



GeoEdu Magyarország Kft.

Székhely: H-1194 Budapest, Pákozd utca 15.

MatekElit: +36-20-979-9787

GeoElit: +3620-384-1007

Webcím: www.geoedu.hu E-mail: geoedu@geoedu.hu

Cégjegyzékszám: 01-09-297937

Adószám: 25948152-2-43

Bankszámla szám: 12011148-01598512-0010004



A 3D szkennelés elmélete és gyakorlata

Stenzel Sándor © - GeoEdu Magyarország Kft.



Céljaink és a pont, mint a geodézia alapja (avagy, a geometriai primitív)



A geodézia célja, a Föld fizikai felszínén (illetve speciális ágaként, az afelett/az alatt) található természetes és mesterséges tereptárgyak, alakzatok **helyének, méretének meghatározása**, azok jellemző pontjainak rögzítésével, illetve ezekhez topológiát rendelve, **reprezentálása a társadalom számára**.

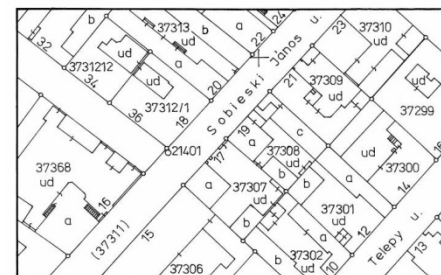
Ennek eszköze az ókortól a térkép! ...azaz a térkép nem a cél, hanem tevékenységünk eszköze!



A természetbeni állapot
jellemző pontjai
(**részletpontok**)



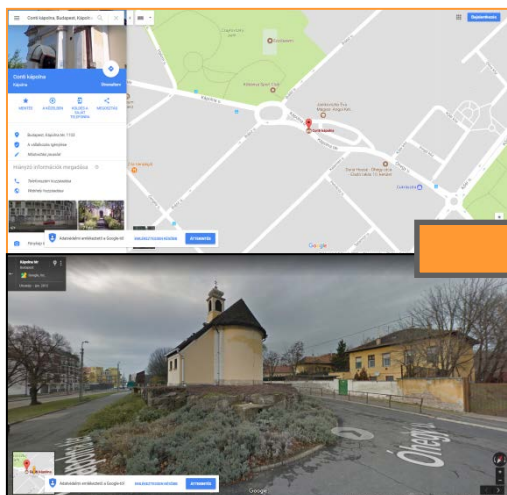
A jellemző pontokhoz rendelt
topológia: vonalak



Rétegek,
megírások,
jelkulcsok,
stb.:
térkép



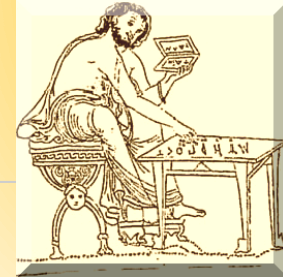
Gondolkodjunk 3D-ben!



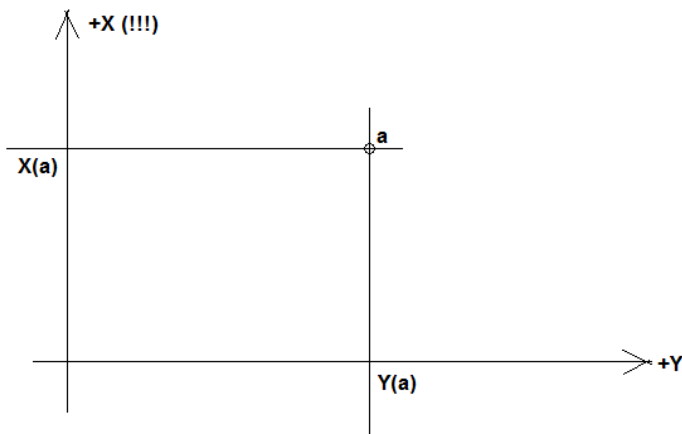
Íme, az új eszköz, amivel a terepi valóságot reprezentálhatjuk:
mérhető, barangolható 3D „virtuális valóság”



Koordinátarendszerek

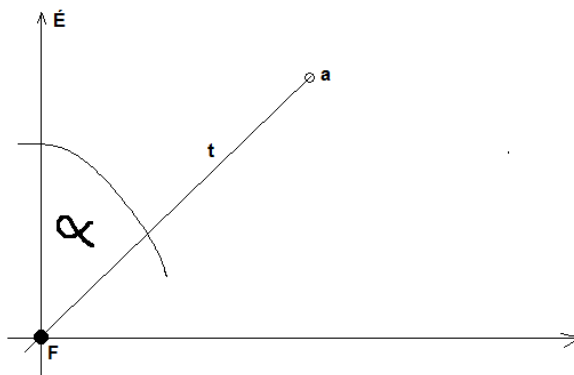


A derékszögű...



A pontot egy adott origóból kiinduló két, egymásra merőleges tengely mentén mért távolsággal jellemezzük

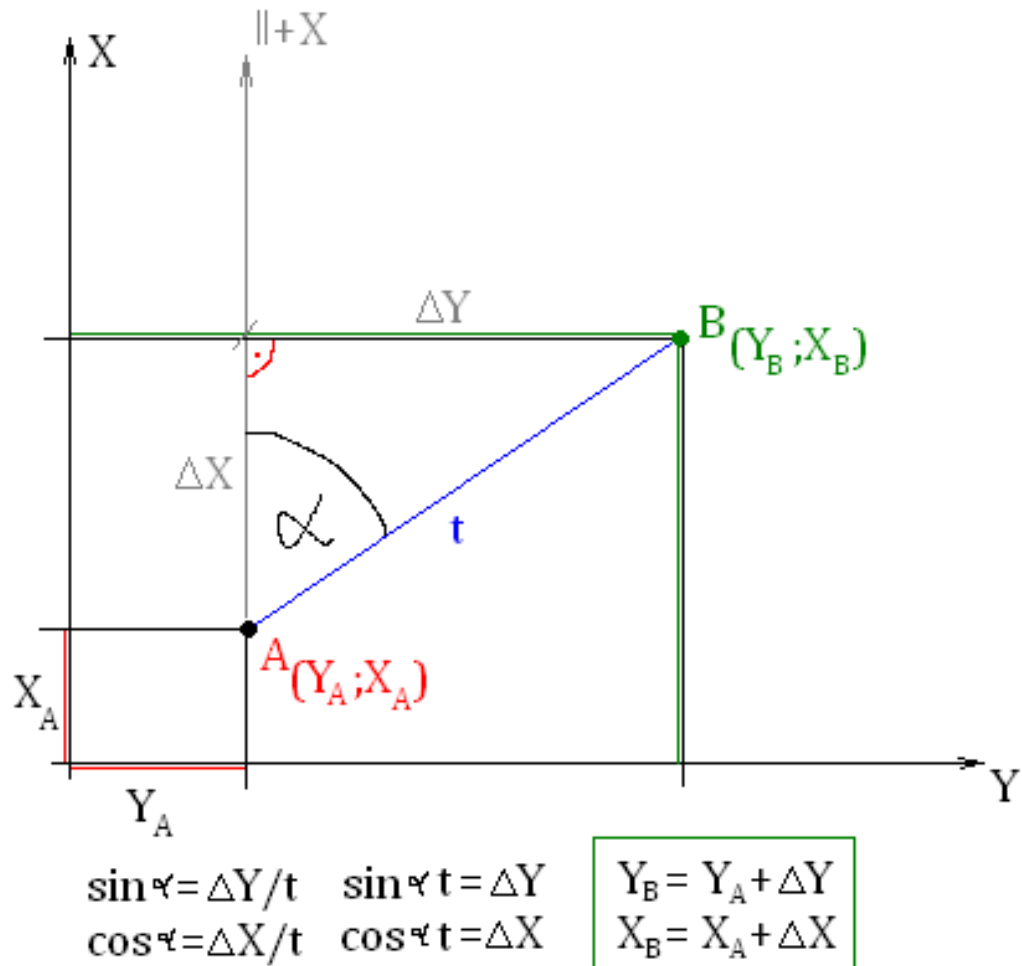
A poláris:



A pontot egy adott origóból kiinduló, valamely iránnyal (É) és ezen irányon az origótól mért távolsággal jellemezzük



I. és II. geodéziai alapeladat



Ismert adatok:

$A (Y_A; X_A)$

α_{AB}

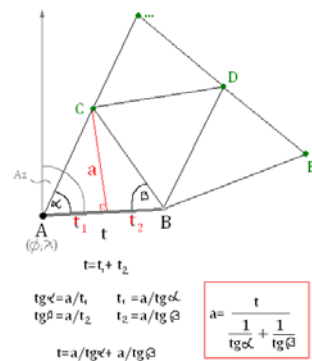
t_{AB}

Keressük:

$B (Y_B; X_B)$

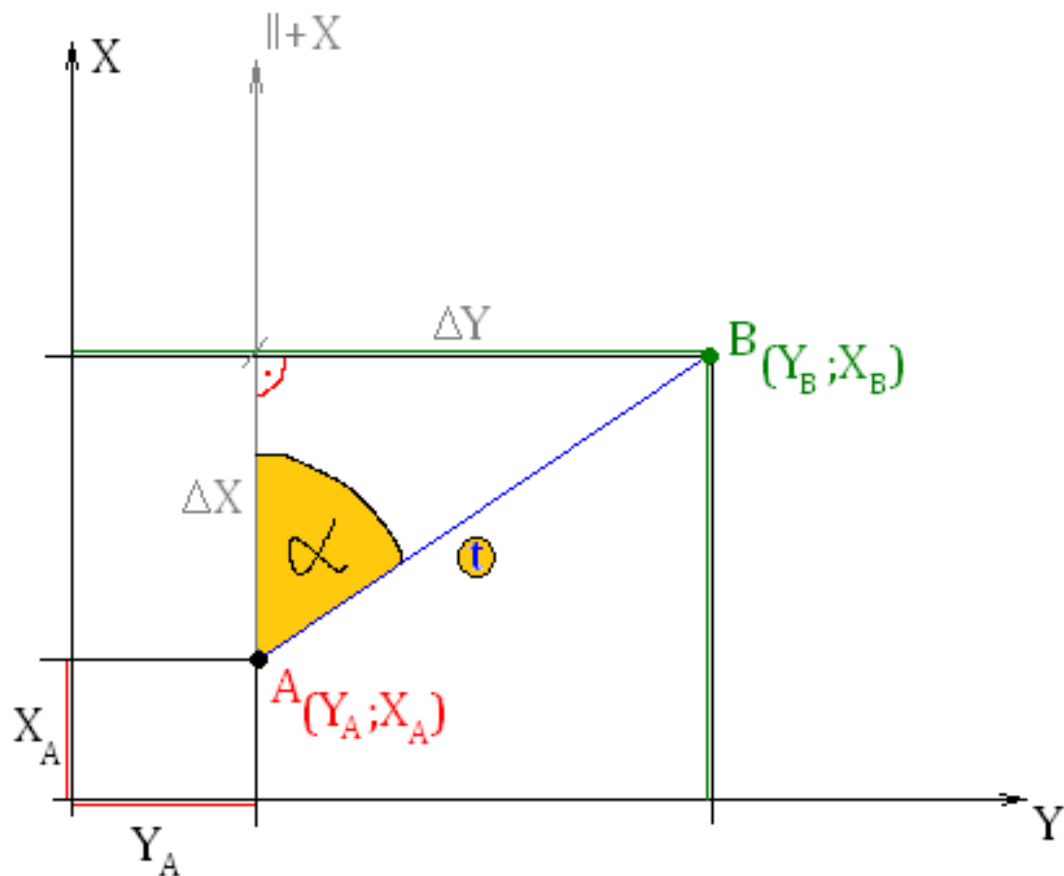


„Adjatok egy fix pontot, és én kifordítom sarkaiból a világot.” (Arkhimédész)





I. és II. geodéziai alapfeladat



Ismert adatok:

$A (Y_A; X_A)$

$B (Y_B; X_B)$

Keressük:

α_{AB}

t_{AB}

$$\alpha_{AB} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \arctg \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

$$t = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2} = \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2}$$



Ha megvan a térképen és a terepen szeretnénk megjelölni a helyét...

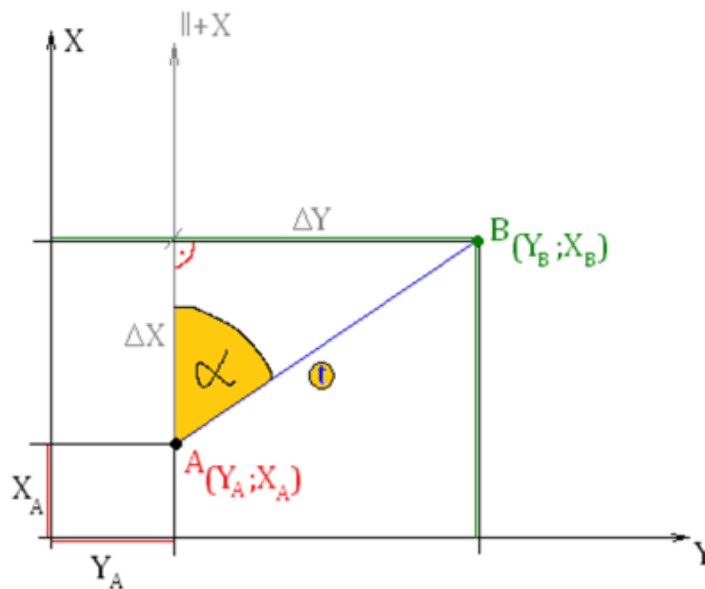


A geodézia másik fontos célja, a térképen tervezett pontok természetben való megjelölése.

Ez esetben ismerjük a (részlet)pont koordinátáit, a helyszínen kell azt „láthatóvá” tenni!



I. és II. geodéziai alapfeladat



Ismert adatok:

A (Y_A ; X_A)

B (Y_B ; X_B)

Keressük:

α_{AB}

t_{AB}

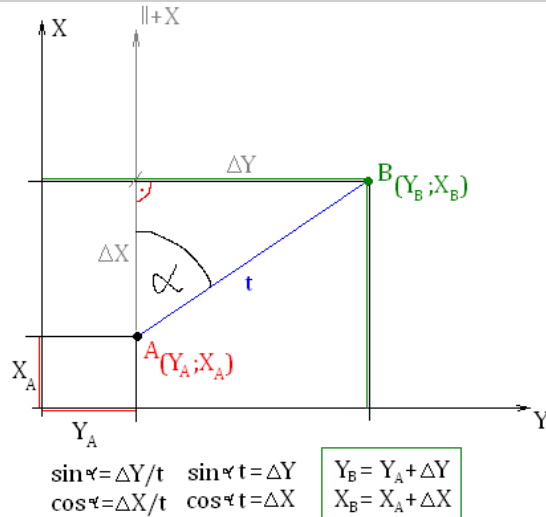
$$\alpha_{AB} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \arctg \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

$$t = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2} = \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2}$$





A 3D szkennelésről, mint technológiáról



Ismert adatok:

$A(Y_A; X_A); \alpha_{AB}; t_{AB}$

Keressük:

$B(Y_B; X_B)$



A 3D-állószkennelés egy

- ... nagyon gyors....
- ... prizmanélküli és
- ... futásidő mérésből származó, távmérésen,
- ... valamint szögmérésen alapuló ...
- ... poláris felmérési technológia.

Pontok vs. Pontfelhő





A 3D szkennerek felosztása „mozgási állapotuk” szerint



Statikus, álló szkennerek

- dómszkennerek / szektorszkennerek
- integrált kamerás /külső kamerás
- többszörös visszaverődés lekezelése: igen/nem
- GNSS igen/nem, integrált GNSS igen/nem
- ...



Mobil térképező rendszerek

- jellemzően integrált rendszerek
- közúti jármű, vasúti jármű, hajó mint hordozó





A 3D szkennerek felosztása „mozgási állapotuk” szerint



Beltéri mozgó felmérő rendszerek
- felületek összehasonlítása pontfelhőben



Drónszkennerek

A technológia beéri a sci-fik világát?





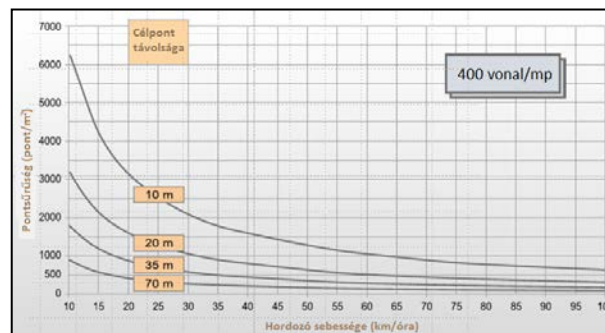
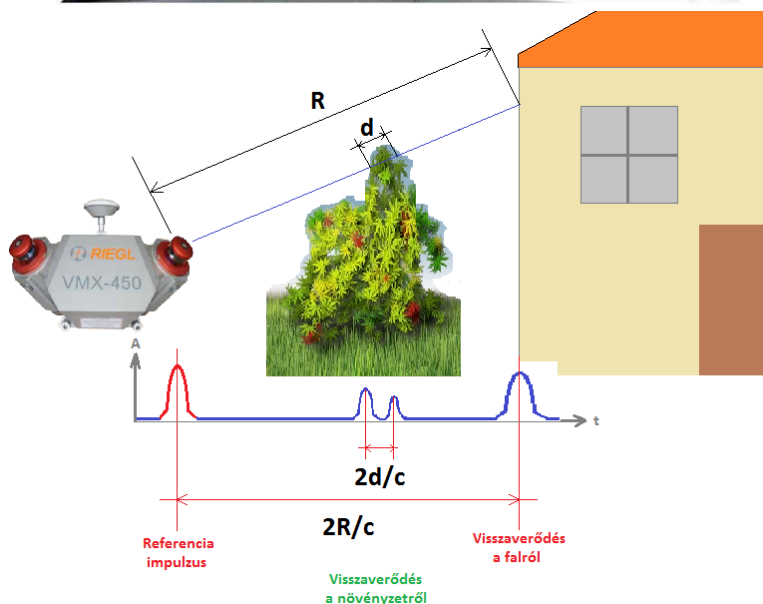
Rövid összefoglaló az MMS technológiáról: Riegl VMX-450

Az MMS (Mobile Mapping System) szkennerei

2 db Riegl VQ-450 3D-szkennер



- ToF (Time of Flight) elv
- Teljes hullámforma/hullámalak digitalizálás
- 1-lézerosztály
- X-elrendezés: $H_z - 120^\circ$; $V - 35^\circ$
- 1.1 millió pont/mp (összesen)
- 2 x 200 szkennelt vonal/mp
- Max. hatótáv: 140 m-220 m (1.1 MHz)
- Tükrök forgási sebessége: 200 Hz (12.000 RpM)
- 40km/órás sebességnél, 10 méteren ~2000 pt/m²





Rövid összefoglaló az MMS technológiáról: Riegl VMX-450

Az MMS (Mobile Mapping System) képalkotása



Riegl VMX-450 CS6 kamerarendszer

- 6 db kamera
 - 4 db széles látószögű
 - 2 db keskeny látószögű
- 5 Mpx felbontás



Kiegészítő képalkotási lehetőségek:



LadyBug 5 digitális kamera

- 6 x 5 Mpx felbontás
- 5 Gbit/s adatátvitel





Rövid összefoglaló az MMS technológiáról: Riegl VMX-450

Az MMS (Mobile Mapping System) pozícionálása

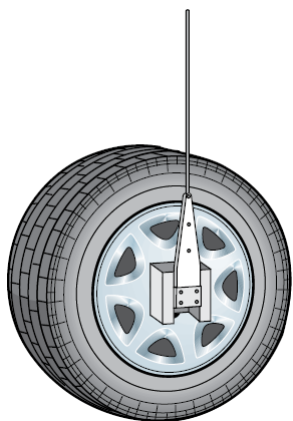


Trimble GNSS

- 2-frekvenciás, NAVSTAR+GLONASS RTK GNSS vevő
- 20 Hz adatfrissítés
- Utófeldolgozással alkalmazva

Applanix IMU (Inertial Measurement Unit)

- 3 tengelyű tehetetlenségi navigáció
- 200 mintavétel másodpercenként
- Billenés – Bólintás: 0.005°
- Elfordulás: 0.015°



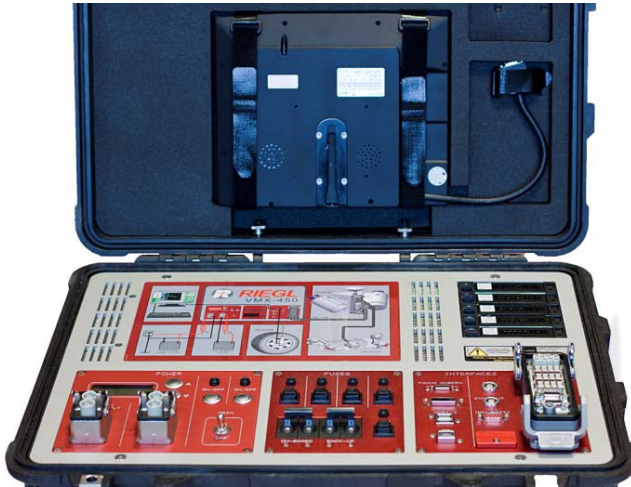
DMI (Distance Measurement Indicator)

- Odométer – kerékelfordulás mérő szenzor
- 1.5 mm-es felbontás



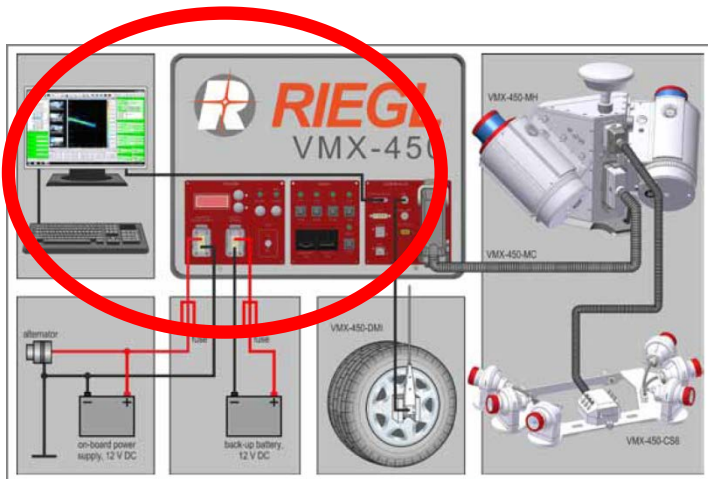
Rövid összefoglaló az MMS technológiáról: Riegl VMX-450

Az MMS (Mobile Mapping System) vezérlése



VMX-450 CU (Control Unit) - adatrögzítő és vezérlő egység

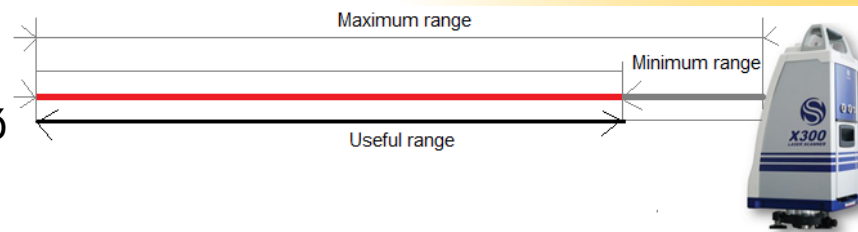
- Hordládába integrált
- 26 kg
- 5 db cserélhető, 250 GB-os merevlemez
- ~60 x 50 x 30 cm





Néhány gondolat a 3D állószkennerekről

Szkennelési hatótáv: a szkenner által megmérhető maximum és minimum távolság közötti különbség

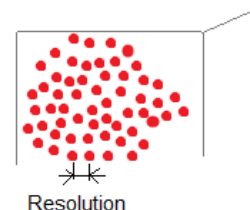


Észlelés nyílásszöge(i): szögtartomány(ok) a műszer vízszintes és magassági tengelyei körül, melyekben a szkennelés megvalósul

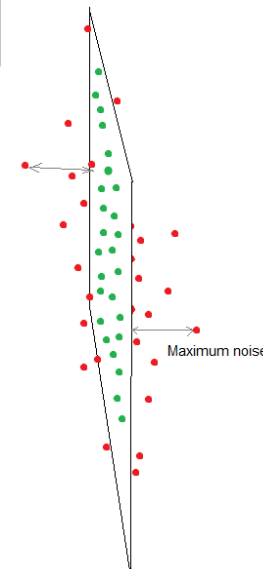


Szkennelési sebesség: a műszer mérési sebessége (pt/mp)

Felbontás: a szkennelt objektumon, két mért szomszédos pont közötti legkisebb, elméleti távolság. Általában 10 m-re adják meg a gyártók.

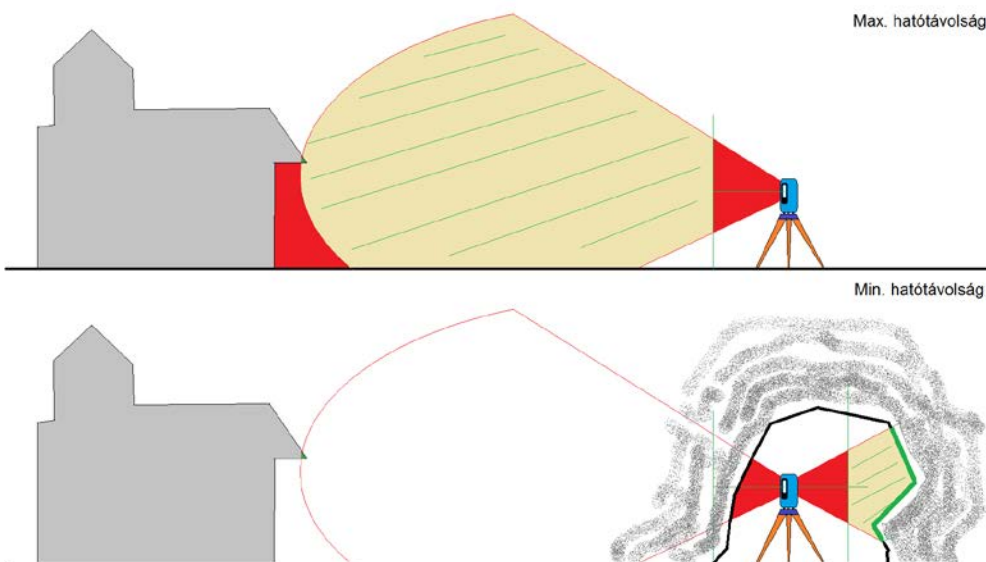


Megbízhatóság: más néven zaj(osság). A legnagyobb elméleti távolsághiba, melyet a műszer szkenneléskor vét. Statisztikai mérőszám, amit általában 1 szigmára adnak meg a gyártók.





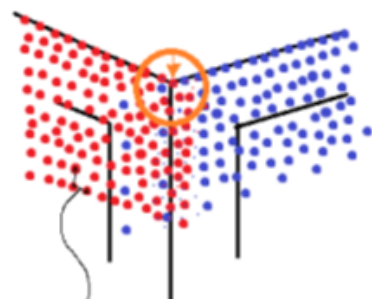
Óhatatlan korlátok állószkenneléskor



Minimum és maximum hatótávolság (1.5 m – 300 m)

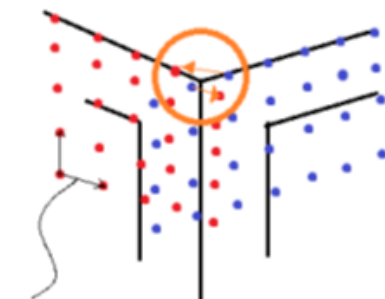
Mindkettő ismerete fontos az álláspontok kijelölésekor!

Pontfelhő illesztési hiba kisebb, ha...



...nagyobb a felbontás a szkennelt objektumon.

Pontfelhő illesztési hiba nagyobb, ha...



...kisebb a felbontás a szkennelt objektumon.

Felbontás pontos megválasztása

A részletek plasztikus megjelenítése mellett, az illeszthetőség miatt is releváns!



A Stonex X300 3D szkennerekről



Szkennelési hatótáv: (1,6 m) 2,5 m – 300 m;

Nyílászögek:

Hz: 360° (teljes panoráma)

V: 90° (-25°-tól +65°-ig)

Szkennelési sebesség: 40.000 pont/mp

Felbontás (max): 39 mm x 39 mm @ 100m (<4cm @ 100m)

Megbízhatóság: <6 mm @ 50 m (1σ=31%)...1,8 cm@50m (3σ=93,3%)
< 40 mm @ 300 m...
1,2mm@10 m(1σ)...3,6mm (3σ)



Súly és Méret: 7 kg (akkuval) és „215 mm x 170 mm x 430” mm

Belső memória: 32 Gb

Vezérlés: Bármilyen WiFi képes eszköz, Internet böngészővel (laptop, tablet, okos telefon) vezeték nélküli kapcsolaton keresztül, a szkennerek WebUI-n



A felbontásról és időráfordításról

Felbontás tárgy távolság szerint (X300):

Léptetés (cm) Szen táv (m)	H _z léptetés 10	V léptetés 10	H _z léptetés 30	V léptetés 30	H _z léptetés 50	V léptetés 50	H _z léptetés 100	V léptetés 100	H _z léptetés 200	V léptetés 200
Fine	0.3927		1.1781		1.9635		3.9270		7.8540	
Standard	0.7854		2.3562		3.9270		7.8540		15.7080	
Fast	1.5708		4.7124		7.8540		15.7080		31.4159	
Preview	3.1416		9.4248		15.7080		31.4159		62.8319	

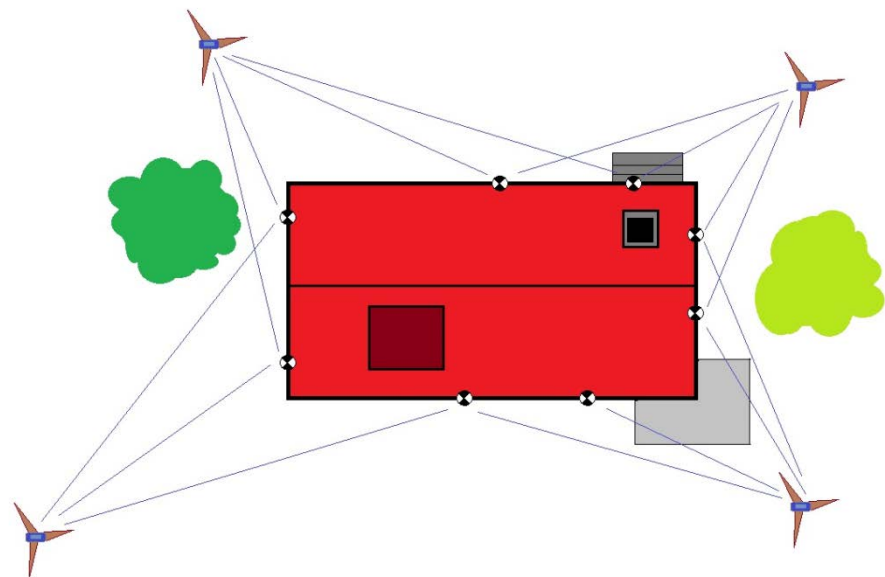


Mért pontok száma és időráfordítás (X300):

Felbontás	H _z felbont.(360°)	V felbont.(90°)	Összes pont	H _z léptetés(°)	V léptetés(°)	Időtartam x 360°	Oszlop/mp
Fine	16000	4000	64000000	1.350	1.350	1h 6m 40s	4
Standard	8000	2000	16000000	2.700	2.700	0h 16m 40s	8
Fast	4000	1000	4000000	5.400	5.400	0h 4m 10s	16
Preview	2000	500	1000000	10.800	10.800	0h 1m 2s	32



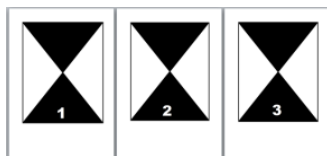
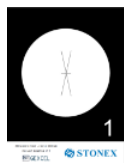
Szkennelési szabályok



Az objektumok felvételezésénél több álláspontra is szükség van.

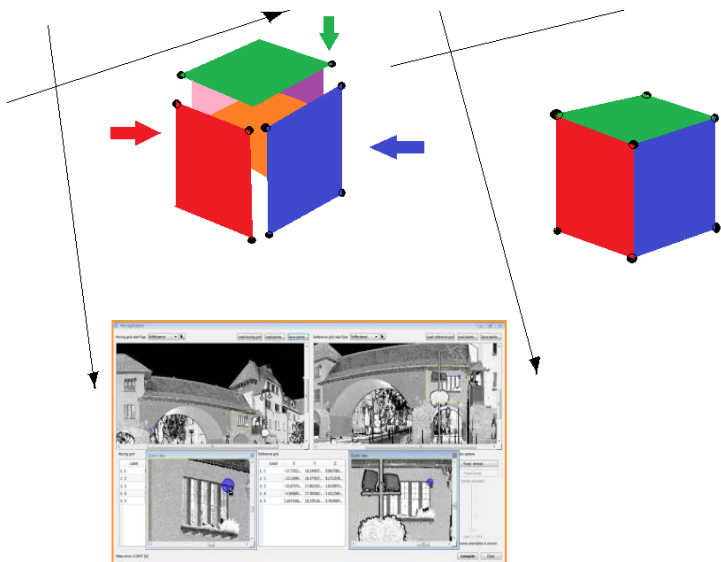
Éppen ezért az álláspontok előzetes helyeinek meghatározásakor ügyelni kell arra, hogy minél több, legalább a következő állásponttal egybelátható **jellegzetes pont** (relatív illesztőpont) kerüljön szkennelésre.

Ezek a munkafeladat jellegétől függően lehetnek a terepen **jól azonosítható** pontok (épületsarkok, ablakkeret pontok, aszfalt felfestések, csatorna könyökök, ...) illetve általunk kihelyezett **jeltárcsák**, kontrasztos céltáblák (un. targetek).





Illesztések a 3D pontfelhők világában

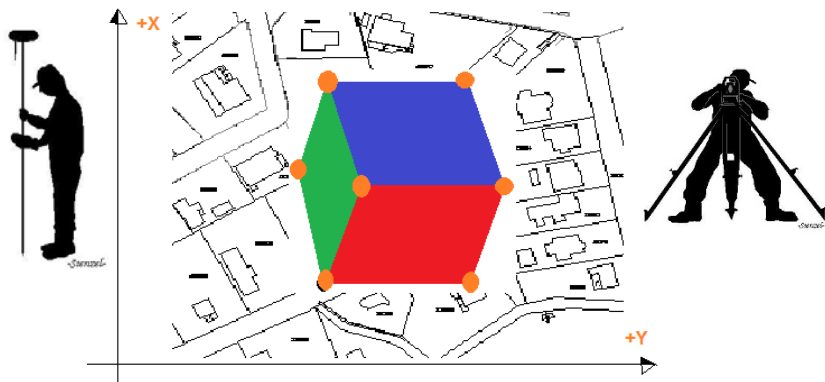


Pontfelhők relatív illesztése:

Több álláspontból származó pontfelhő egymáshoz illesztése közös pontjaik alapján.

Lehet: **automatikus** vagy **kézi**

Történhet: jellegzetes **terepi pontra** vagy **céltáblára**



Pontfelhők abszolút illesztése:

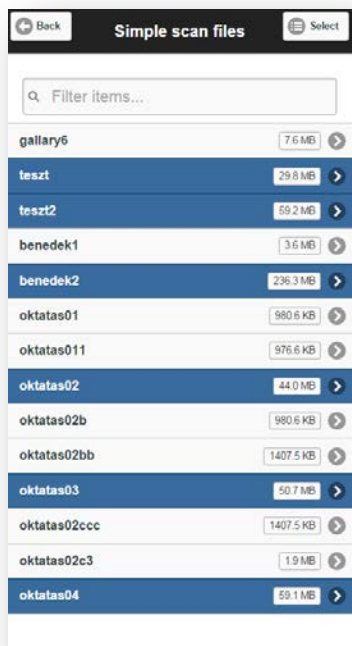
A relatív módon már illesztett pontfelhők együttes transzformálása valamely térképi rendszerbe (pl.: EOVS, adott építési hálózat)

Manuális módon történik: a terepi pontnak vagy céltáblának **koordinátát adunk**



Szkennervezérlés (Stonex X300)

Data Management



Vezérlés



Vezérlés



IP:192.168.1.11



Kiolvasás
(adatletöltés)



USB
kiírás



Szkennelési módok (Stonex X300)

Simple Scan:

Ház szög +felbontás (+kép) beállítás



Multi Scan:

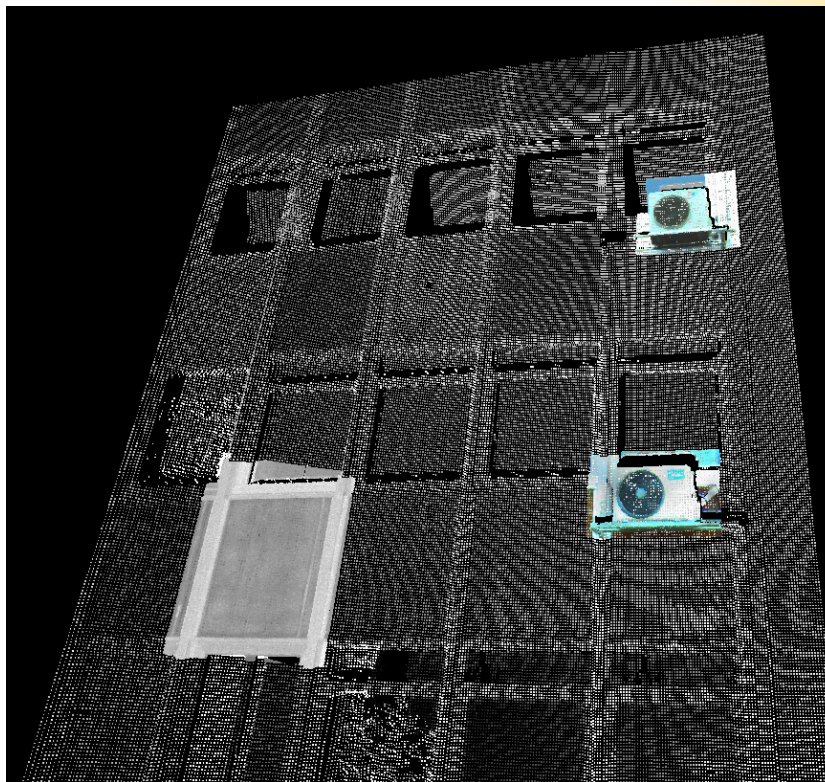
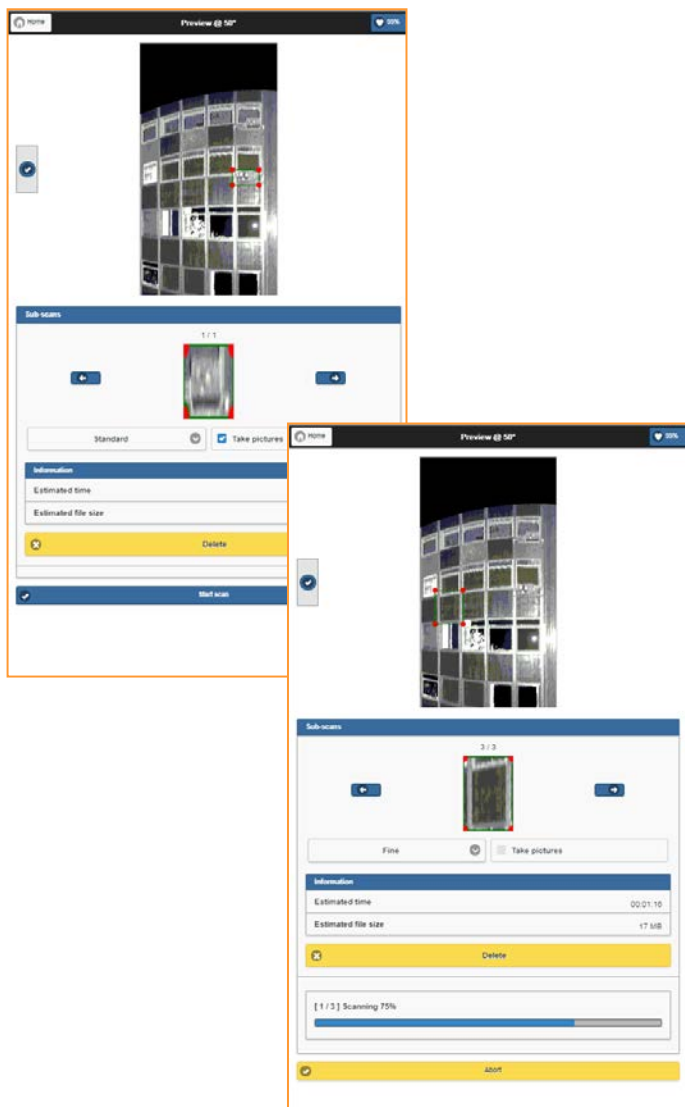
Átnézeti szkennépen akár több „jelölő dobozban” felbontás (+kép) beállítás





www.geoedu.hu

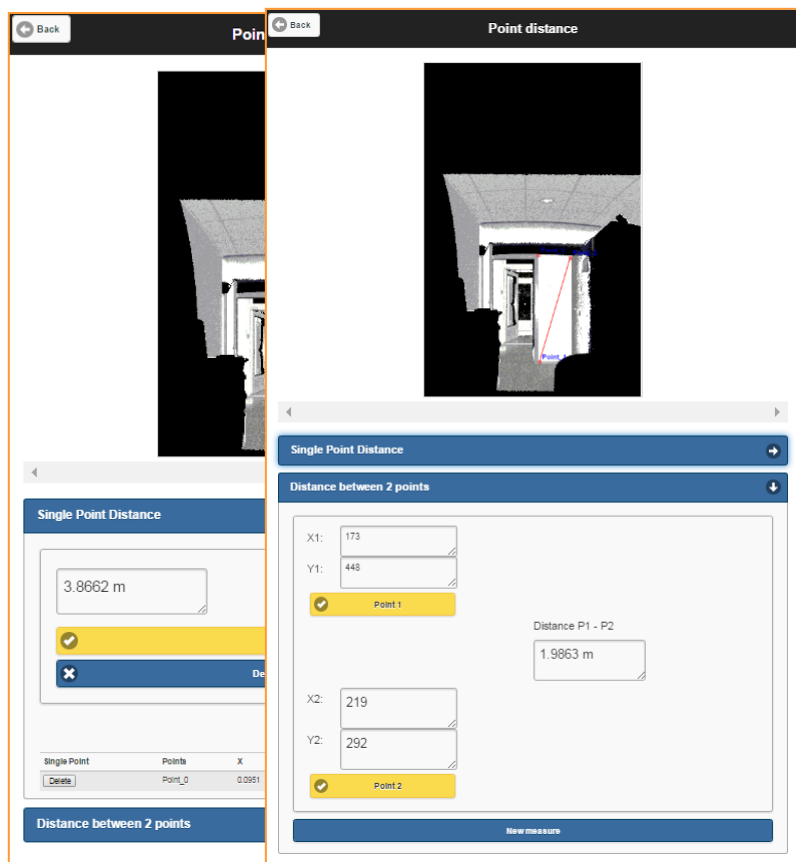
Szkennelési módok (Stonex X300): Multi Scan





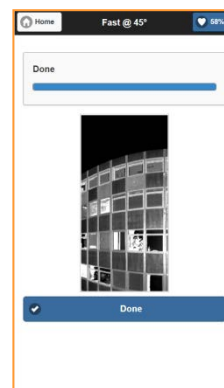
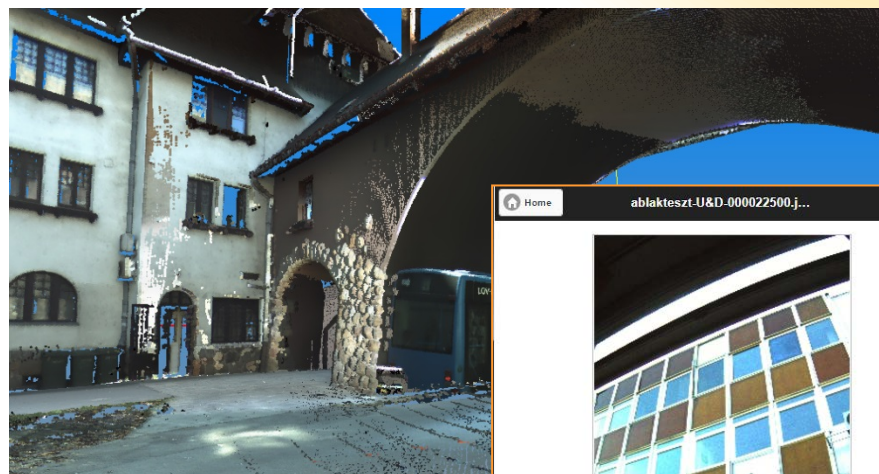
Szkennelési extrák (Stonex X300)

Mérés a szkennnerben, közvetlen a pontfelhőről:

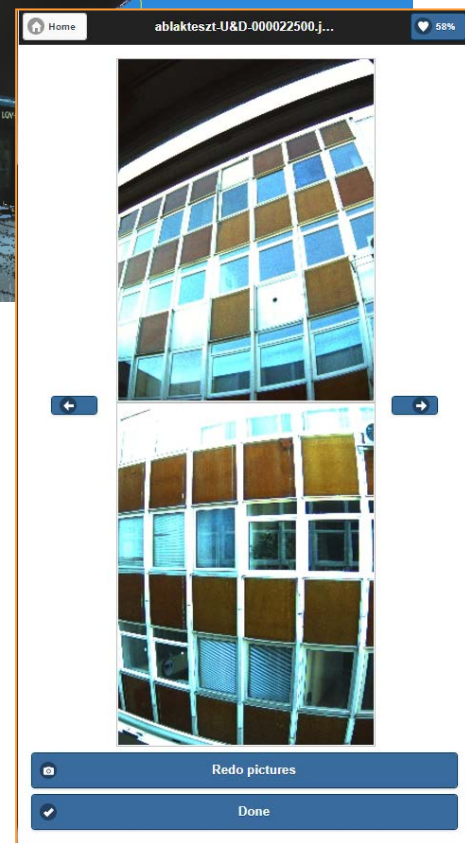


előadás1 - Jegyzetömb					
Fájl	Szerkesztés	Formátum	Nézet	Súgó	
Point	X	Y	Z	distance	
Point_0	0.0951	3.7713	0.8802	3.8662	
Point_1	0.1195	3.7706	-1.0558	3.9080	
Point_2	0.6866	3.7890	0.8477	3.9352	

Amit felhasználói kérésre (feedback) fejlesztettek bele:



„Redo pictures”
funkció





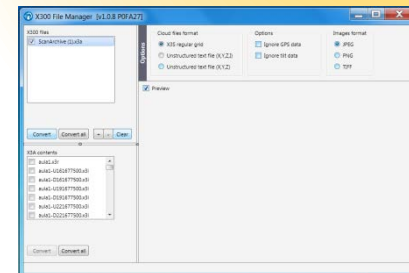
Szoftverháltér (Stonex X300)



Stonex X300 File manager

A terepi, tömörített szkennerek fájlok (*.x3a) kibontása történhet egyesével, vagy tömegesen.

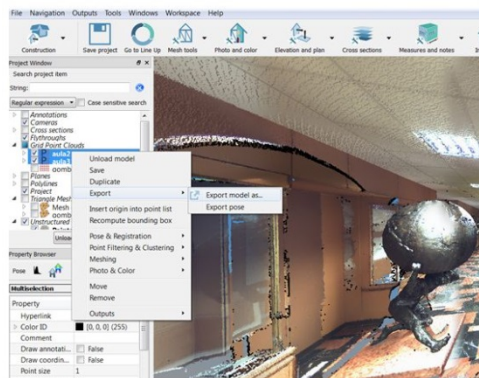
Keletkező fájlok: *.x3s – szkennfájlok; *.jpg – mérőképek (ha szkenneléskor fényképezett is a műszer); *.cal – kalibrációs adatok



Stonex Reconstructor

Teljes értékű feldolgozó rendszer, mely jellemzői:

- Moduláris felépítésű, fejleszthető
- Elsősorban pontfelhő és DTM kezelés (illesztés, szűrés, MESH,...)
- Vektorizálásra csak nagyon korlátozottan
- Szerkesztési funkciókhoz hardverkulcs használata szükséges
- Hardverkulcs nélkül demó mód, illetve 1 hónapos lejárta követően csak Viewer mód



pontfelhő

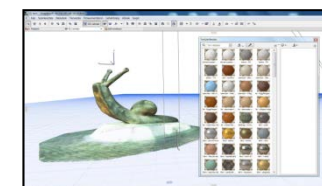
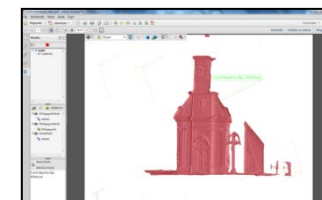
*.e57
*.rgp
*.txt
*.ptc
*.las
*.ply
*.ptx
*.rrf
*.ruf
*.pts

DTM (mash)

*.3ds
*.dxf
*.ply
*.vg3
*.stl
*.rtm
*.txt
*.wrl/vrlm

Rajzok (vonalak)

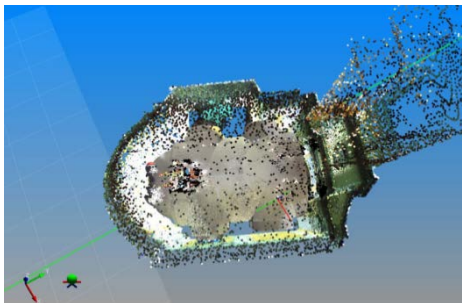
*.dxf



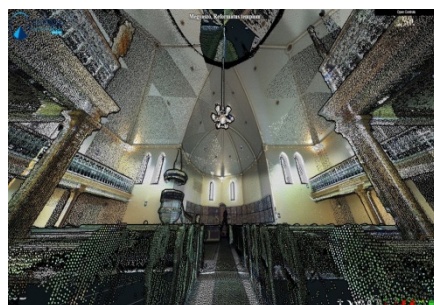
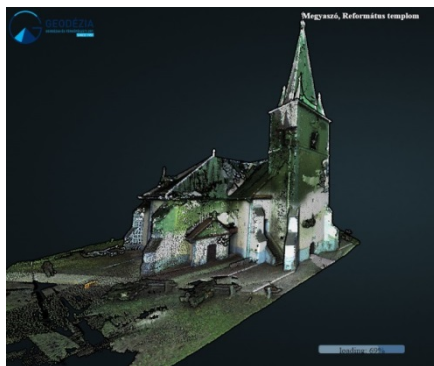


Néhány példa: pontfelhő kívül-belül az építészeknek

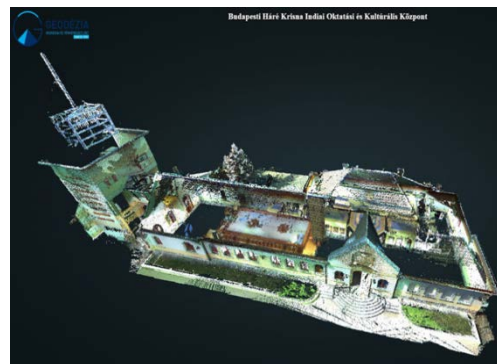
Conti-kápolna (Bp. X.)



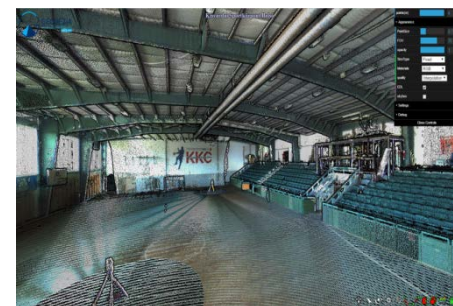
Megyaszoí Ref. Templom



Lélek Palotája



Kisvárdai Sportközpont





Néhány példa: pontfelhő „kívül-belül” az építészeteknek

Ócsa, Református templom külső-belső szkennelés:



36 álláspont

235 millió mért pont

Automatikus illesztés



[VIDEO indítása](#)



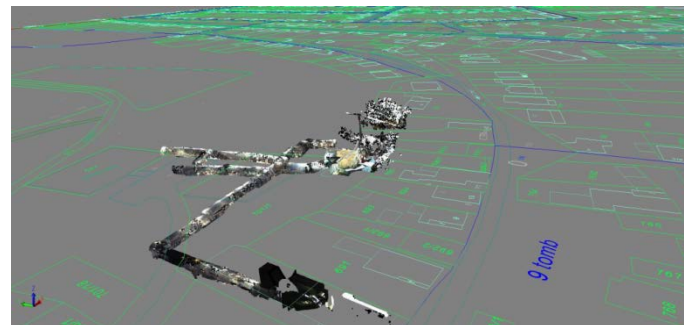
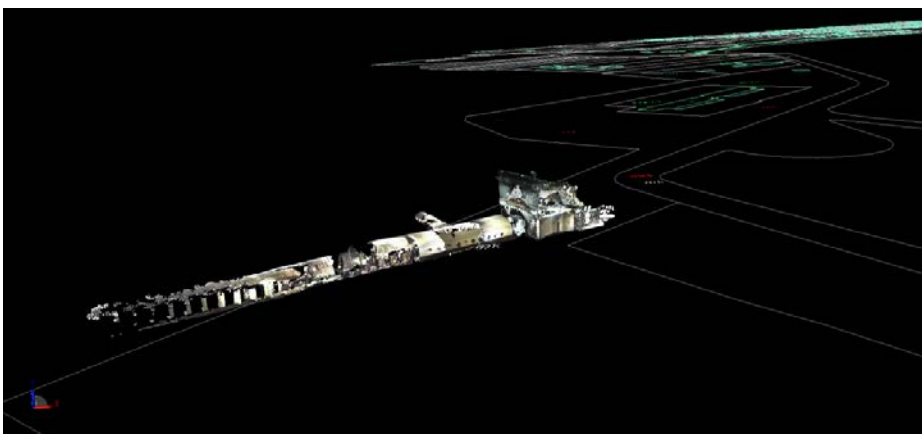


www.geoedu.hu

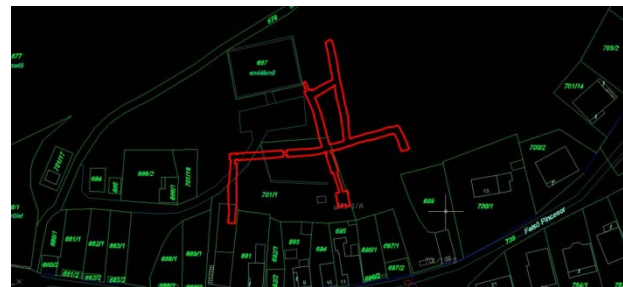
Néhány példa: pontfelhők a föld alatti térképezéshez



Szépasszony-völgy, 48-as pince



Szerencs, Budányi Pincészet

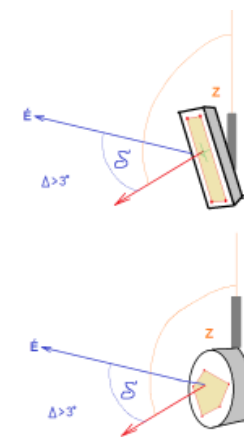
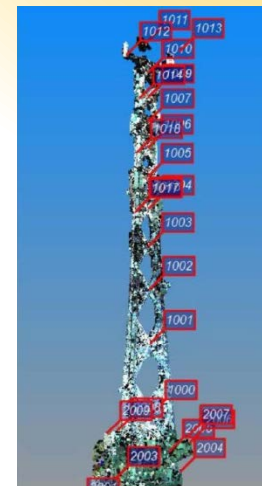




www.geoedu.hu

Néhány példa: pontfelhők a magasban

Telekommunikációs tornyok antennáinak vizsgálata, nyilvántartása





www.geoedu.hu

Nagy magasságok szkennelése, állószkennerrel

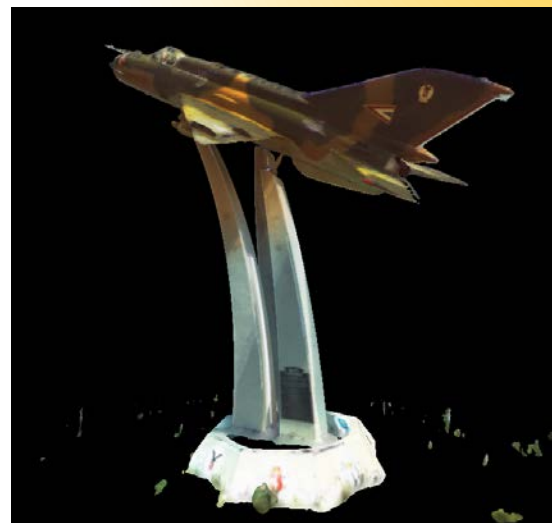
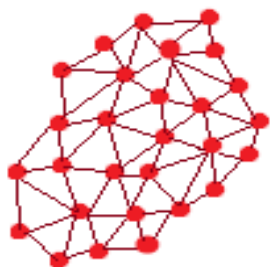
Speciális kiemelők, állványok használata

Magas objektumok szkennelése, avagy a nyílásszög és felbontás probléma kezelése

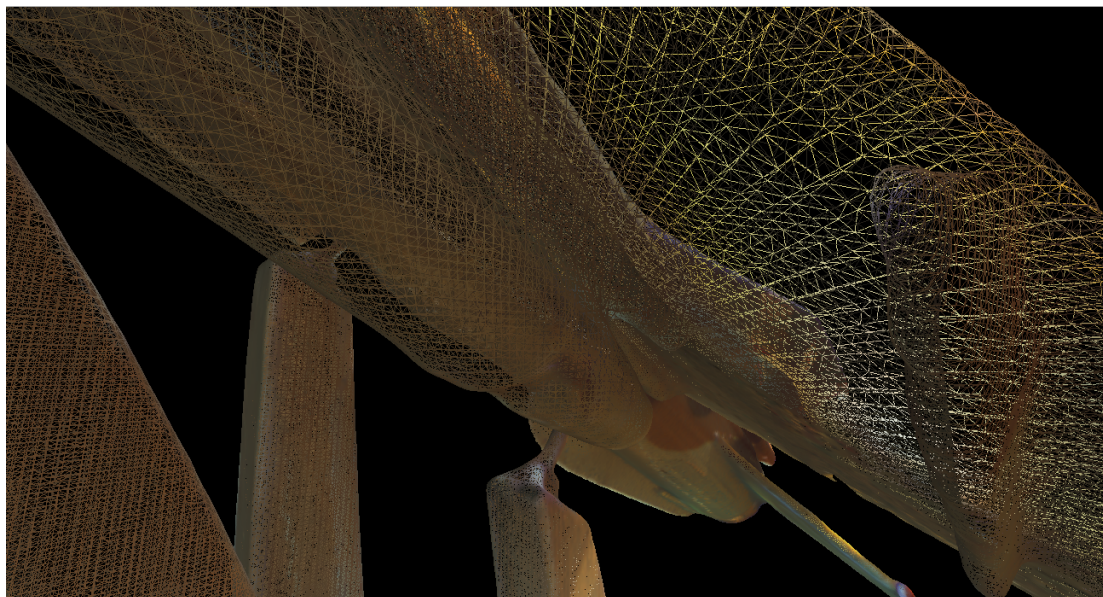




Példák a pontfelhőn túlról: 3D-modellezés (MESH és DTM)

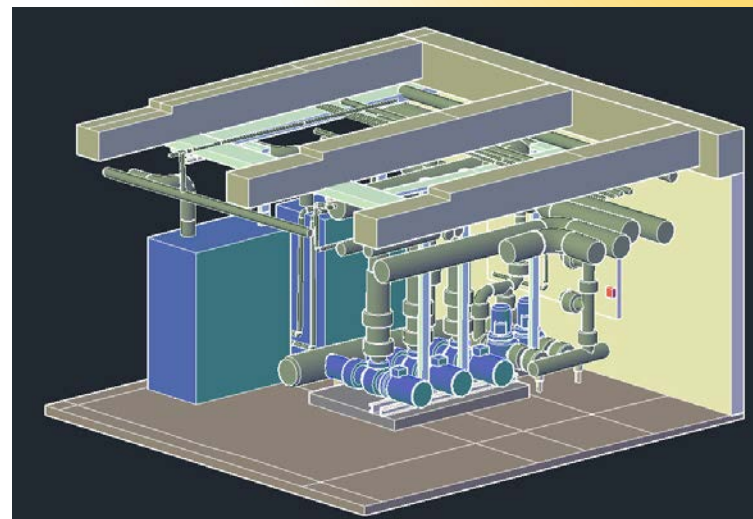
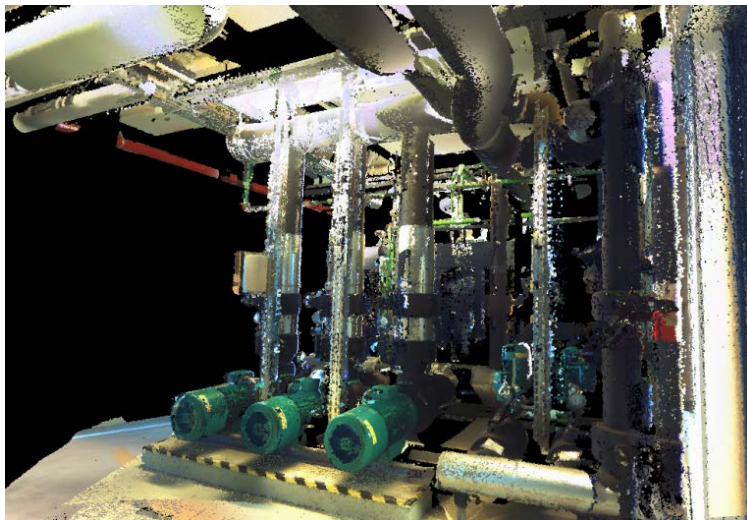
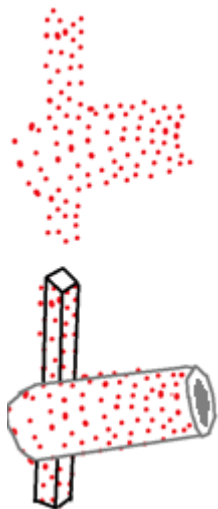


MIG21 vadászgép Digitális Terep Modell

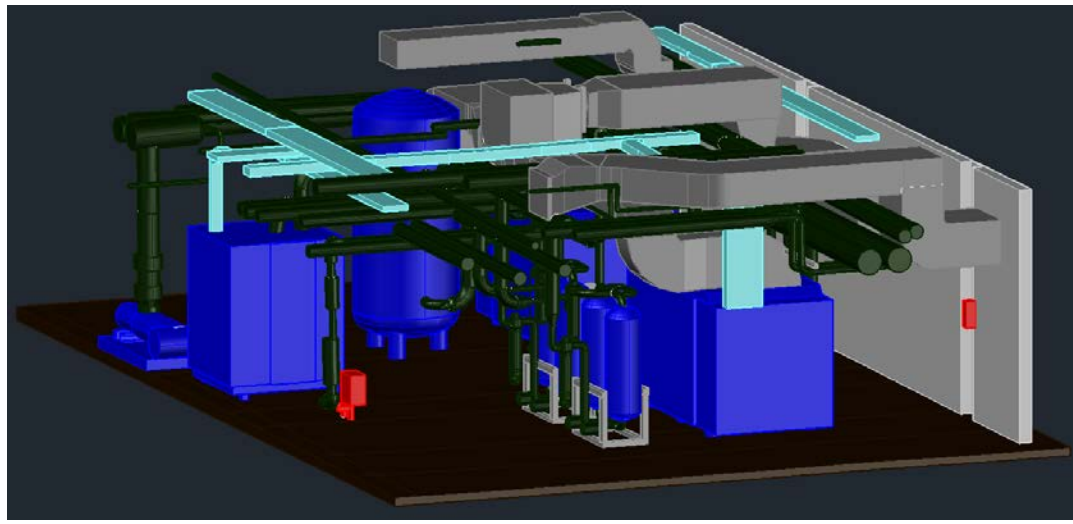




Példák a pontfelhőn túlról: 3D-modellezés - generalizálás

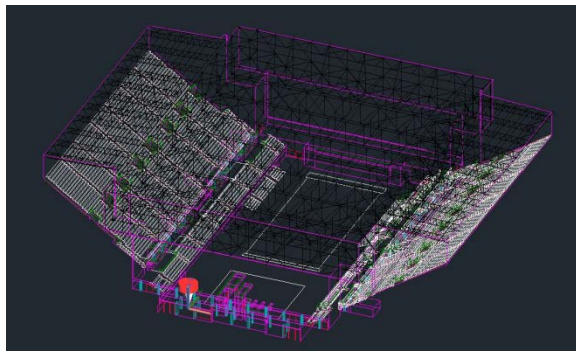
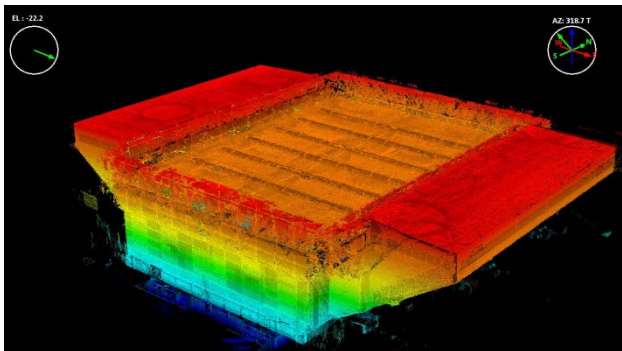


Ipari objektum ütközésvizsgálata: kompressorszoba modellezése pontfelhőből





Néhány példa: óriási belső tér



Belső tér és felmérése:
3 szkener

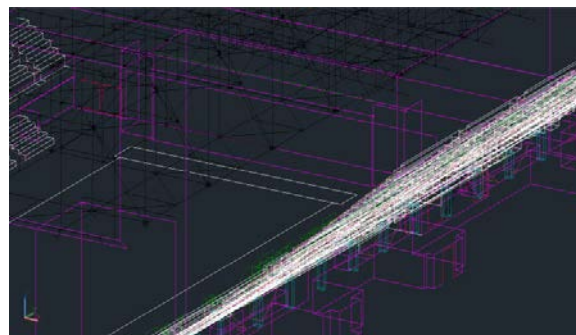
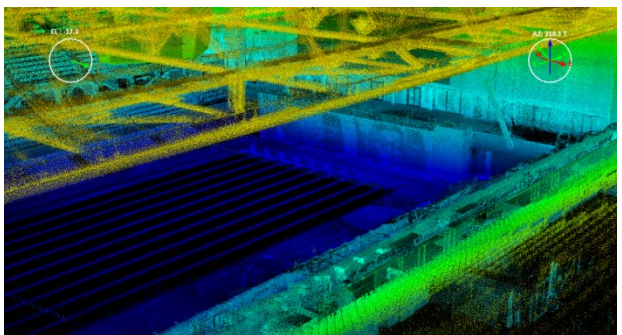
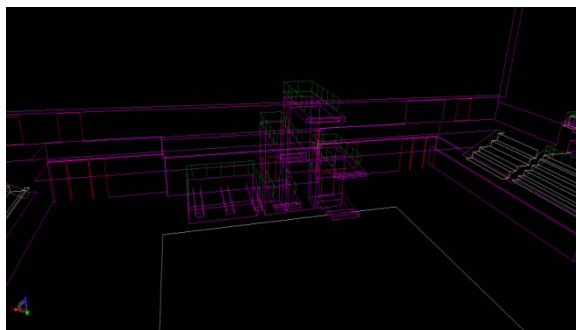
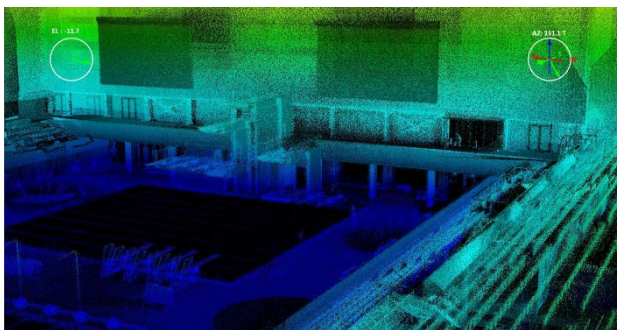
Standard felbontás
(7.8mmx7.8mm)

72 álláspont

~600 millió pont nyers
méréskor

~440 millió pont szűrés után

~ 10% kézi illesztés





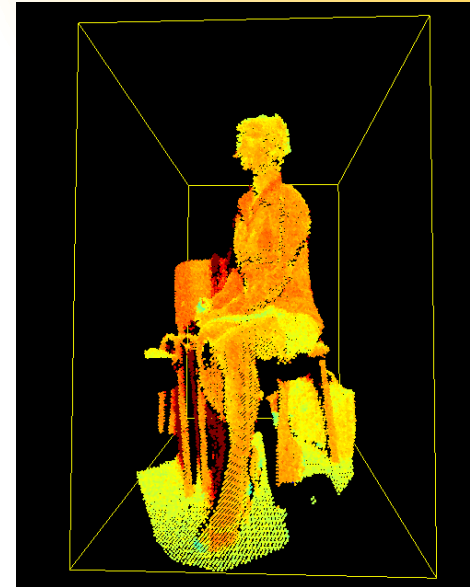
Miért jó és mi mindenre jó?

3D-szkennelés előnyei:

- A terepet hozzuk be az irodába
- Rövid terepi jelenlét mellett magas a gyűjtött információ mennyisége
- Nincs költséges újramérés
- Egy pontfelhő többször, többféle tematika szerint is kiértékelhető, „ELADHATÓ”
- ...

3D-szkennelés alkalmazási területek:

- Építészet, állapotrögzítés, homlokzatrajz
- Monitoring - változáskövetés
- Régészet, kulturális örökségvédelem
- Alaprajz készítések, metszetek, falvastagság megállapítás
- Kubatúra számítás (földtömeg számítás)
- BIM (Building Information Management) intelligens épületmenedzsment
- Ipari terek felmérése, 3D-modellezése, ütközésvizsgálata
- Filmkészítés, show-biznisz, 3D-játékok
- Baleseti és bűnügyi helyszínelés
- Út,- vasút mérés (nyomvályú, úrszelvény vizsgálat,...)
- ...





www.geoedu.hu

Végezetül...köszönöm a figyelmet!



Akárki, aki
abbahagyja a tanulást,
öreg, legyen bár 20
vagy 80 éves.
Akárki, aki
folyamatosan tanul,
fiatal marad.

Az élet legnagyobb
dolga az, hogy az
eszedet fiatalon
tartsd.

(Henry Ford)

www.geoedu.hu

Elérhetőségeink



H-1194, Budapest Pákozd u. 15.



<http://www.geoedu.hu>



geoedu@geoedu.hu



<https://www.facebook.com/geoedu.kft/>



<https://sketchfab.com/geoedu>