



DREAM
INVENT
CREATE

3D-technológiák, modellezés

3D SZKENNELÉS

REVERSE ENGINEERING

3D szkennelés

A 3D szkennelés egy **valós objektum** vagy **környezet elemzésének folyamata**, amely adatokat gyűjt annak **alakjáról** és esetleg a megjelenéséről (például a **színéről**). Az összegyűjtött adatokat ezután fel lehet használni **digitális 3D modellek elkészítésére**.

Egy 3D szkennerek sokféle technológián alapulhat, mindegyiknek megvannak a maga **korlátai, előnyei és költségei**. Például ipari számítógépes tomográfiai letapogatással és strukturált fényű 3D-s szkennerekkel roncsolásmentesen lehet felméréseket készíteni, melyekből digitális 3D-s modellek készíthetők. Számos nehézségbe ütközhetünk a digitalizálható objektumok felmérésekor, például az **optikai technológia** sok **nehézséggel** küzd **fényes, fényvisszaverő vagy átlátszó** tárgyakkal kapcsolatban.

Az összegyűjtött 3D adatok **sokféleképpen felhasználhatók**. Ezeket az eszközöket a szórakoztatóipar széles körben használja filmek és videojátékok fejlesztéséhez, ideértve a virtuális valóságot is. Ennek a technológiának további általános alkalmazásai a kiterjesztett valóság (AR), mozgásrögzítés, gesztusfelismerés, gépi látás, **ipari tervezés**, ortotika és prototípus készítés, **visszafejtés (reverse engineering)** és **prototípus készítés, minőség ellenőrzés** és kulturális műtárgyak digitalizálása.

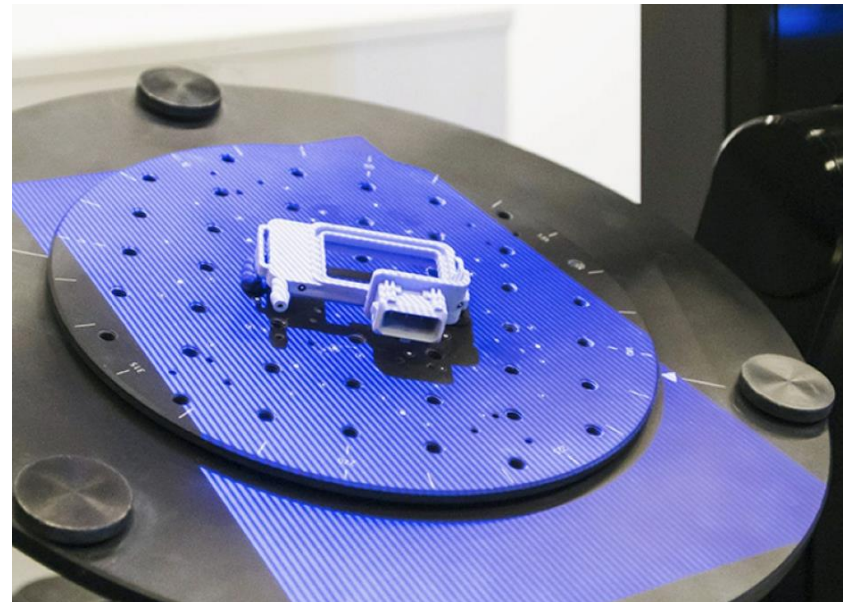


Reverse engineering - visszafejtés

A reverse engineering vagy másnéven a visszafejtés a **meglévő alkatrészek** vagy termékek **felmérését jelenti**, hogy betekintést nyerhessünk azok **tervezési hátterébe és gyártásába**. Ez általában magában foglalja az összes alkatrész és szerelvény **teljes szétszerelését** és dokumentálását, melyet jellemzően **számítógépes digitalizálás** követ, hogy az alkatrészekből **3D modelleket** állíthassunk elő. A leggyakoribb alkalmazásai közé tartozik: **összetett** vagy organikus felületekből álló 3D fájlok létrehozása, alkatrészek **minőségellenőrzése**, és olyan alkatrészek mérése, melyekhez már **nem elérhetőek a tervezési dokumentációk**.

A visszafejtés két fő kategóriába osztható:

- 3D szkennelés
- Fizikai mérés

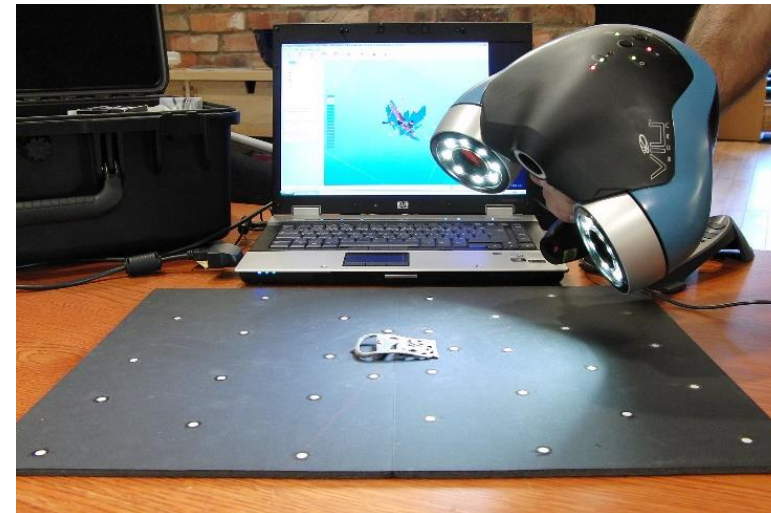


3D szkennelés elve

A 3D szkennelést végző **célja** általában egy 3D **modell létrehozása**. Ez a modell első körben a vizsgált alany felszínének **geometriai mintavételezéséből** létrejövő **pontfelhő**. Ezeket a pontokat a vizsgált alany **alakjának rekonstruálására** használjuk. Ha színinformációkat is gyűjtünk minden ponton, akkor a vizsgált alany felületén lévő **színek is meghatározhatók**.

A 3D szkennerek sokban **hasonlítanak a kamerákhoz**. Kúpszerű **látómezővel** rendelkeznek, és a kamerákhoz hasonlóan csak a látható, **kitakarás mentes felületekről** tudnak információkat gyűjteni.

Míg a kamera információkat gyűjt a látóterén belüli felületek színéről, addig a 3D szkennerek információkat gyűjtenek a **látómezőn belüli felületek távolságáról**. A 3D szkennerek által készített "kép" leírja a felület távolságát a kép minden pontján. Ez lehetővé teszi a kép egyes **pontjainak háromdimenziós helyzetmeghatározását**.



3D-modell készítése egy Viking övcsatról kézi 3D lézerszkennerek segítségével.

3D szkennelés technológiái

Alapvetően két típus csoportosíthatjuk őket: **érintéses** és **érintésmentes** felmérésre. Az érintésmentes megoldások további két fő kategóriába sorolhatók: **aktív** és **passzív**.



Bálnacsontváz 3D szkennelése

Érintéses 3D szkennelés

Érintéses

Fizikai érintés útján vizsgálják meg az tárgyat, miközben az egy csiszolt, precíziós, **sík felületű lemezen fekszik**. Ha a vizsgálandó tárgynak nincs sík felülete, vagy nem fektethető el stabilan egy sík felületen, akkor azt **egy rögzítőelem** támasztja alá és **tartja merev pozícióban**.

A **koordináta-mérőgép** egy példája az érintéses 3D-szkennereknek. Leginkább a **gyártásban használják**, és nagyon pontosan lehet vele mérni. Hátránya azonban az, hogy **meg kell érinteni** a vizsgált objektumot. Így az módosíthatja vagy **károsíthatja** azt. Ez a tényező nagyon fontos kényes vagy értékes tárgyak, például történelmi műtárgyak digitalizálásakor. Egy másik hátránya, hogy **viszonylag lassú** a többi szkennelési módszerhez képest. A kar fizikai mozgata, amelyre a szonda fel van szerelve, nagyon lassú, még a leggyorsabb gépek is csak néhány **száz hertzen** tudnak mérni. Ezzel szemben egy lézerszkennel, 10–1000 kHz-en is működhet.



Érintésmentes-aktív szkennelés

Érintésmentes-aktív

Az aktív szkennerek valamilyen **sugárzást vagy fényt bocsátanak ki**, és észlelik annak visszaverődését vagy az objektumon áthaladó sugárzását. Az alkalmazott emisszió lehetséges típusai: **fény, ultrahang vagy röntgen**.

Time-of-flight (ToF)

A ToF szkennerek **lézerfény** segítségével mérik fel a vizsgált alanyokat, működésük alapja pedig egy ToF lézeres **távolságmérő**. Ez úgy határozza meg egy felület távolságát, hogy méri a **fényimpulzus** oda-vissza megtett **útjának idejét**. Egy **fényimpulzust** bocsát ki lézer segítségével, majd megméri azt az időtartamot, amely alatt a visszavert fényt a **detektor észleli**. A lézerszkennerek és az **időmérés pontossága** arányos egymáshoz (~3,3 ps alatt a fény 1 millimétert tesz meg a levegőben). A lézeres távolságmérő csak **egy pont távolságát** érzékeli a látóirányában. Így a szkennerek a teljes látómezőjüket egyenként, **egy-egy ponttal** szkennelik körbe jellemzően tükrök segítségével. Sebessége akár 1 millió pont/s is lehet.



Érintésmentes-aktív szkennelés

Time-of-flight (ToF)



Leica P30



Trimble TX8



FARO Focus



Riegl VZ-400i



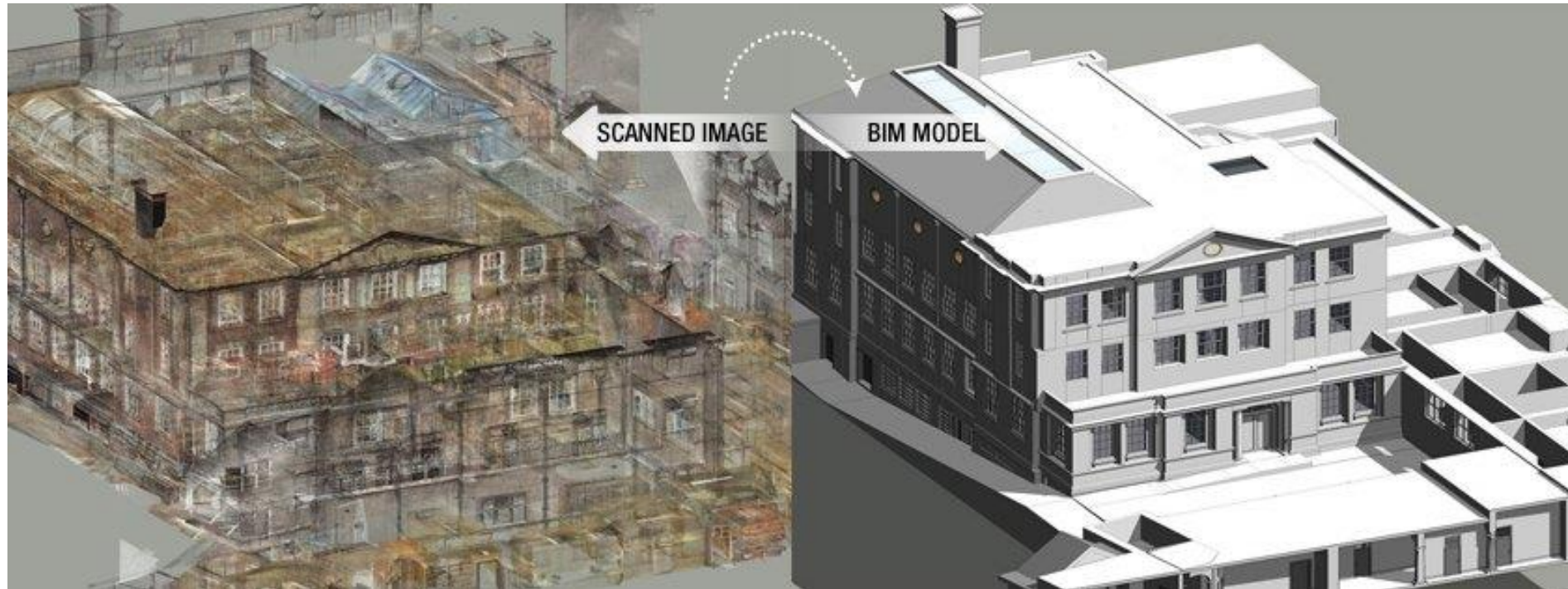
Artec Ray



Leica BLK360

Érintésmentes-aktív szkennelés

Time-of-flight (ToF)

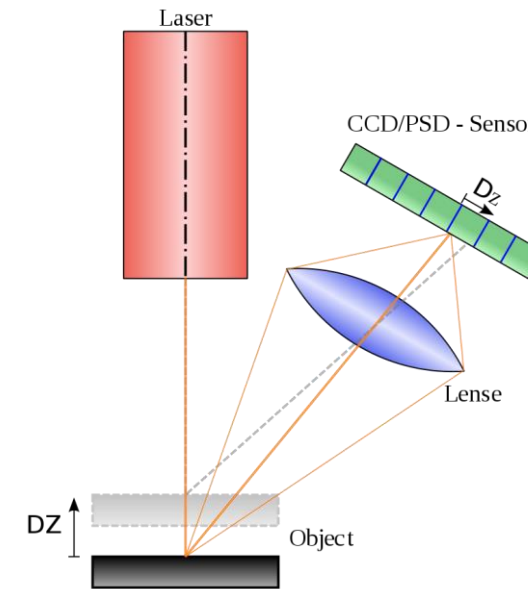


[Videó](#)

Érintésmentes-aktív szkennelés

Háromszögelés

Szintén aktív szkennerek, melyek lézert fényt használnak a környezet érzékelésére. A ToF lézertszkennerekhez képest a háromszögelés alapú egy **lézert fényt vetít** a vizsgált alanyra, és egy **kamera** segítségével **megkeresi a lézert folt helyét**. Attól függően, hogy a lézert **mekkora távolságból éri el** a felületet, a lézert pont a fényt képezőgép **látómezőjének különböző területein** jelenik meg. Ezt a technikát azért nevezzük háromszögelésnek, mert a **lézert folt**, a **kamera** és a **lézert berendezés háromszöget alkotnak**. A háromszög egyik oldalának hossza, azaz a kamera és a lézert berendezés távolsága és a lézert berendezés pontjában lévő szög ismert. A kamera pontjában lévő szöget úgy lehet meghatározni, hogy megkeressük a lézert folt helyét a kamera látómezőjében. Ez a három információ teljes mértékben **meghatározza a háromszög méretét**, és megadja a háromszög lézert folt pontos helyét.



Érintésmentes-aktív szkennelés

Háromszögelés



Matter & Form v2 asztali
lézerszkennő



Go!SCAN SPARK kézi
lézerszkennő

Érintésmentes-aktív szkennelés

Háromszögelés



[Videó 1](#)

[Videó 2](#)

Érintésmentes-aktív szkennelés

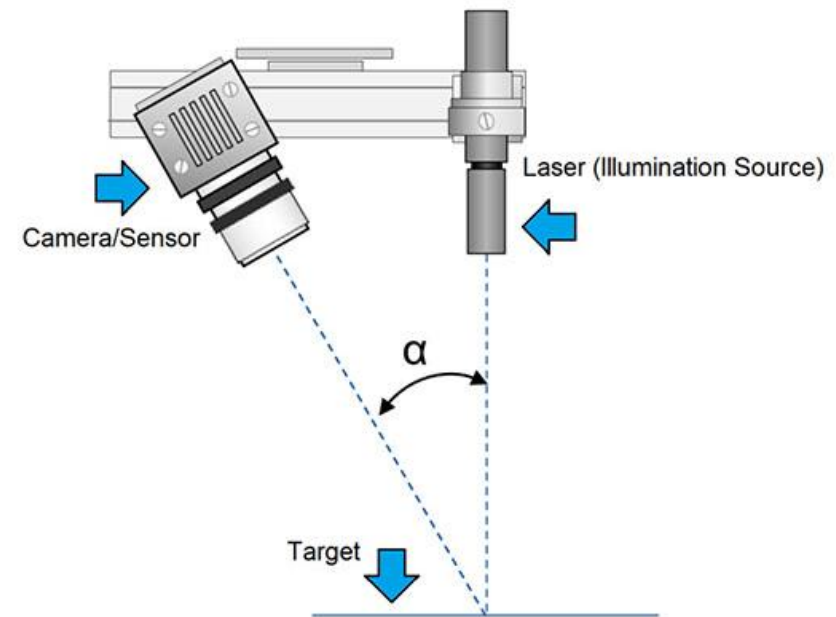
Háromszögelés

Előnyök

A lézeres háromszögelési technológia előnye a felbontása és **pontossága**. Pontossága több tíz mikrométer nagyságrendű. Kedvezőbb árú, felépítése viszonylag egyszerű. **Nem befolyásolják a külső fényviszonyok.**

Hátránya

A felület jellege befolyásolja a szkennelést. A nagyon **fényes vagy átlátszó felületeket** nem lehet felmérni vele.



Érintésmentes-aktív szkennelés

Strukturált fény

A strukturált fényű 3D-s szkennerek **fénymintát vetítenek** a vizsgált alanyra, és folyamatosan **vizsgálják a minta deformációját**. A mintát egy LCD-projektor vagy más stabil fényforrás segítségével vetítik a felületre. Egy **kamera** a fényforrástól **ismert távolságra**, rögzíti a minta alakjának változását, és **kiszámítja** a látómezőben lévő **pontok távolságát**.

Előnye a **sebesség és a pontosság**. Ahelyett, hogy egyszerre egyetlen pontot szkennelnének, a **teljes látómező összes pontját szkennelik**. A teljes látómező másodperc törtrésze alatt történő szkennelése **kiküszöböli a mozgásból adódó torzulást**. Egyes rendszerek képesek mozgó tárgyakat is szkennelni.



Érintésmentes-aktív szkennelés

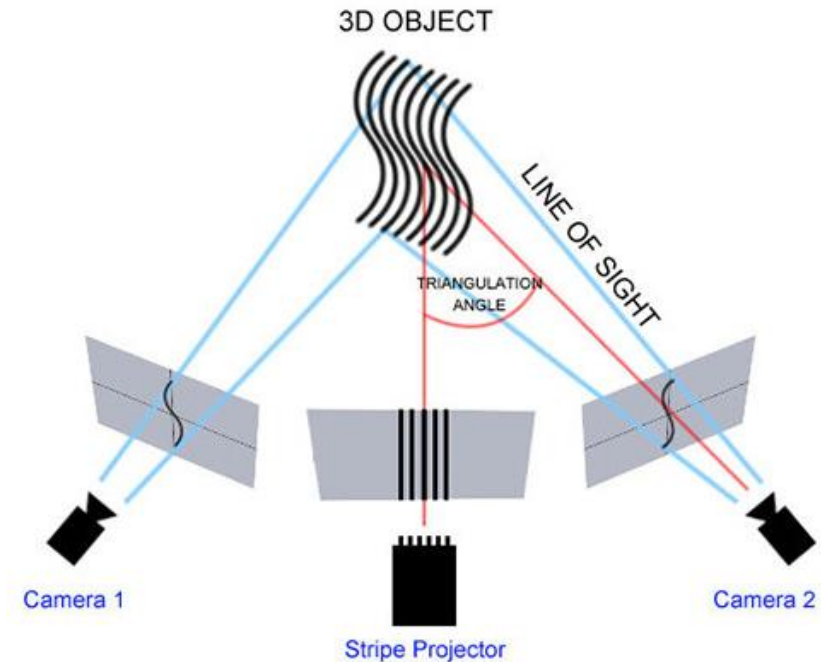
Strukturált fény

Előnyök

A gyors beolvasás, illetve a **szkennelési terület** is elég nagy. A lézerszkennerekhez hasonlóan a strukturált fényszkennerek is rendkívül **pontosak** és **nagy felbontásúak**.

Hátrányok

Az ilyen típusú szkennerek egyik hátránya, hogy **érzékenyek** lehetnek az adott **környezet fényviszonyaira**. Ez kevésbé igaz a lézerszkennerekre. Például a kinti munkavégzés során ez akadály lehet.



Érintésmentes-aktív szkennelés



TECHNICAL SPECIFICATIONS

3D point accuracy, up to	0.1 mm
3D resolution, up to	0.2 mm
3D accuracy over distance, up to	0.1 mm + 0.3 mm/m
HD Mode	Yes
Working distance	0.4 – 1 m
Linear field of view, H×W @ closest range	214 × 148 mm
Linear field of view, H×W @ furthest range	536 × 371 mm
Angular field of view, H×W	30 × 21°
Ability to capture texture	Yes
Texture resolution	1.3 mp
Colors	24 bpp
3D reconstruction rate, up to	16 fps
Data acquisition speed, up to	18 mln points/s
3D exposure time	0.0002 s
2D exposure time	0.00035 s
3D light source	Flash bulb
2D light source	White 12 LED array
Interface	1 × USB 2.0, USB 3.0 compatible
Calibration	No special equipment required

Computer requirements

Supported OS	Windows 7, 8 or 10 x64
Recommended computer requirements	Intel Core i7 or i9, 64+ GB RAM, NVIDIA GPU with CUDA 6.0+ and 8+ GB VRAM
Minimum computer requirements	HD: Intel Core i7 or i9, 32 GB RAM, NVIDIA GPU with CUDA 6.0+ and 2 GB VRAM



Érintésmentes-aktív szkennelés



Érintésmentes-aktív szkennelés



TECHNICAL SPECIFICATIONS

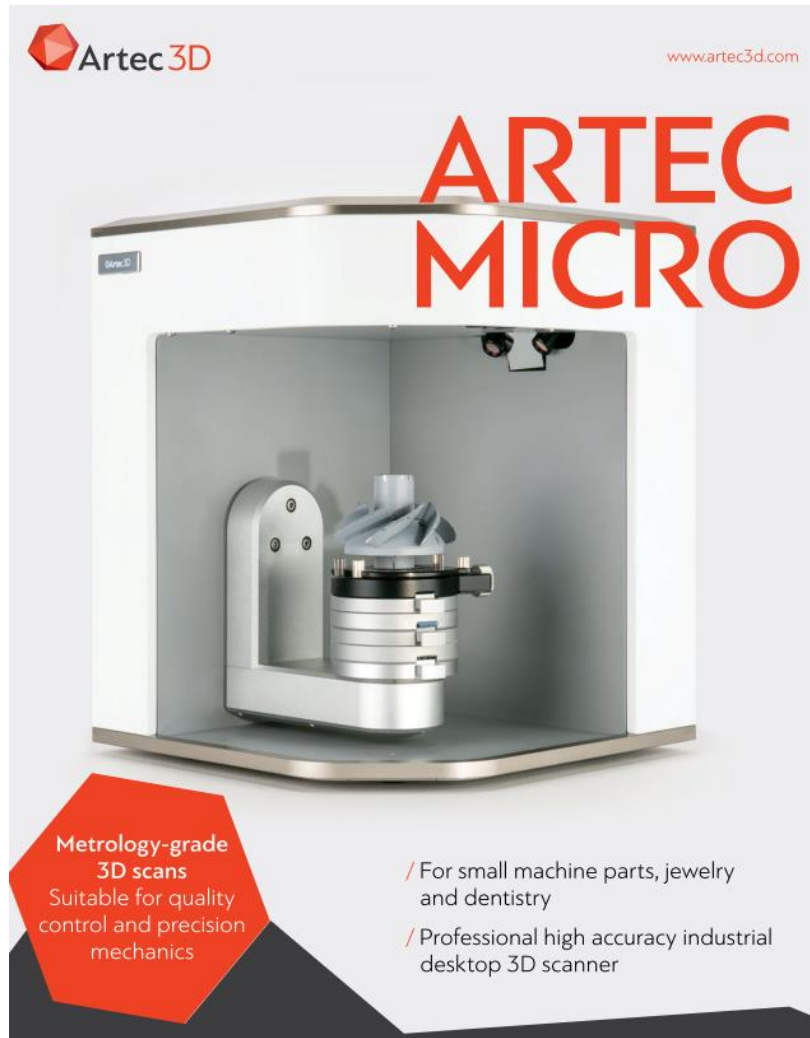
3D point accuracy, up to	0.05 mm
3D resolution, up to	0.1 mm
3D accuracy over distance, up to	0.05 mm + 0.3 mm/m
Working distance	0.2 – 0.3 m
Linear field of view, H×W @ closest range	90 × 70 mm
Linear field of view, H×W @ furthest range	180 × 140 mm
Angular field of view, H×W	30 × 21°
Ability to capture texture	Yes
Texture resolution	1.3 mp
Colors	24 bpp
3D reconstruction rate, up to	7.5 fps
Data acquisition speed, up to	1 mln points/s
3D exposure time	0.0002 s
2D exposure time	0.0002 s
3D light source	Blue LED
2D light source	White 6 LED array
Interface	1 × USB 2.0, USB 3.0 compatible

Computer requirements

Supported OS	Windows 7, 8 or 10 x64
Recommended computer requirements	Intel Core i7 or i9, 32 GB RAM, GPU with 2 GB VRAM
Minimum computer requirements	Intel Core i5, i7 or i9, 18 GB RAM, GPU with 2 GB VRAM



Érintésmentes-aktív szkennelés



SPECIFICATIONS

	MICRO	SPACE SPIDER	EVA	LEO
3D point accuracy, up to	0.01 mm	0.05 mm	0.1 mm	0.1 mm
3D resolution, up to	0.029 mm	0.1 mm	0.2 mm	0.2 mm
Scanner type	Desktop	Handheld	Handheld	Handheld
Ability to capture texture	Yes	Yes	Yes	Yes
Texture resolution	6.4 mp	1.3 mp	1.3 mp	2.3 mp
Colors	24 bpp	24 bpp	24 bpp	24 bpp
Data acquisition speed, up to	1 mln points/s	1 mln points/s	18 mln points/s	35 mln points/s
3D exposure time	Customizable	0.0002 s	0.0002 s	0.0002 s
2D exposure time	Customizable	0.0002 s	0.00035 s	0.0002 s
3D light source	Blue LED	Blue LED	Flash bulb	VCSEL
Interface	USB 3.0	1 × USB 2.0, USB 3.0 compatible	1 × USB 2.0, USB 3.0 compatible	Wi-Fi, Ethernet, SD card
Supported OS	Windows 10 x64	Windows 7, 8 or 10 x64	Windows 7, 8 or 10 x64	Scanning: No computer required Data processing: Windows 7, 8, 10 x64
Recommended computer requirements <i>(Please refer to www.artec3d.com for detailed hardware requirements.)</i>	Intel Core i7 or i9, 64+ GB RAM, NVIDIA GPU with at least 3 GB VRAM, CUDA 3.5+	Intel Core i7 or i9, 32 GB RAM, GPU with 2 GB VRAM	Intel Core i7 or i9, 64+ GB RAM, NVIDIA GPU with 8+ GB VRAM, CUDA 6.0+	Intel Core i7 or i9, 64+ GB RAM, NVIDIA GPU with 8+ GB VRAM, CUDA 6.0+
Power source	AC power	AC power or external battery pack	AC power or external battery pack	Built-in exchangeable battery, optional AC power
Dimensions, H × D × W	290 × 290 × 340 mm	190 × 140 × 130 mm	262 × 158 × 63 mm	231 × 162 × 230 mm
Weight	12 kg / 26.7 lb	0.8 kg / 1.8 lb	0.9 kg / 2 lb	2.6 kg / 5.7 lb
3D mesh formats	OBJ, PLY, WRL, STL, AOP, ASC, Disney PTX (PTEX), E57, XYZRGB			
CAD formats	STEP, IGES, X_T			
Formats for measurements	CSV, DXF, XML			



Érintésmentes-aktív szkennelés

LH-003-10/2020-NP-EN




**A SMART
PROFESSIONAL 3D SCANNER
FOR A NEXT-GENERATION
USER EXPERIENCE**

Industrial design and manufacturing
Healthcare
VR
E-commerce
Science and education
Forensics
Art and design




	LEO	EVA	SPACE SPIDER
Working distance	0.35 – 1.2 m	0.4 – 1 m	0.2 – 0.3 m
Volume capture zone	160,000 cm ³	61,000 cm ³	2,000 cm ³
Linear field of view, H × W @ closest range	244 × 142 mm	214 × 148 mm	90 × 70 mm
Linear field of view, H × W @ furthest range	838 × 488 mm	536 × 371 mm	180 × 140 mm
Angular field of view, H × W	38.5 × 23°	30 × 21°	30 × 21°
3D resolution, up to	0.2 mm	0.2 mm	0.1 mm
3D point accuracy, up to	0.1 mm	0.1 mm	0.05 mm
3D accuracy over distance, up to	0.1 mm + 0.3 mm/m	0.1 mm + 0.3 mm/m	0.05 mm + 0.3 mm/m
Texture resolution	2.3 mp	1.3 mp	1.3 mp
HD Mode	Yes	Yes	N/A
Colors	24 bpp	24 bpp	24 bpp
3D reconstruction rate for real-time fusion, up to	22 fps	16 fps	7.5 fps
3D reconstruction rate for 3D video recording, up to	44 fps	16 fps	7.5 fps
3D reconstruction rate for 3D video streaming, up to	80 fps	—	—
Data acquisition speed, up to	35 mln points/s	18 mln points/s	1 mln points/s
3D exposure time	0.0002 s	0.0002 s	0.0002 s
2D exposure time	0.0002 s	0.00035 s	0.0002 s
3D light source	VCSEL	Flash bulb	Blue LED
2D light source	White 12 LED array	White 12 LED array	White 6 LED array
Position sensors	Built-in 9 DoF inertial system	—	—
Display / touchscreen	Integrated 5.5" half HD, CTP, optional Wi-Fi / Ethernet video streaming to external device	USB streaming through an external computer	USB streaming through an external computer
Multi core processing	Embedded processors: NVIDIA® Jetson™ TX1 Quad-core ARM® Cortex®-A57 MPCore Processor NVIDIA Maxwell™ 1 TFLOPS GPU with 256 NVIDIA® CUDA® Cores	On external computer	On external computer
Interface	Wi-Fi, Ethernet, SD card	1 × USB 2.0, USB 3.0 compatible	1 × USB 2.0, USB 3.0 compatible
Internal hard drive	256 GB SSD	—	—



Érintésmentes-aktív szkennelés

Strukturált fény



*HP Structured Light Pro S3
állványra szerelt szkennер*



*Shining3D EinScan Pro 2X (felül)
XYZprinting Scanner 2.0 (alul)*

Érintésmentes-aktív szkennelés esettanulmányok

További esettanulmányok:

[Artec szkennер esettanulmányok](#)

[Artec szkennelt modellek gyűjteménye](#)

[Shining 3D esettanulmányok](#)



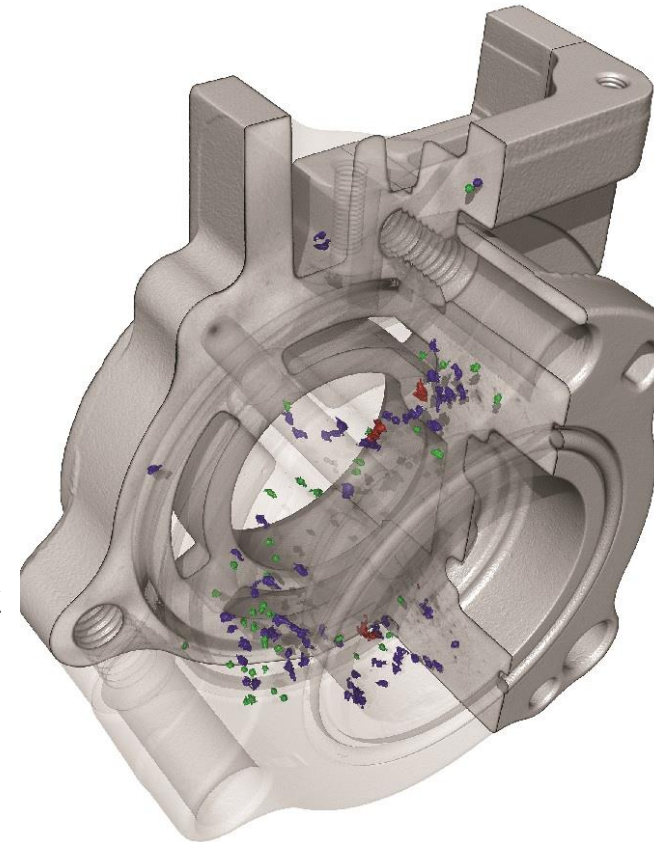
Érintésmentes-aktív szkennelés

Modulált fény

A modulált fényű 3D szkennerek **szinuszosan változó amplitúdójú fényt** sugároznak a vizsgált alanyra. A **kamera** érzékeli a visszavert fényt, és a **minta elmozdulásából** meghatározza a fény távolságát. A modulált fény lehetővé teszi, hogy a szkennер **figyelmen kívül hagyja** a lézertől **eltérő forrásból származó fényt**, így nincs interferencia.

Volumetrikus technikák

A számítógépes tomográfia (CT) egy olyan orvosi képalkotó módszer, amely **kétdimenziós röntgenfelvételek sorozatából** háromdimenziós képet készít **az objektum belsejéről** hasonlóan a mágneses rezonancia képalkotáshoz (MRI), ami **erős mágneses mezők** segítségével működik. Ezekkel a technikákkal szintén létrehozhatunk 3D-s térbeli modelleket.



Alumínium öntvény CT vizsgálata a belső hibák, üregek azonosítására.

Érintésmentes-passzív szkennelés

A passzív 3D képalkotó megoldások önmagukban **nem sugároznak** ki semmiféle sugárzást, ehelyett a **visszavert környezeti sugárzás észlelésére** támaszkodnak. Az ilyen típusú megoldások többsége érzékeli a **látható fényt**. Eltérő sugárzás, például **infravörös** is alkalmazható. A passzív módszerek **lényegesen olcsóbbak** lehetnek, mert a legtöbb esetben egyszerű digitális **fényképezőgépeken kívül nincs külön hardverre** szükség.

- A **sztereoszkópos** rendszerek általában **két videokamerát** alkalmaznak, **egymás melletti** pozícióban. Az egyes kamerák képei közötti kis **különbségek elemzésével** meg lehet határozni a képek egyes **pontjai közötti távolságot**. Ez a módszer az emberi sztereoszkópos látás elvén alapul.
- A **fotometriai** rendszerek általában **egyetlen kamerát** használnak, de **változó fényviszonyokkal több képet** is készítenek. Ezzel a technikával az egyes pixelek **felületének orientációját** határozza meg.
- A **sziluett** technikák háromdimenziós objektum körüli fényképsorozatból létrehozott **körvonalakat használnak** egy kontrasztos háttér előtt. Ezeket a **szilvetteket extrudálják** és **metszik** egymással, hogy kialakítsák az objektum vizuális külső szerkezetét. A tárgy **konkáv jellemzői** (például egy tál belseje) **nem mutatható ki**.



Érintésmentes-passzív szkennelés

Fotogrammetria

A fizikai tárgyak 3D alakját **fényképek segítségével** elemzi. Az így kapott 3D adatok eredménye jellemzően **3D-s pontfelhőként vagy hálóként** jelenik meg. A modern fotogrammetriás szoftverek automatikusan **nagymennyiségű digitális képet** elemeznek a 3D rekonstrukció során, azonban manuális előkészítésre és beavatkozásra is szükség lehet.

- A **közeli fotogrammetriához** általában kézi DSLR fényképezőgépet használnak, **rögzített fókusztávolságú lencsével** a tárgyak képeinek rögzítésére. A tárgyak lehetnek kisebb tárgyak, mint például az **épület homlokzata, járművek, szobrok, sziklák és cipők**.



Érintésmentes-passzív szkennelés

- A **tömbösített fényképezőgépekkel** 3D pontfelhő készíthető **emberekről vagy állatokról** több kamera szinkronizálásával.



Érintésmentes-passzív szkennelés

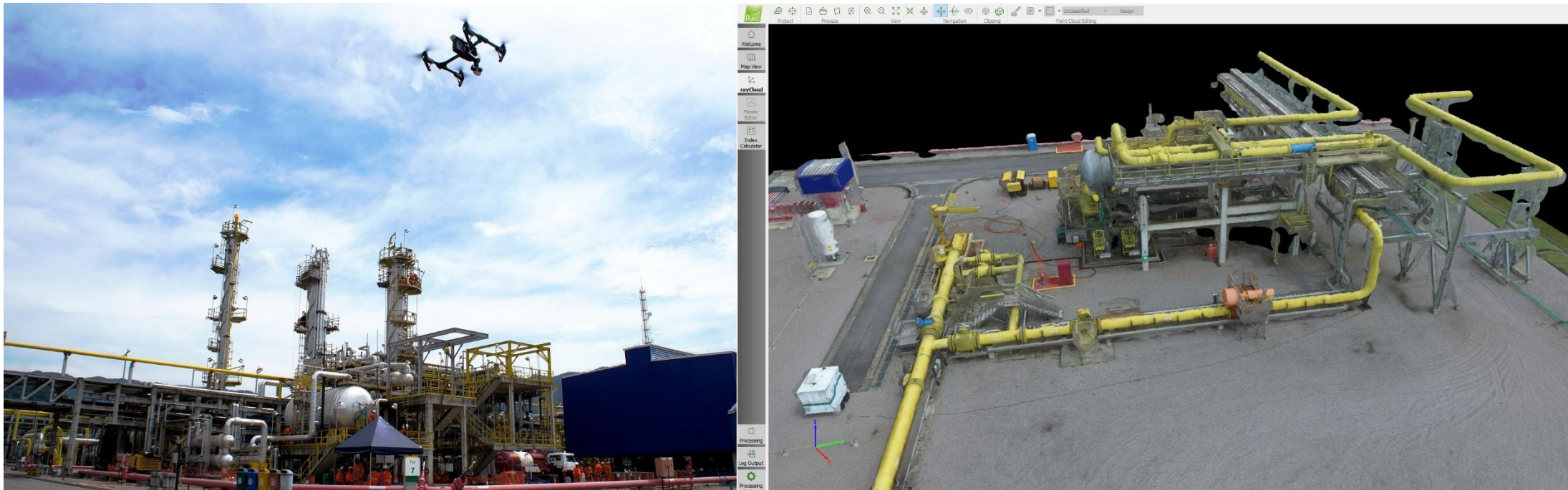
- **Széles látószögű fotogrammetriával** lehet épületek belsejét vagy a **zárt tereket** rekonstruálni, pl nagylátószögű objektíves kamerával vagy 360-as kamerával.



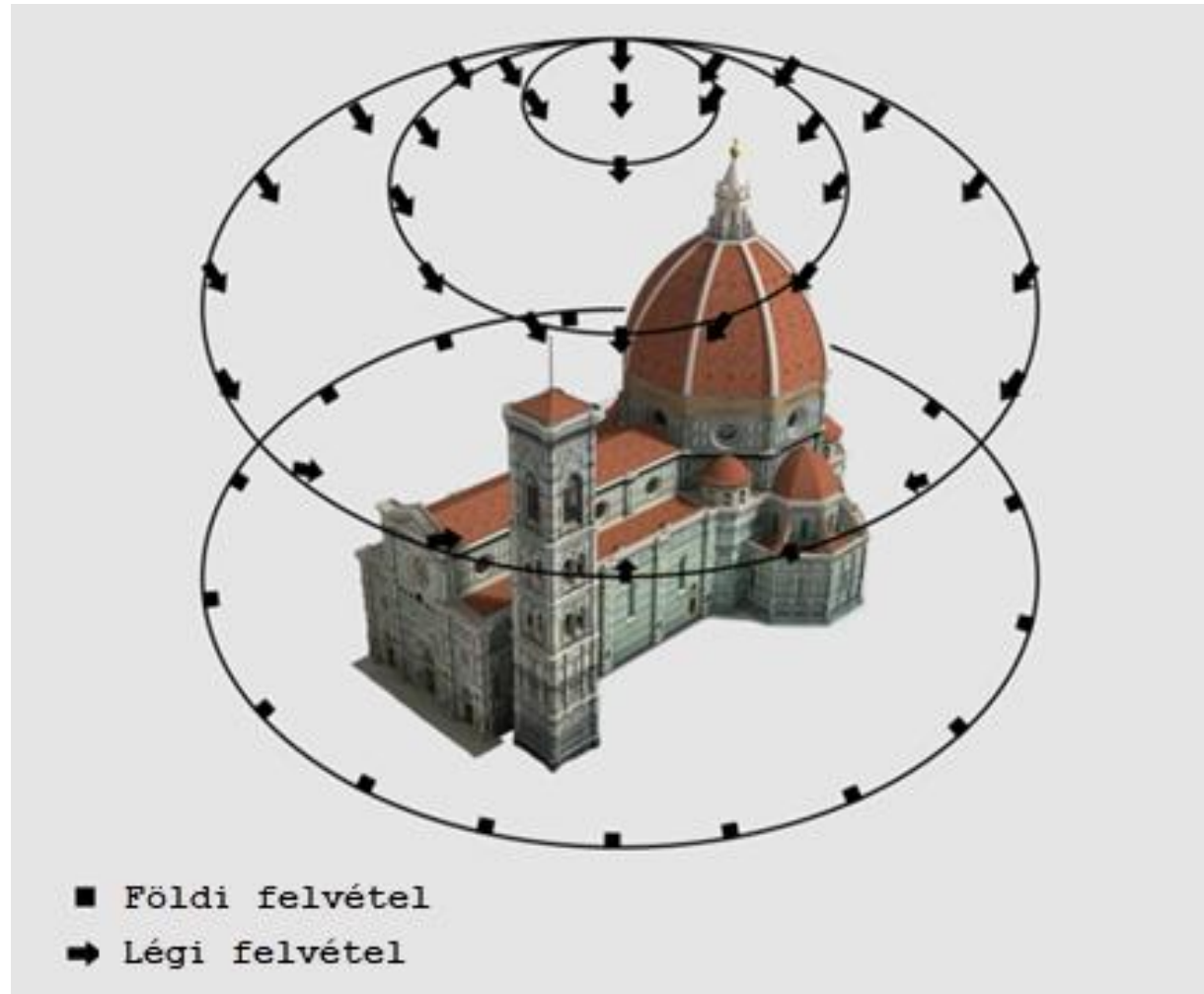
[Belső terek 3D modellje fotogrammetriával](#)

Érintésmentes-passzív szkennelés

- A **légi fotogrammetria** műholdak, kereskedelmi repülőgépek vagy UAV drónok által készített **épület- és domborzati légifelvételek** alapján rekonstruálja a 3D-s pontfelhőt vagy hálót.



Érintésmentes-passzív szkennelés



Források

- 3D scanning – Wikipedia
- További szkennerek – 3D natives
- Képek, esettanulmányok – Artec3D
- The 3D Printing Handbook – Ben Redwood, Filemon Schöffner, Brian Garret