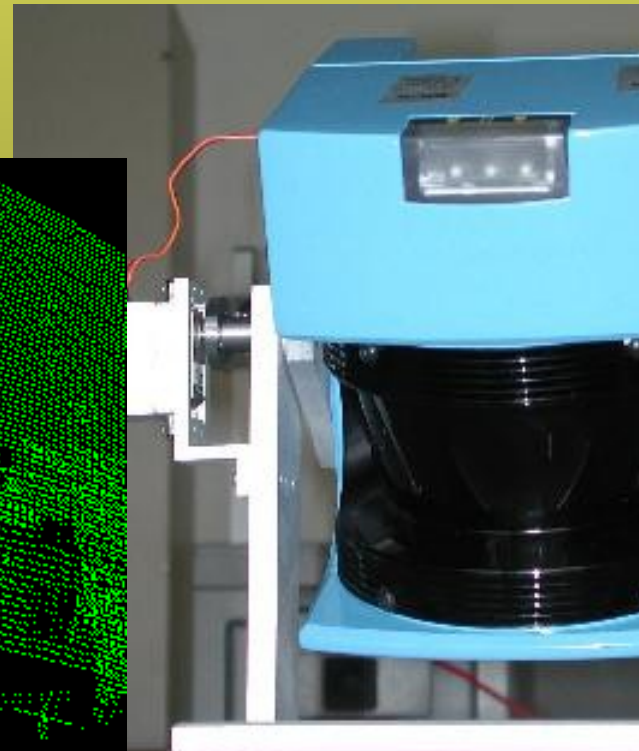
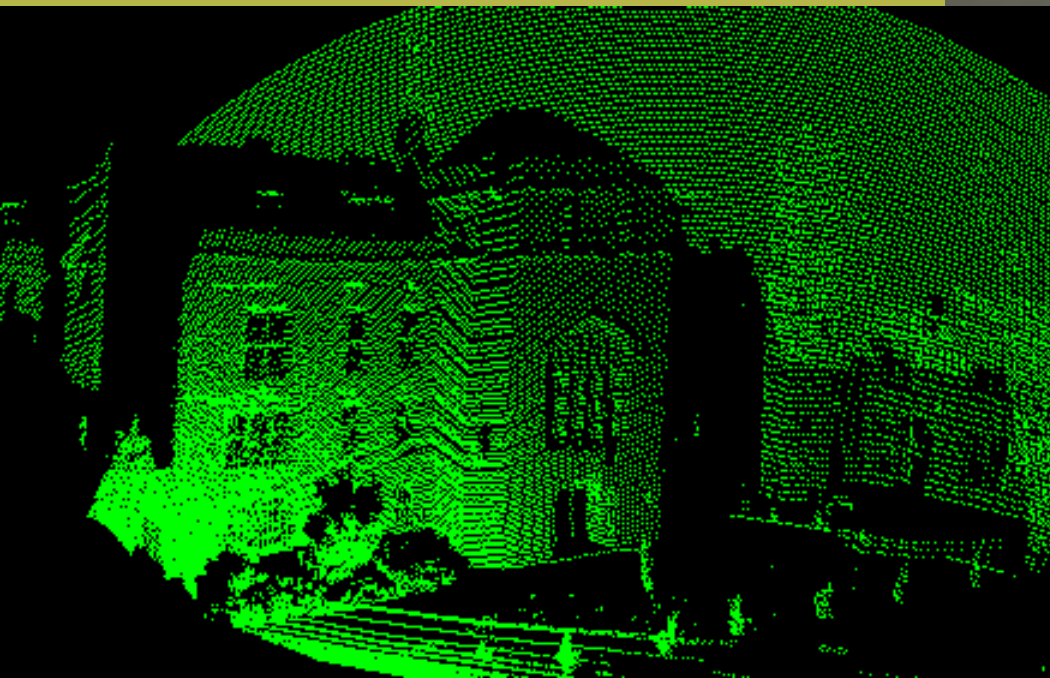
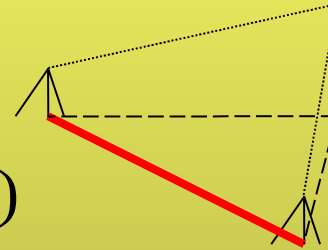
- Képek megadása
- (Illesztőpontok kijelölése)
- Kulcspontok és pontpárok keresése
- Háromszögelés, ritka pontfelhő
- (Illesztőpontok kijelölése)
- Sűrű pontfelhő (MVS – Multi-View Stereo)
- (DSM, Ortofotó. Háló, DTM)

Szoftverenként eltérő helyen lehet, de van ahol hiányzik is



# Illesztő pontok meghatározása

- Térbeli előmetszés
- Poláris meghatározás (lézer távmérő)
- Laser scanner
- Robot geodéziai műszerek



# 3D kataszter, miért szükséges a 3. dimenzió?

Jogok kiterjedése a magassági értelemben (földalatti parkoló)

Kapcsolódó nyilvántartások igénye

- város tervezés,
- közművek,
- modellezések – pl. zaj, árvíz, ...

Könnyebben értelmezhető, szép, üzlet, ...

Jelenleg is három dimenziót kezelünk, de a harmadik az idő

FIG 3D kataszter munkacsoport

3 bizottság (Spatial Information Management) és

7 bizottság (Cadastre and Land Management)

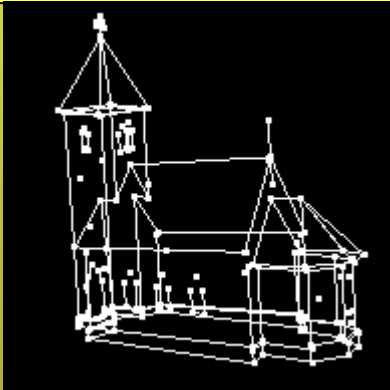
Három terület: Jogi, szervezeti és technikai

Hollandia, Norvégia, Izrael



# 3D modell elemei

## 3D Geometria



## 3D Topológia

Csomópontok, élek, lapok  
Szabályok

## 3D Textúra



## Attribútumok

| ID   | UTCANEV         | HAZSZAM | ZSZA | RSZAM | UJUTCA   |
|------|-----------------|---------|------|-------|----------|
| 0    | óceán-árok utca | 29      | 29   | 1048  | ÓCEÁN-ÁR |
| 0    | óceán-árok utca | 31      | 31   | 1048  | ÓCEÁN-ÁR |
| 0    | óceán-árok utca | 33      | 33   | 1048  | ÓCEÁN-ÁR |
| 2502 | madách utca     | 16a     | 16/A | 1046  | MADÁCH U |

## 3D függvények

# Egy projekt

Háromdimenziós térkép készült New Yorkról

Célok:

Új pontosabb áradási térkép

Tetőkataszter, napkollektorok elhelyezése

Két Shrike Commander kisgép

LIDAR

1 km-es magasság

Felmérés kb. két hét



# BIM (Building Information Modeling)

Egy létesítmény fizikai és funkcionális tulajdonságainak digitális reprezentációja (3D + idő + költség = 5D)

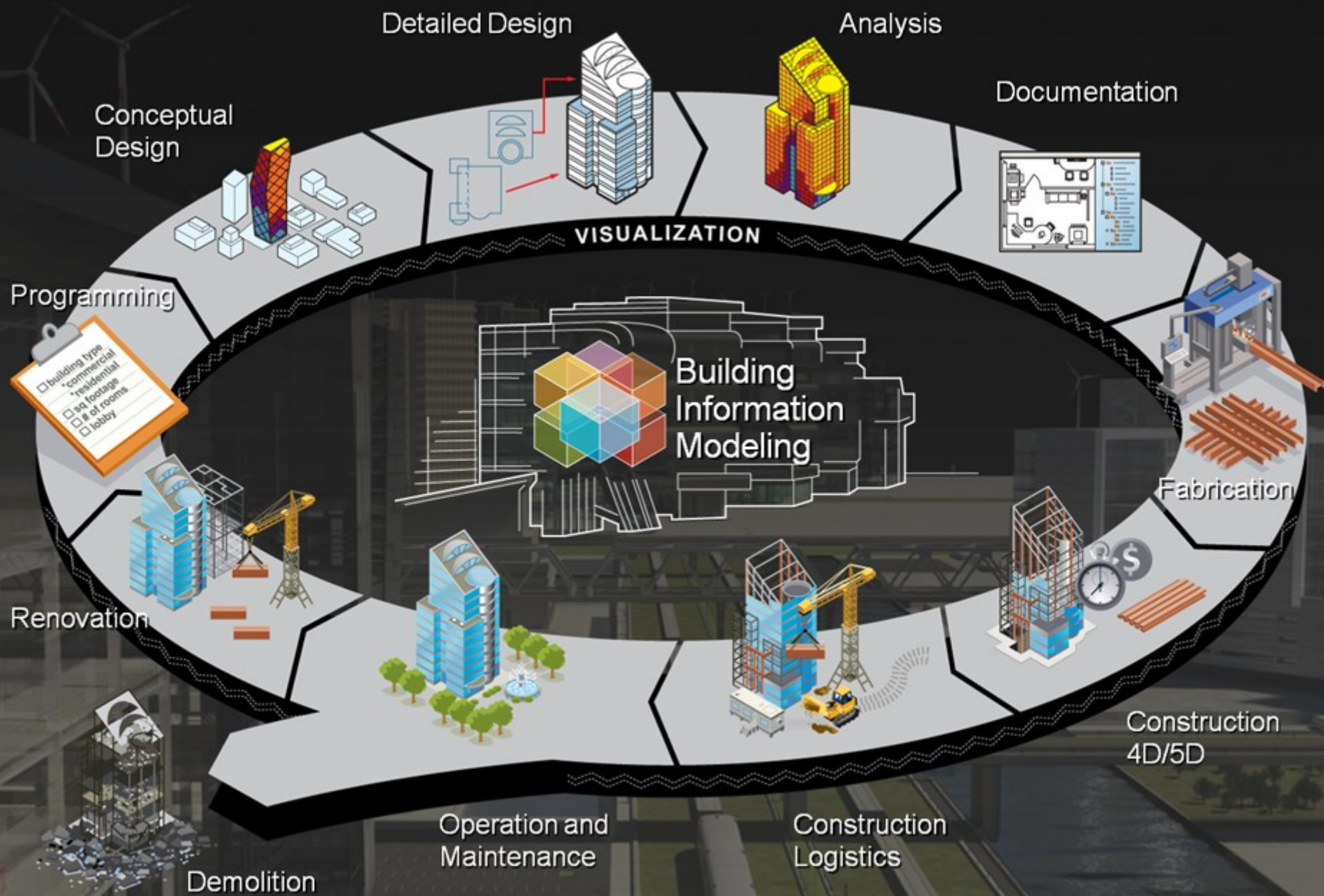
Közös platform a tervezés, kivitelezés üzemeltetés résztvevőinek

CAD szoftverekre épül (AutoCAD, Microstation, ArchiCAD)

Adatmegosztás felhőben

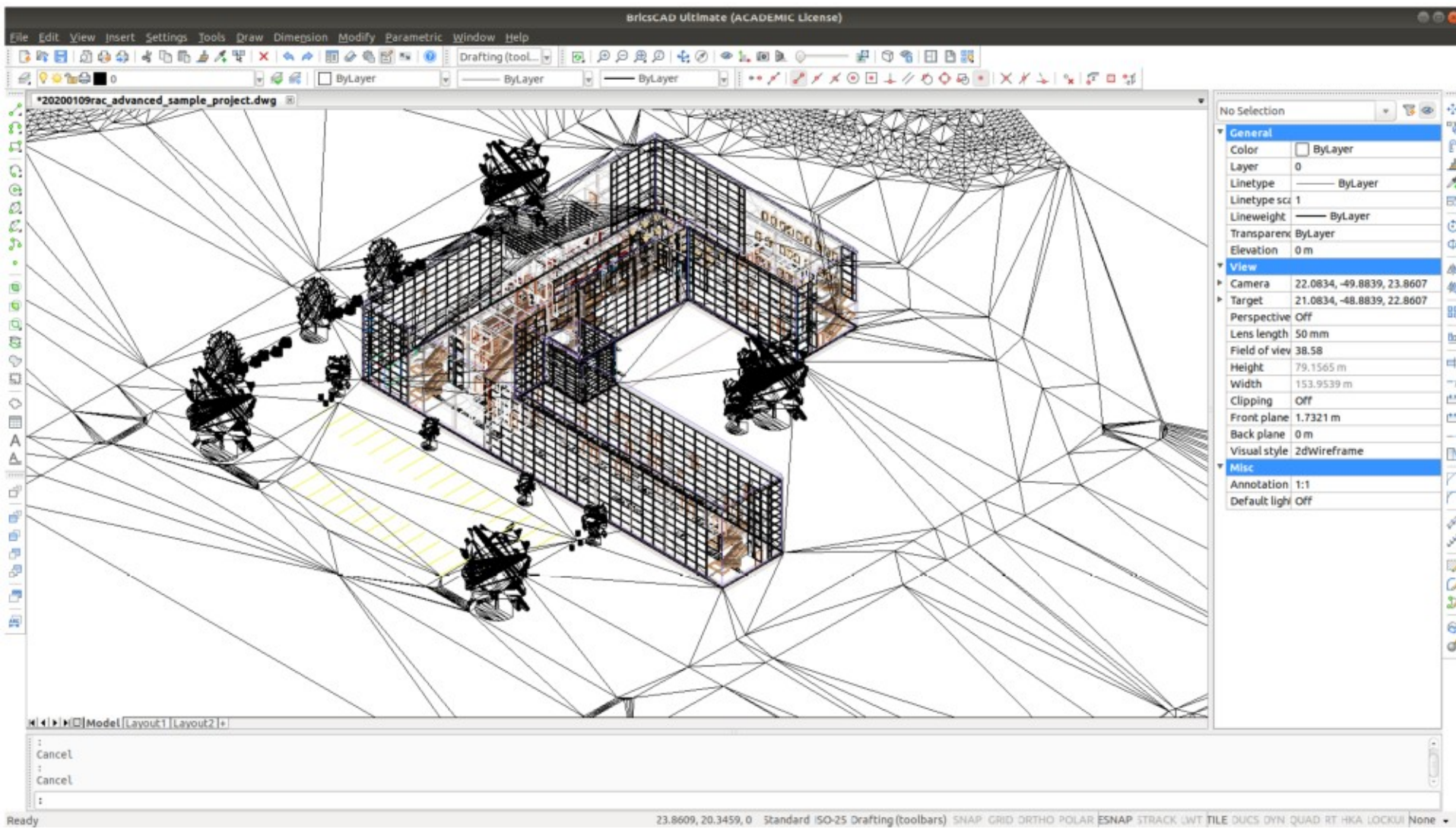
Ütközésvizsgálatok

Adatformátumok, szabványok (IFC – Industry Foundation Classes)



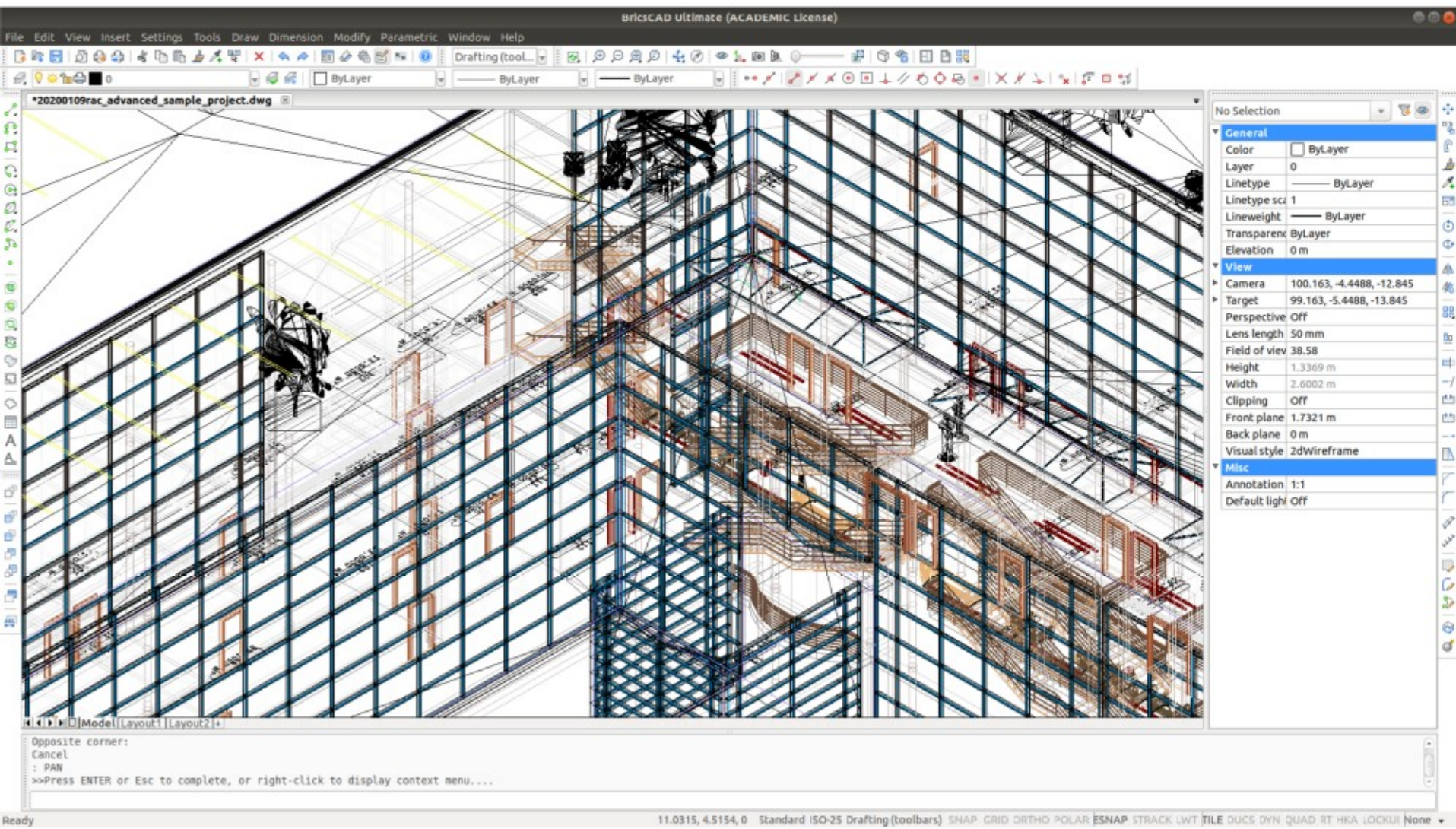


# BIM BricsCAD-ben





# BIM BricsCAD-ben



# VRML/X3D

Speciális leíró nyelv – Virtual Reality Markup Language

VRML 1 1995 (Silicon Graphics' Open Inventor ASCII formátum)

VRML 2 1996

VRML 97 (ISO/IEC-14772-1:1997)

X3D 2001 (VRLM -> XML)

.wrl (world) vagy xml fájlok

egyszerű szöveg fájlok,

platform független

Nyílt szabvány

Ingyenes megjelenítők

pl. view3dscene

Böngészőből (pl. X3DOM)

```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  geometry Box {
    size 1 1 1
  }
}
```

```
<x3d width='500px' height='400px'>
  <scene>
    <shape>
      <box></box>
    </shape>
  </scene>
</x3d>
```

# VRML/X3D folyt.

VRML/X3D által kínált lehetőségek

3D-s terek leírása (létrehozása?)

Objektumok mozgatása, animáció

Hiperlinkek (html, wrl)

Hang és videó lejátszás

Felhasználó interaktívan használhatja

Programokkal bővíthető funkcionalitás (java vagy javascript)

## Alkalmazási területek

Látványtervezés, város, lakás, stb

Reklámok, játékok, művészet

Oktatás (pl. ábrázoló geometria)

Turizmus (virtuális városok)

Szimuláció pl. gépészet



# Modell kialakítás CAD-ben

3D objektumok (3DFACE, SPHERE, WEDGE, CONE, st.)

Nézetek (felül, oldal, elől), több viewport

Axonometrikus, perspektivikus megjelenítés

Anyagminták

Fényképek előkészítése (kivágás, transzformálás)

Fényképek beillesztése

# SketchUp

Gyors, egyszerű 3D-s szerkesztés

Egyszerű egérműveletek

SKP formátum

Méretek, elhelyezés átvétele térképből

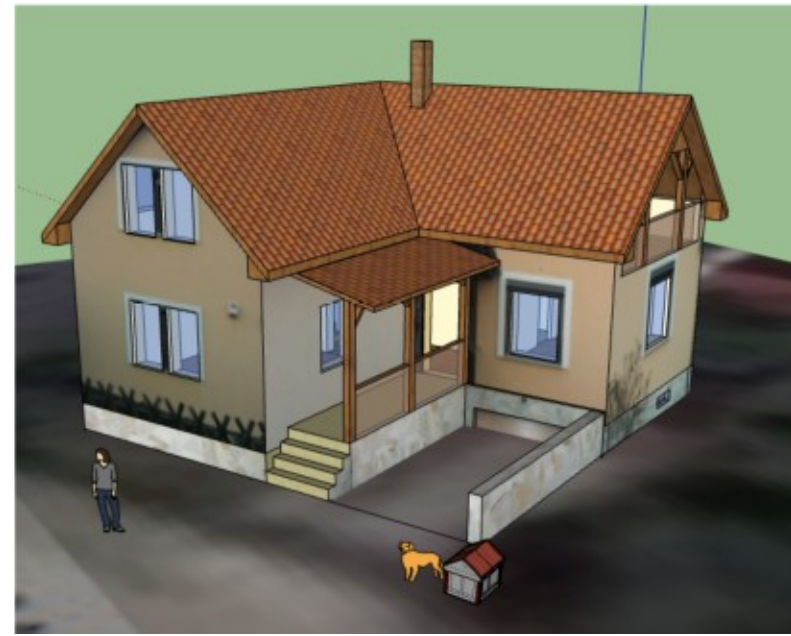
Saját képek előkészítése és beillesztése

Ingyenes (felhő alapú) és profi (fizetős) változat

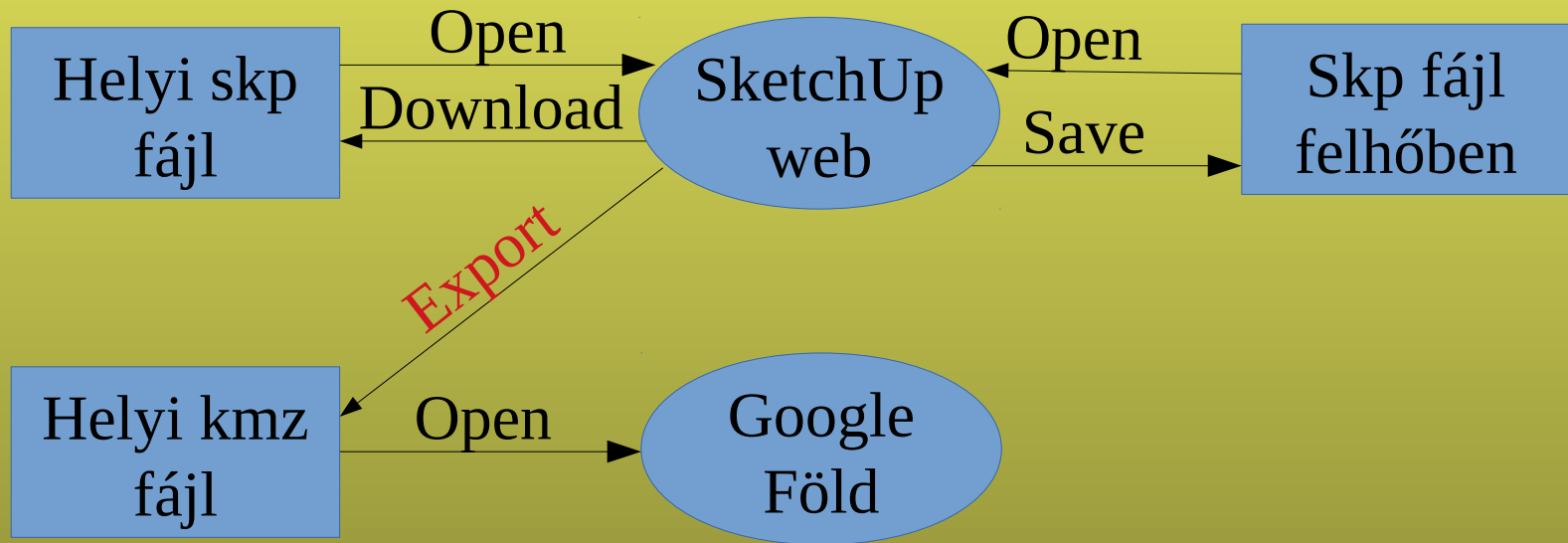
SketchUp for Web

SketchUp Make2016

(utolsó ingyenes asztali változat)

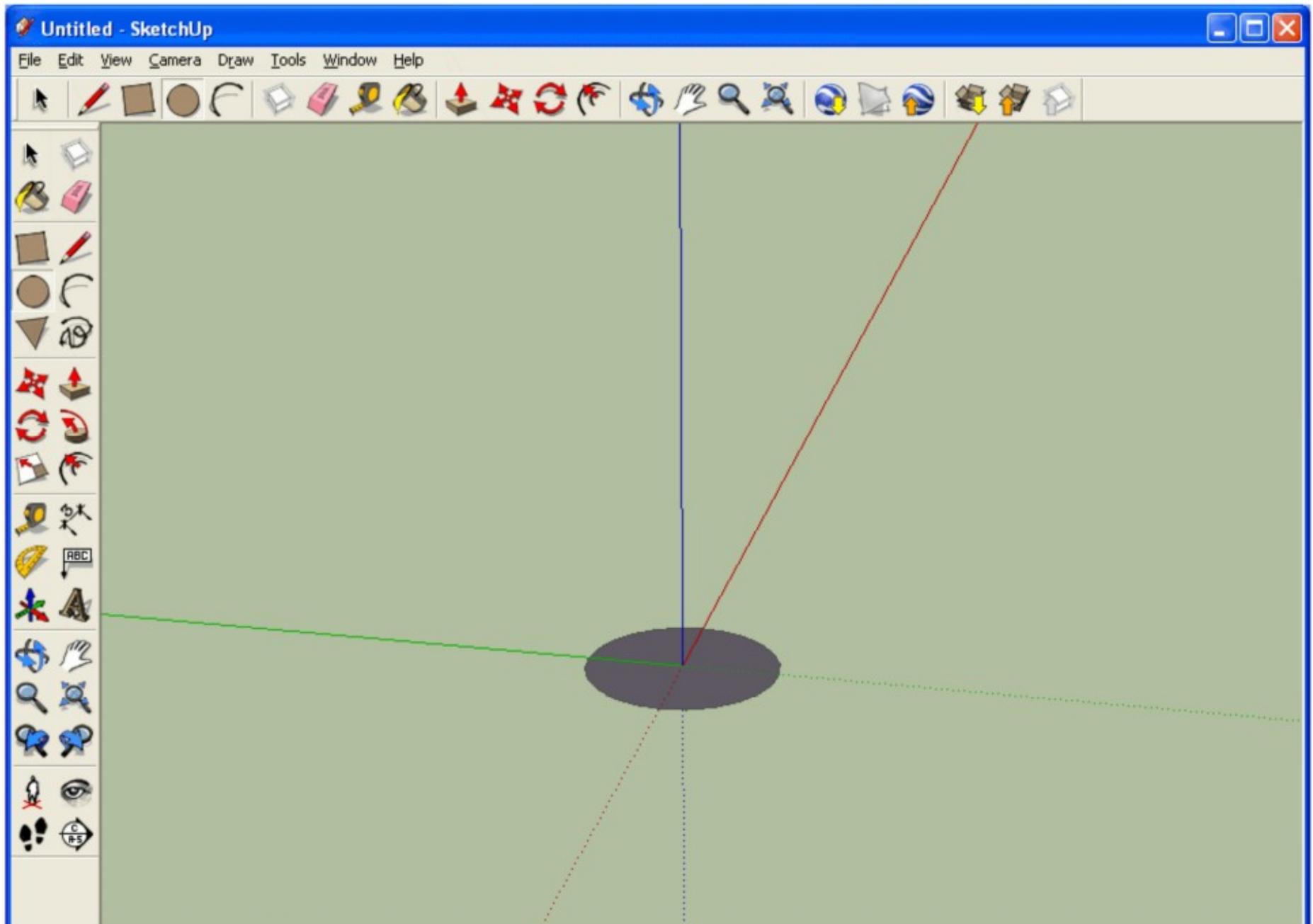


# SketchUp web munkafolyamat



Export csak Pro verzióban vagy SketchUp 2016 Make-ben!

# Sketchup - forgástest





# SketchUp – egyszerű épület

