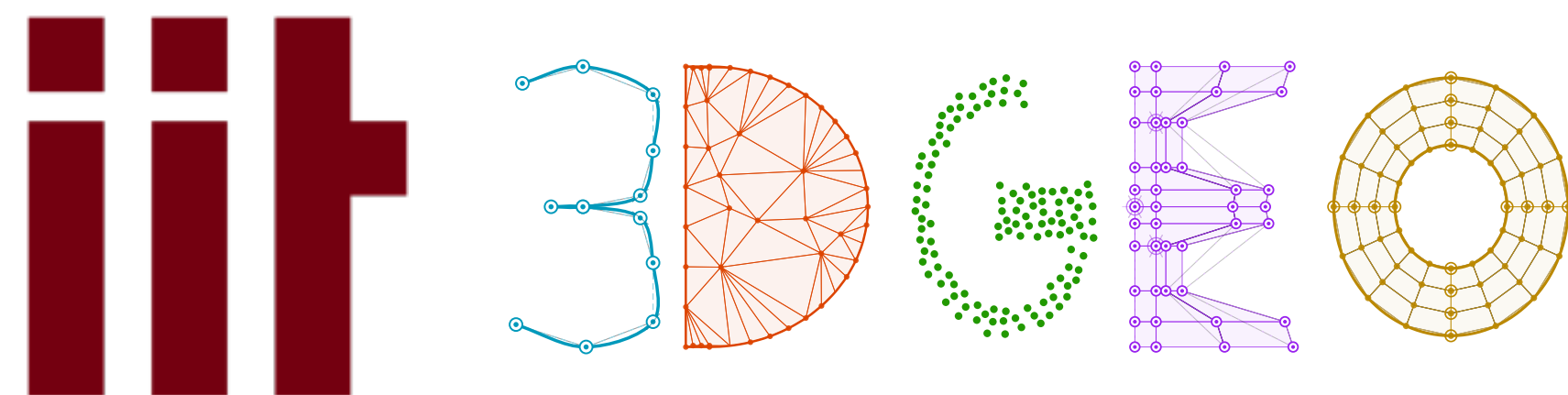


18. Előadás: Inverz Grafika a Gyakorlatban

Generatív AI és Inverz Módszerek a Képszintézisben
BME-VIK IIT, 2026

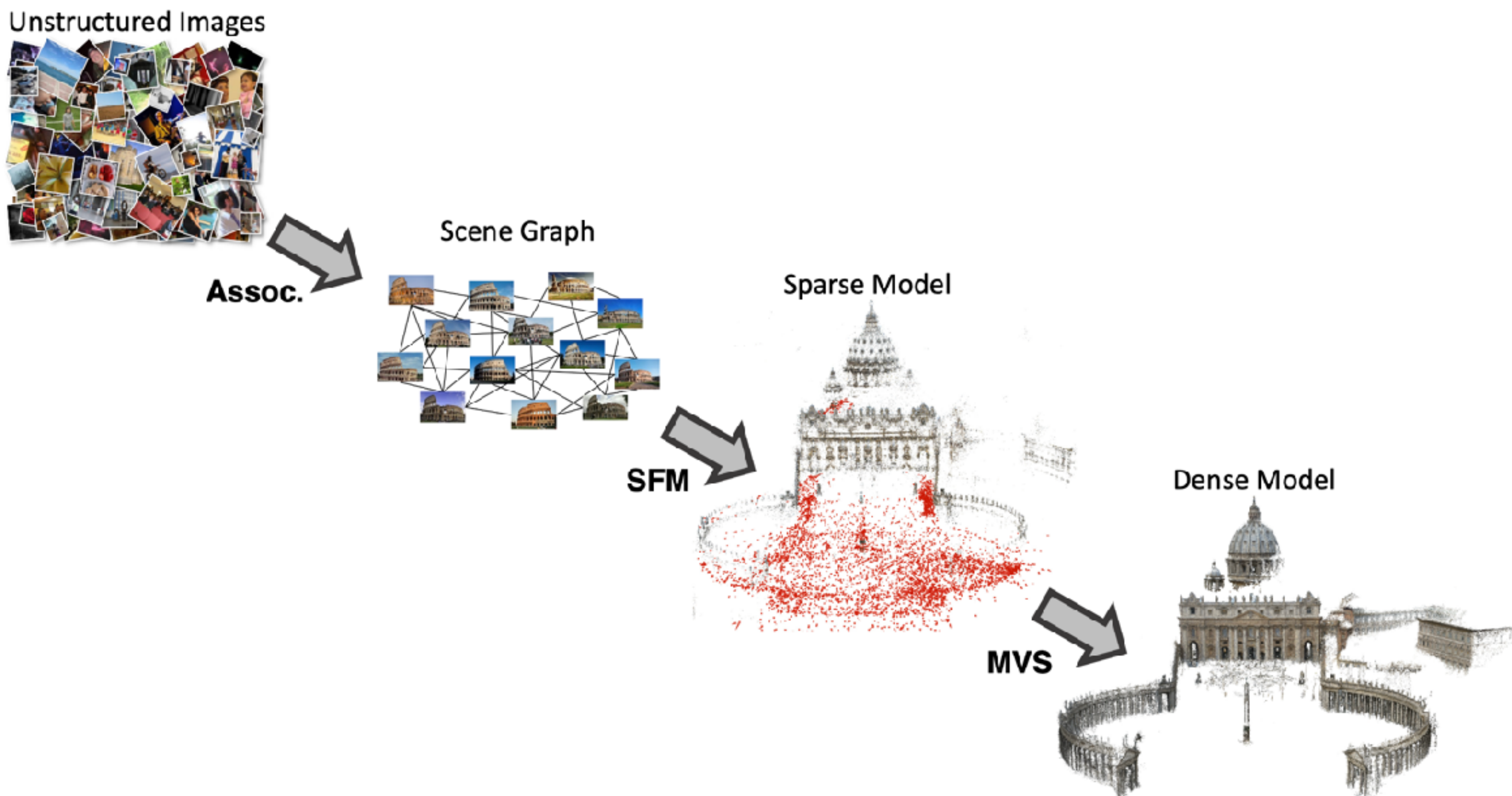


Dr. Vaitkus Márton

Inverz Grafika a Gyakorlatban

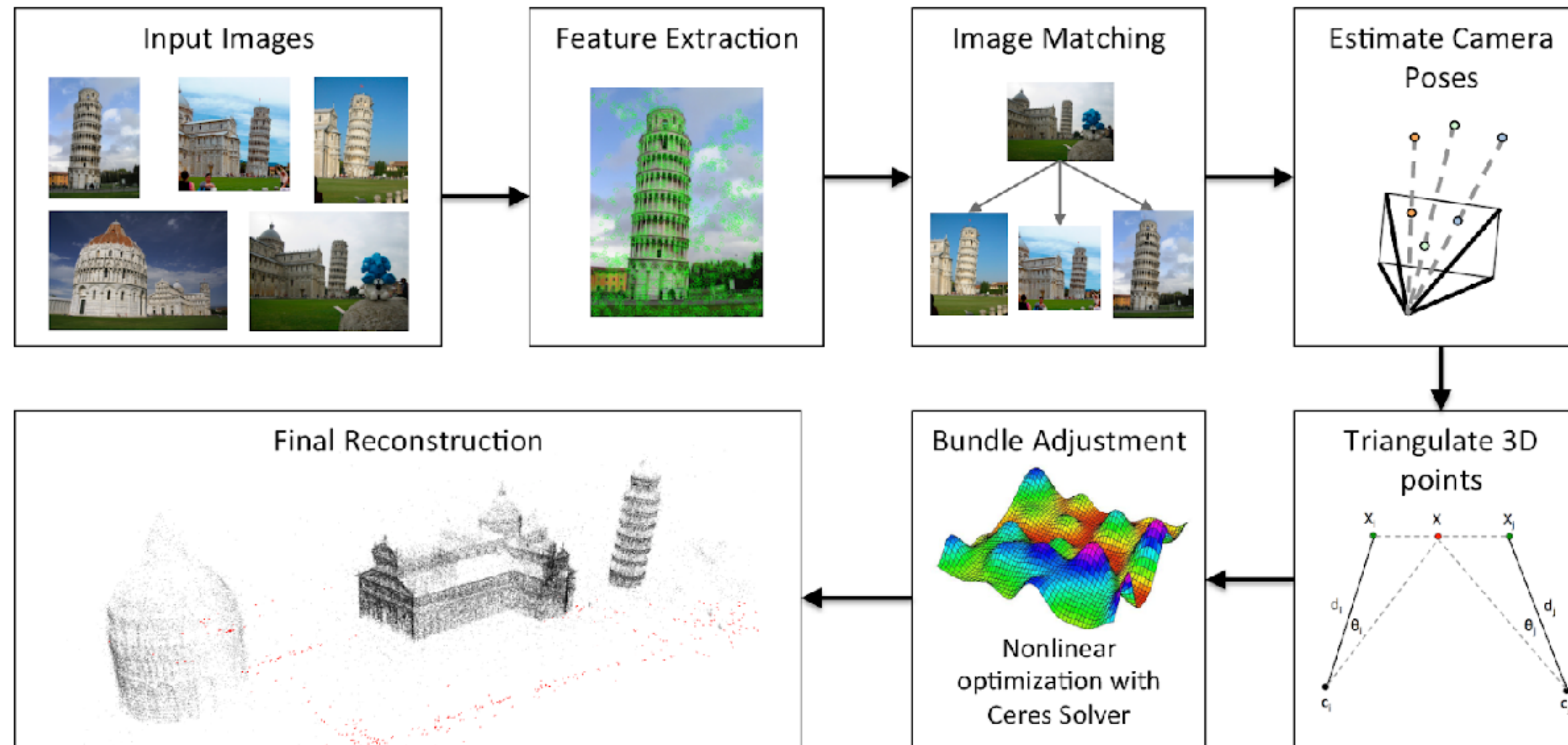
Klasszikus 3D rekonstrukció

- Klasszikus 3D rekonstrukció (fotogrammetria) képek alapján
 - **Asszociáció:** képek közötti átfedés detektálása — eredmény: láthatósági gráf
 - **Structure-from-Motion (SfM):** átfedő képek jellemző pontjainak elhelyezése 3D-ben — eredmény: ritka 3D pontfelhő + képekhez tartozó kamera paraméterek
 - **Multi-View Stereo:** kép pixelelek 3D visszavetítése — eredmény: sűrű 3D pontfelhő



Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM)

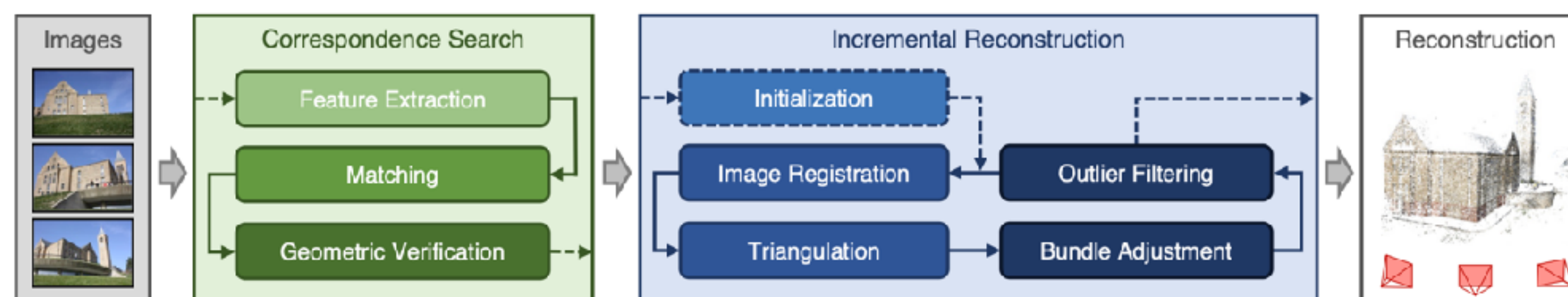


Tipikus SfM pipeline

Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM) – COLMAP

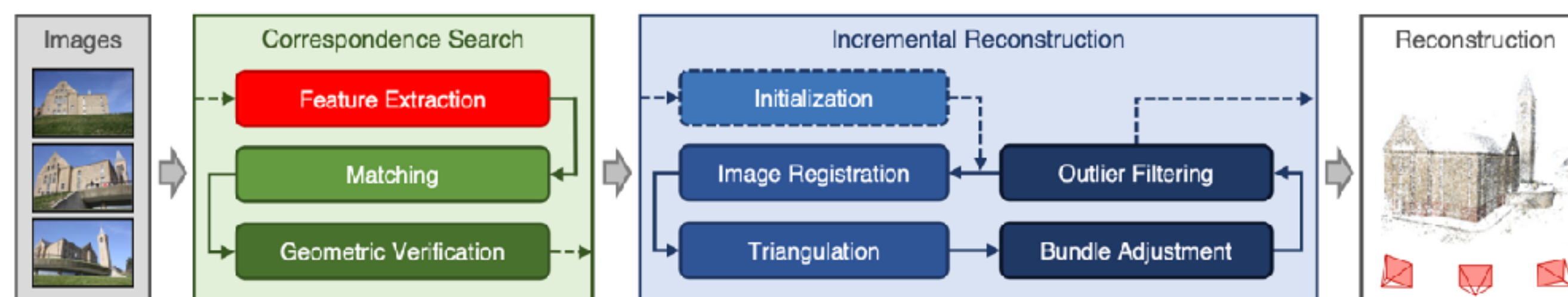
- COLMAP: népszerű open-source fotogrammetria szoftver
- Inverz grafikában tipikus előfeldolgozási fázis kamera pozíciók és pl. a kezdeti Gauss pontfelhő meghatározására
- Robusztus, de igen számításigényes (több óra) és klasszikus képfeldolgozáson alapul



Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM) – COLMAP

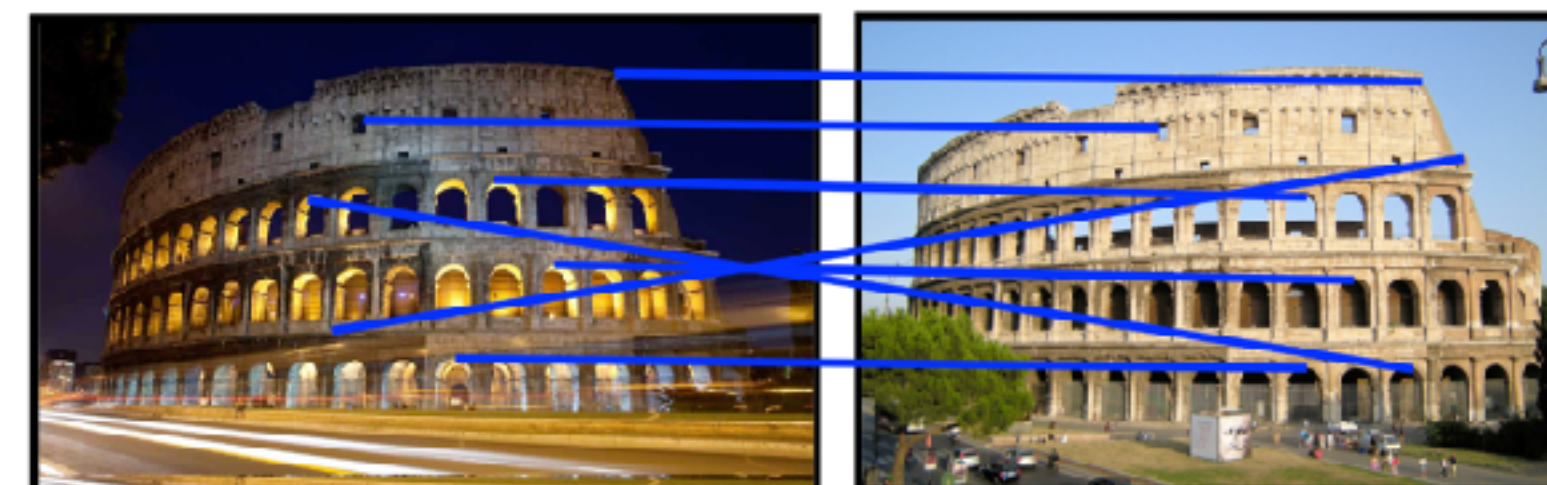
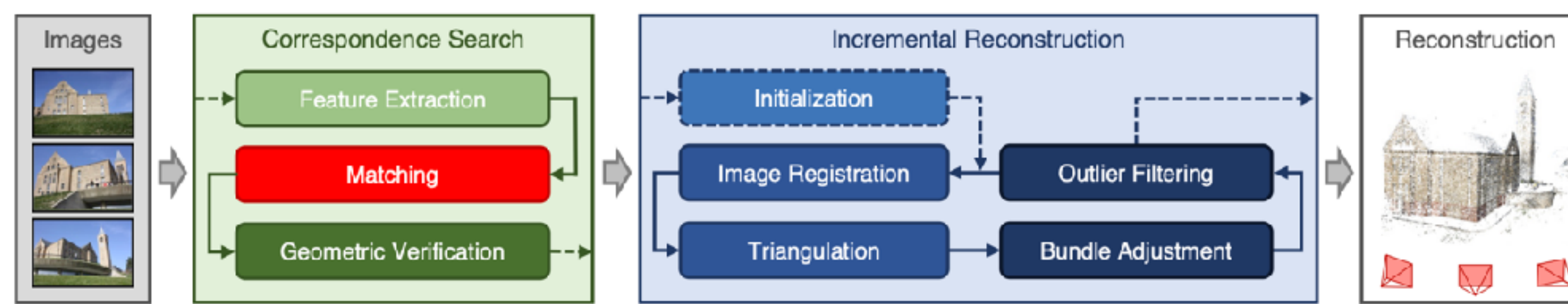
- COLMAP: népszerű open-source fotogrammetria szoftver
- Inverz grafikában tipikus előfeldolgozási fázis kamera pozíciók és pl. a kezdeti Gauss pontfelhő meghatározására
- Robusztus, de igen számításigényes (több óra) és klasszikus képfeldolgozáson alapul



Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM) – COLMAP

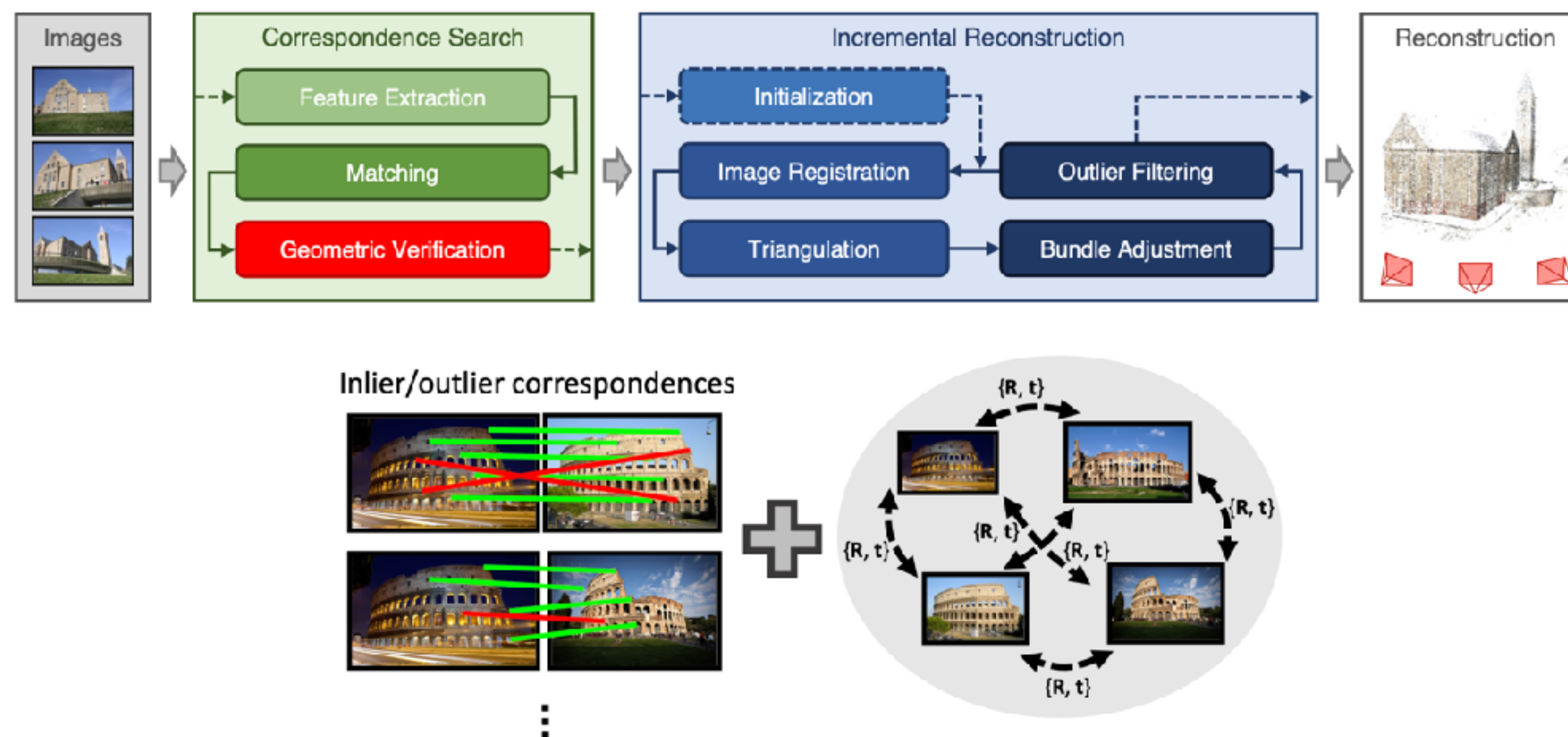
- COLMAP: népszerű open-source fotogrammetria szoftver
- Inverz grafikában tipikus előfeldolgozási fázis kamera pozíciók és pl. a kezdeti Gauss pontfelhő meghatározására
- Robusztus, de igen számításigényes (több óra) és klasszikus képfeldolgozáson alapul



Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM) – COLMAP

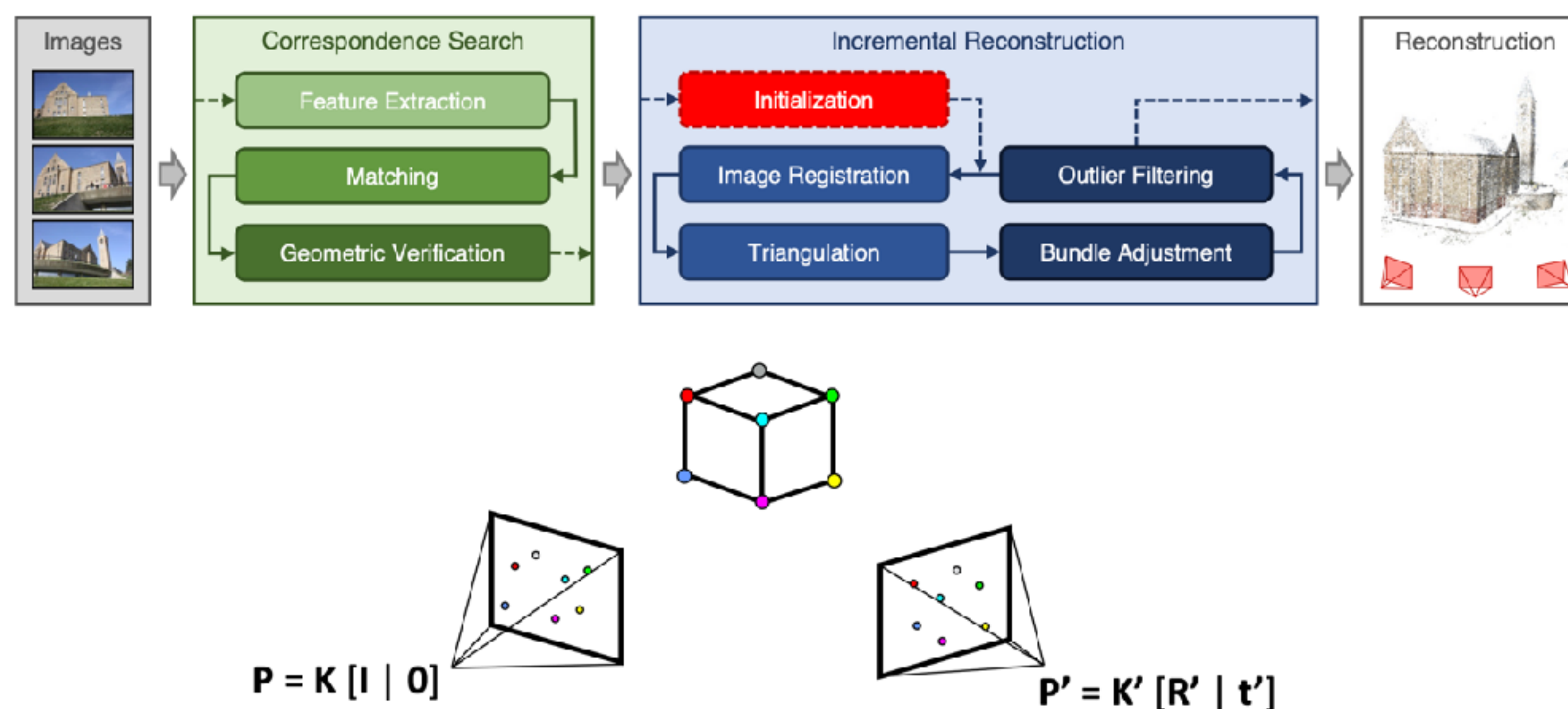
- COLMAP: népszerű open-source fotogrammetria szoftver
- Inverz grafikában tipikus előfeldolgozási fázis kamera pozíciók és pl. a kezdeti Gauss pontfelhő meghatározására
- Robusztus, de igen számításigényes (több óra) és klasszikus képfeldolgozáson alapul



Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM) – COLMAP

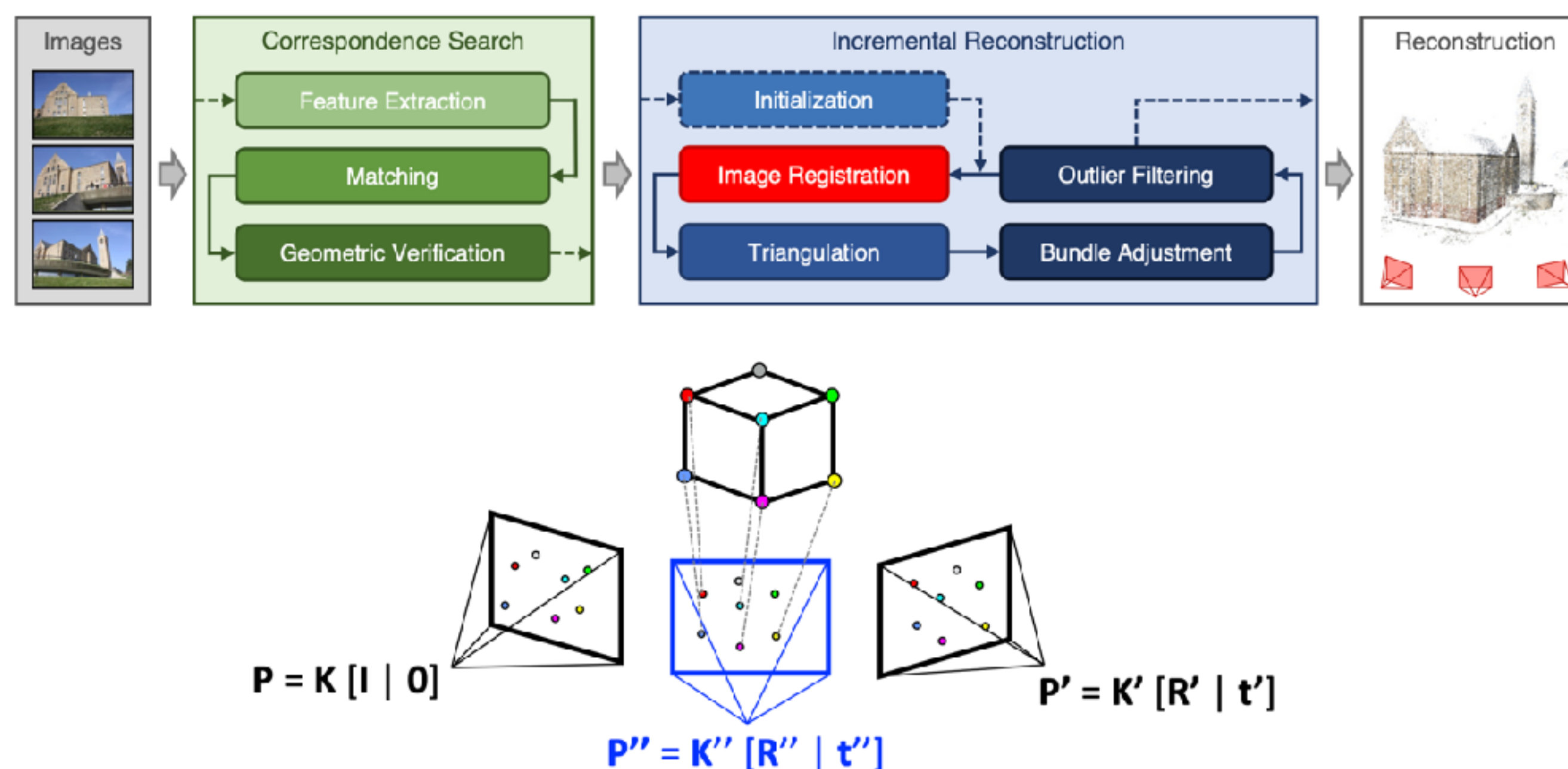
- COLMAP: népszerű open-source fotogrammetria szoftver
- Inverz grafikában tipikus előfeldolgozási fázis kamera pozíciók és pl. a kezdeti Gauss pontfelhő meghatározására
- Robusztus, de igen számításigényes (több óra) és klasszikus képfeldolgozáson alapul



Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM) – COLMAP

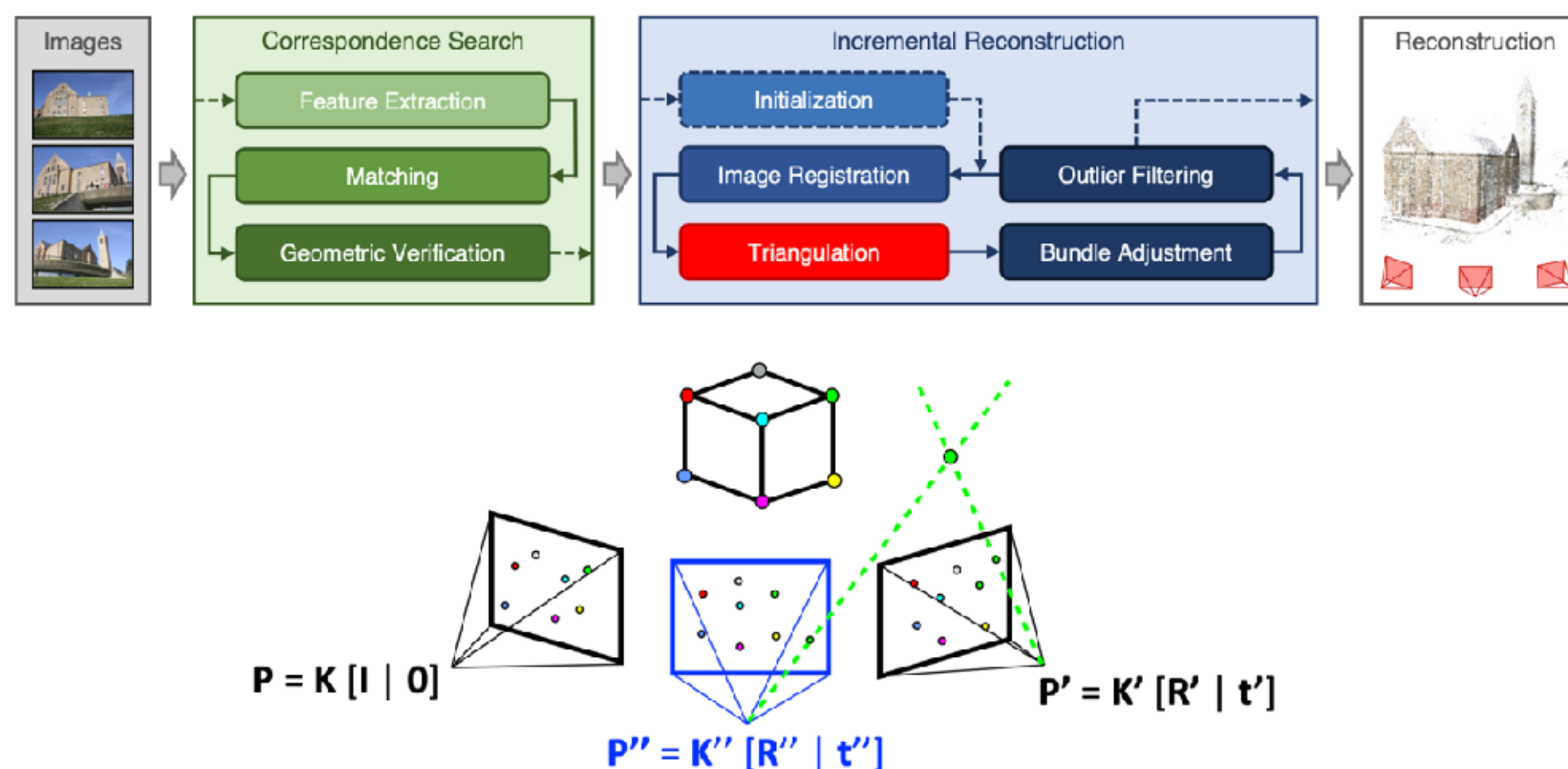
- COLMAP: népszerű open-source fotogrammetria szoftver
- Inverz grafikában tipikus előfeldolgozási fázis kamera pozíciók és pl. a kezdeti Gauss pontfelhő meghatározására
- Robusztus, de igen számításigényes (több óra) és klasszikus képfeldolgozáson alapul



Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM) – COLMAP

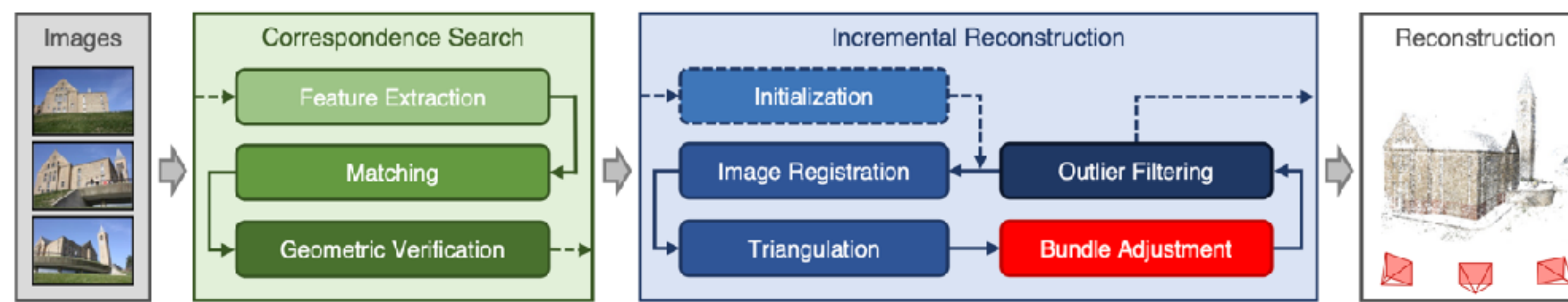
- COLMAP: népszerű open-source fotogrammetria szoftver
- Inverz grafikában tipikus előfeldolgozási fázis kamera pozíciók és pl. a kezdeti Gauss pontfelhő meghatározására
- Robusztus, de igen számításigényes (több óra) és klasszikus képfeldolgozáson alapul



Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM) – COLMAP

- COLMAP: népszerű open-source fotogrammetria szoftver
- Inverz grafikában tipikus előfeldolgozási fázis kamera pozíciók és pl. a kezdeti Gauss pontfelhő meghatározására
- Robusztus, de igen számításigényes (több óra) és klasszikus képfeldolgozáson alapul

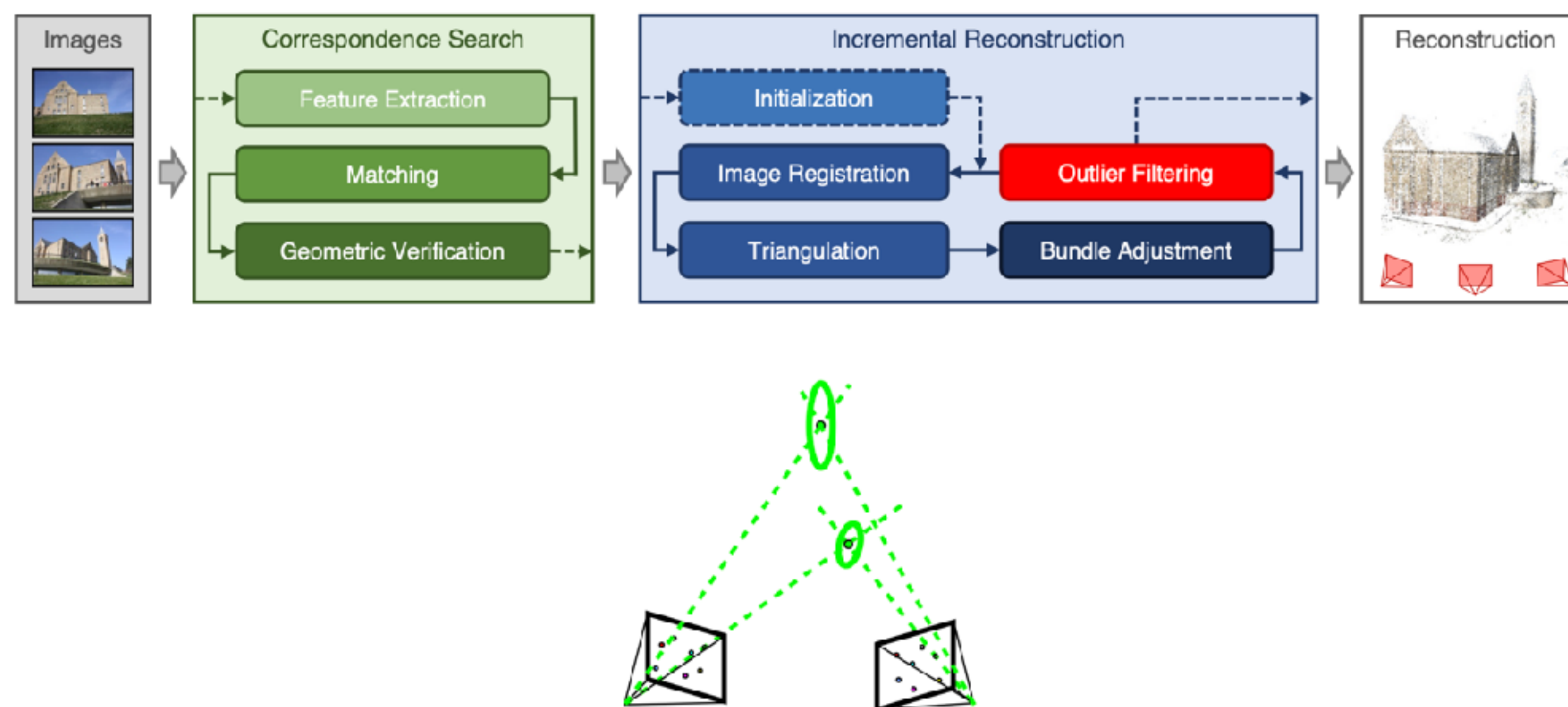


$$\min_{P, X} \|x - \pi(P, X)\|$$

Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM) – COLMAP

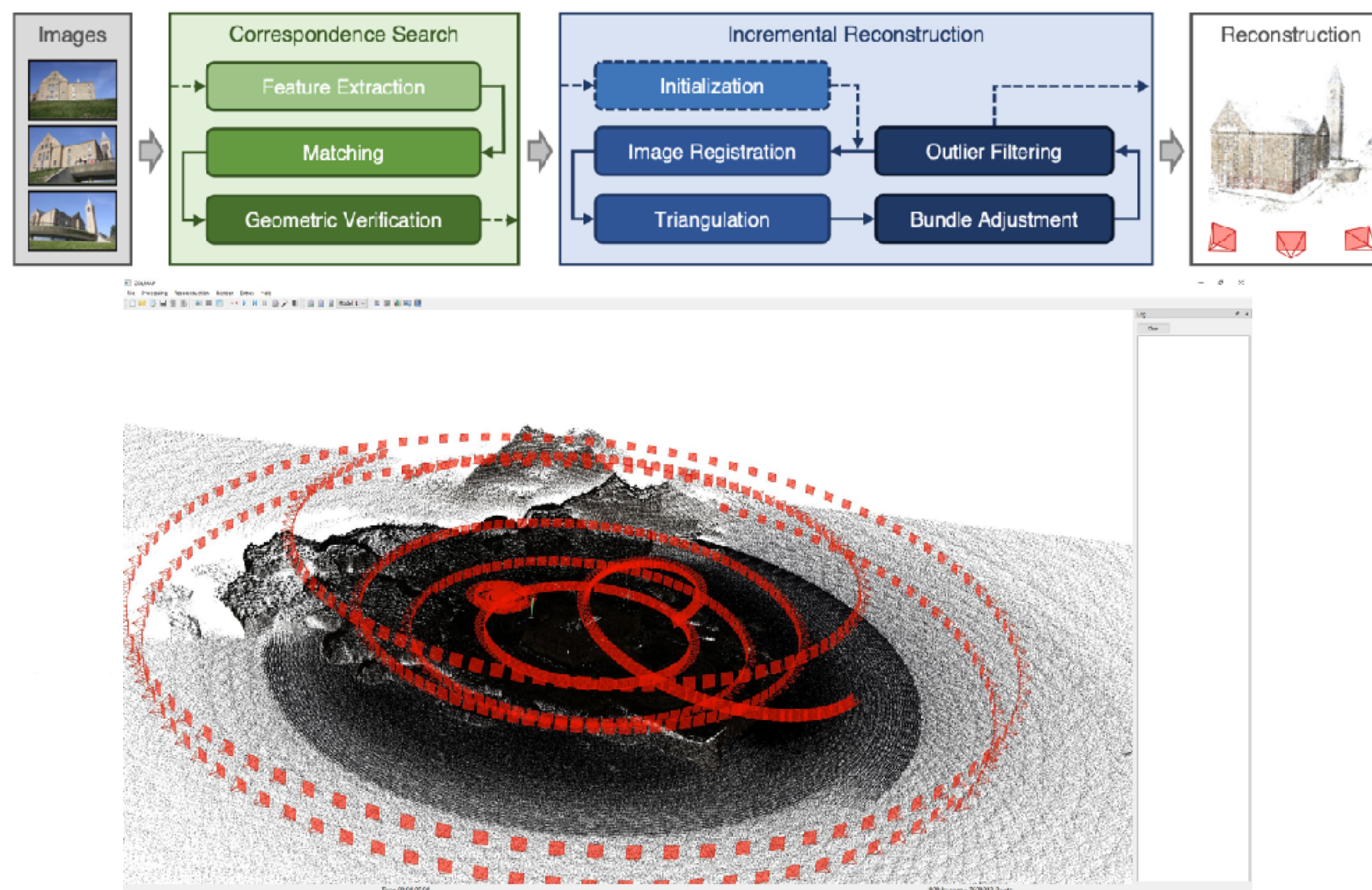
- COLMAP: népszerű open-source fotogrammetria szoftver
- Inverz grafikában tipikus előfeldolgozási fázis kamera pozíciók és pl. a kezdeti Gauss pontfelhő meghatározására
- Robusztus, de igen számításigényes (több óra) és klasszikus képfeldolgozáson alapul



Inverz Grafika a Gyakorlatban

Structure-from-Motion (SfM) – COLMAP

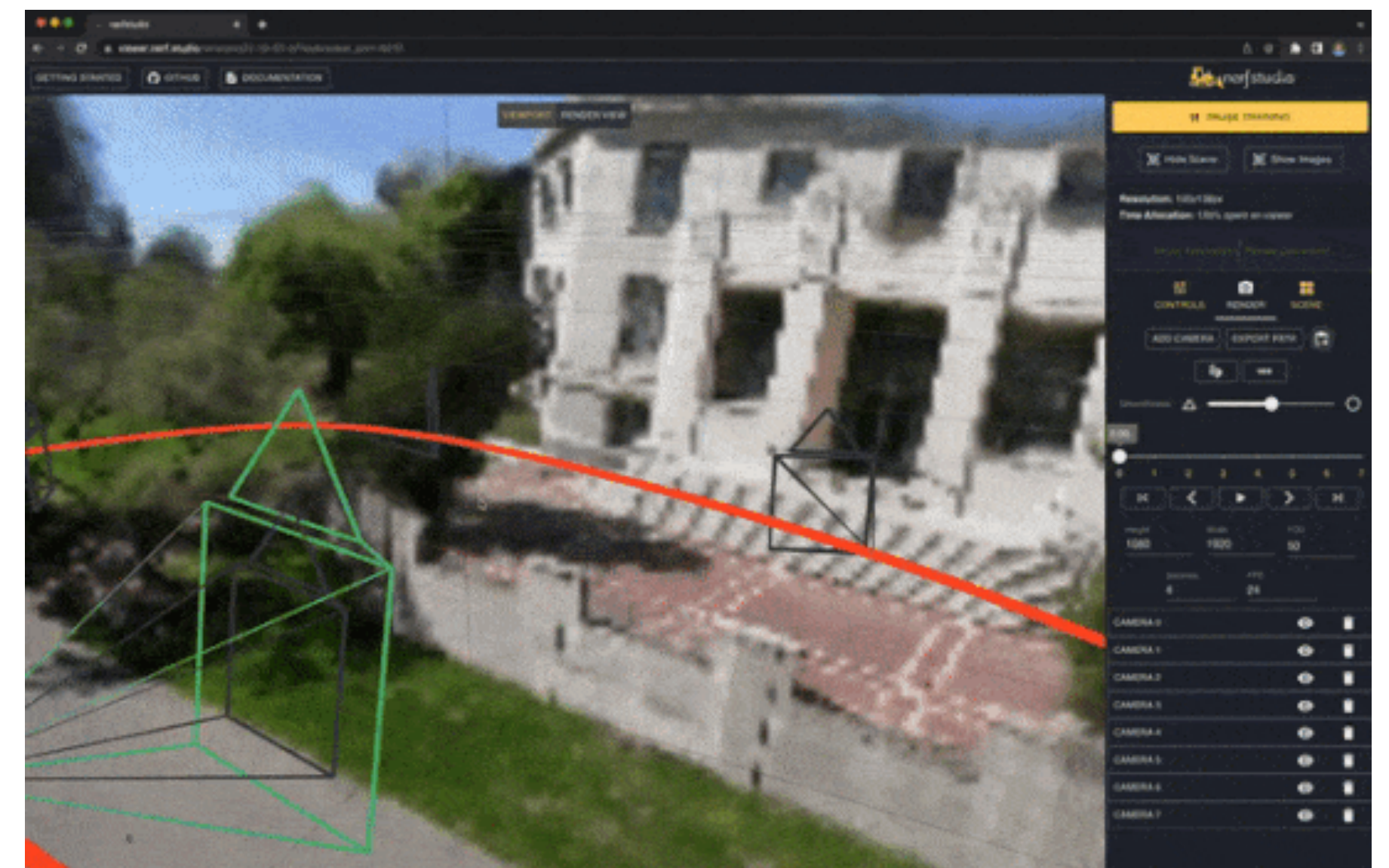
- COLMAP: népszerű open-source fotogrammetria szoftver
- Inverz grafikában tipikus előfeldolgozási fázis kamera pozíciók és pl. a kezdeti Gauss pontfelhő meghatározására
- Robusztus, de igen számításigényes (több óra) és klasszikus képfeldolgozáson alapul



Inverz Grafika a Gyakorlatban

Nerfstudio

- Moduláris NeRF/3DGS keretrendszer
- Szerver-kliens architektúra
- Grafikus kliens felület
- State-of-the-art implementációk: Nerfacto, Splatfacto / gsplat, és sok egyéb módszer
- Általános pipeline API új módszerek implementációjára
- Támogatott OS: Linux, Windows
- Támogatott GPU: NVIDIA

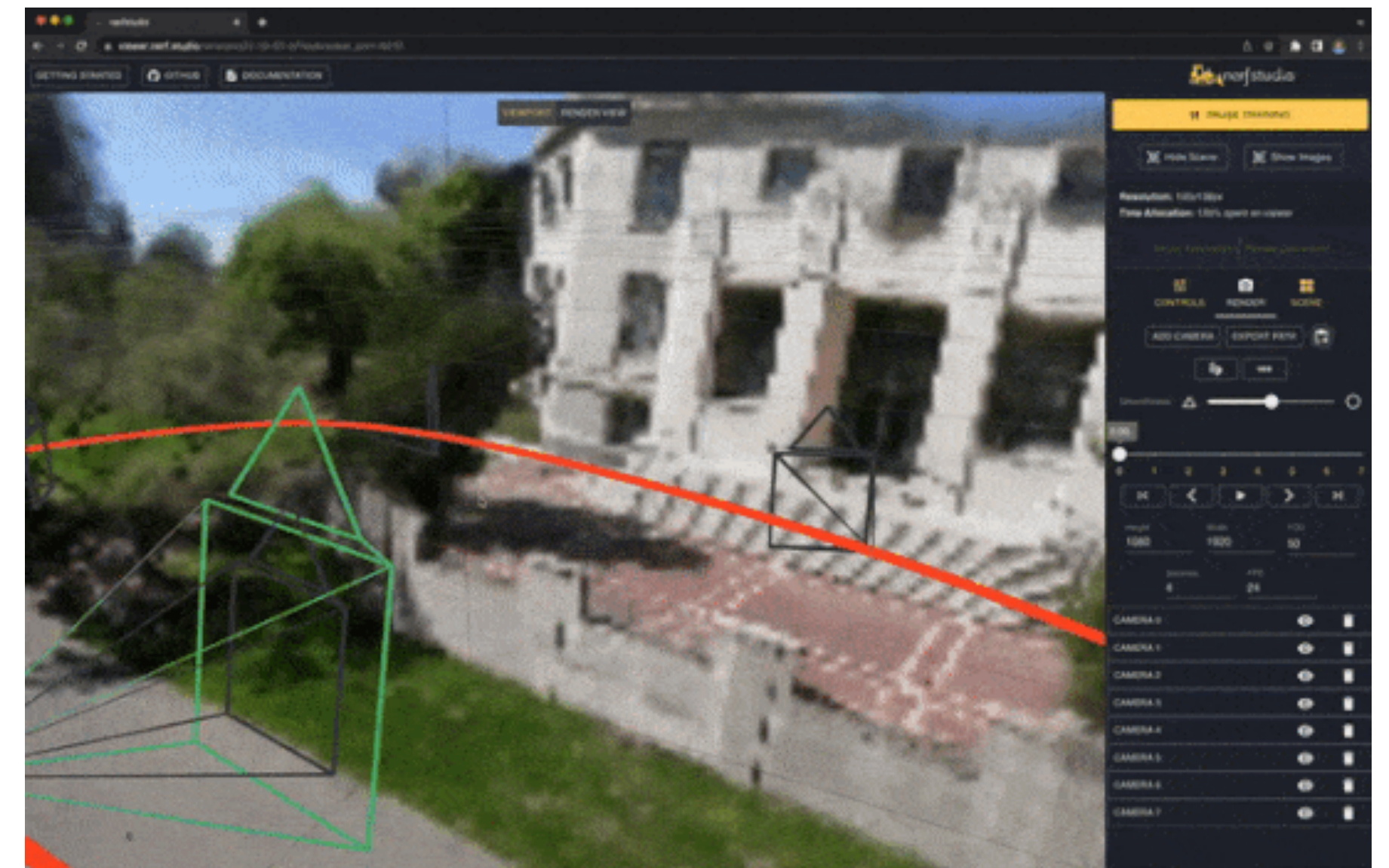


<https://docs.nerf.studio/>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

Nerfstudio

- Moduláris NeRF/3DGS keretrendszer
- Szerver-kliens architektúra
- Grafikus kliens felület
- State-of-the-art implementációk: Nerfacto, Splatfacto / gsplat, és sok egyéb módszer
- Általános pipeline API új módszerek implementációjára
- Támogatott OS: Linux, Windows
- Támogatott GPU: NVIDIA



<https://docs.nerf.studio/>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

LichtFeld Studio

- State-of-the-art 3DGS tanítás és renderelés, C++23 & CUDA alapon
- Kényelmi funkciók:
 - Szerkesztési eszközök
 - Python plugin támogatás
 - AI integráció (MCP)
- v0.5-től már fizetős...
- Támogatott OS: Linux, Windows
- Támogatott GPU: NVIDIA

 **LichtFeld Studio**



<https://lichtfeld.io/>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

LichtFeld Studio

- State-of-the-art 3DGS tanítás és renderelés, C++23 & CUDA alapon
- Kényelmi funkciók:
 - Szerkesztési eszközök
 - Python plugin támogatás
 - AI integráció (MCP)
- v0.5-től már fizetős...
- Támogatott OS: Linux, Windows
- Támogatott GPU: NVIDIA

 **LichtFeld Studio**



<https://lichtfeld.io/>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

Brush

- Rust alapú multi-platform 3DGS rendering és tanítás
- WebGPU implementáció
- Burn deep learning framework
- Rerun vizualizáció
- Támogatott OS: Linux, Windows, MacOS, Android, web browser ...
- Támogatott GPU: Apple silicon, AMD is!



<https://github.com/ArthurBrussee/brush>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

Brush

- Rust alapú multi-platform 3DGS rendering és tanítás
- WebGPU implementáció
- Burn deep learning framework
- Rerun vizualizáció
- Támogatott OS: Linux, Windows, MacOS, Android, web browser ...
- Támogatott GPU: Apple silicon, AMD is!



<https://github.com/ArthurBrussee/brush>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

KIRI Engine

- Kommerciális 3DGS szoftver
- 3DGS editálás, exportálás
- Blender plugin
- Rekonstrukció felhőben!
- Támogatott OS: Android, iOS, Web

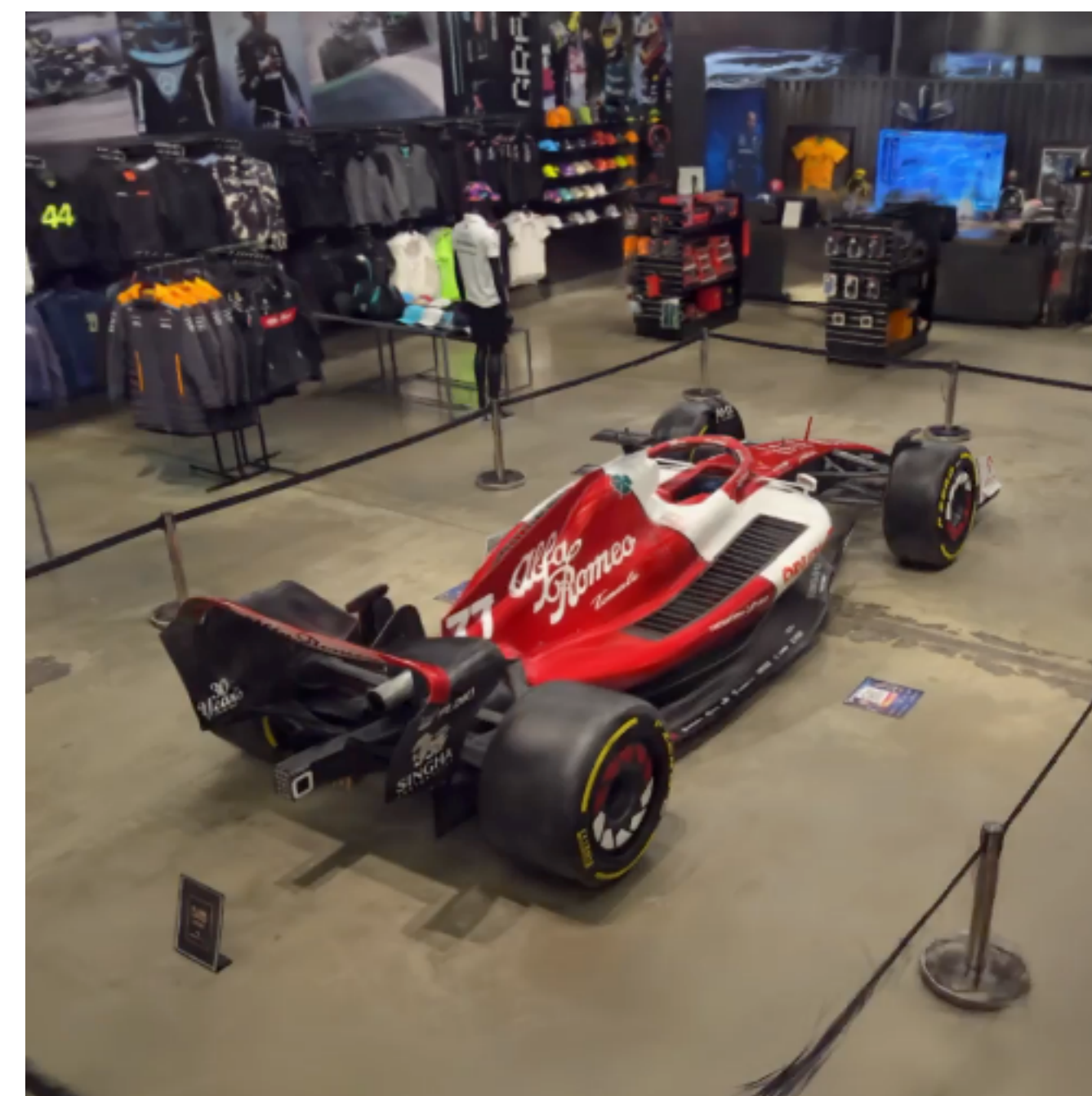


<https://www.kiriengine.app/>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

KIRI Engine

- Kommerciális 3DGS szoftver
- 3DGS editálás, exportálás
- Blender plugin
- Rekonstrukció felhőben!
- Támogatott OS: Android, iOS, Web

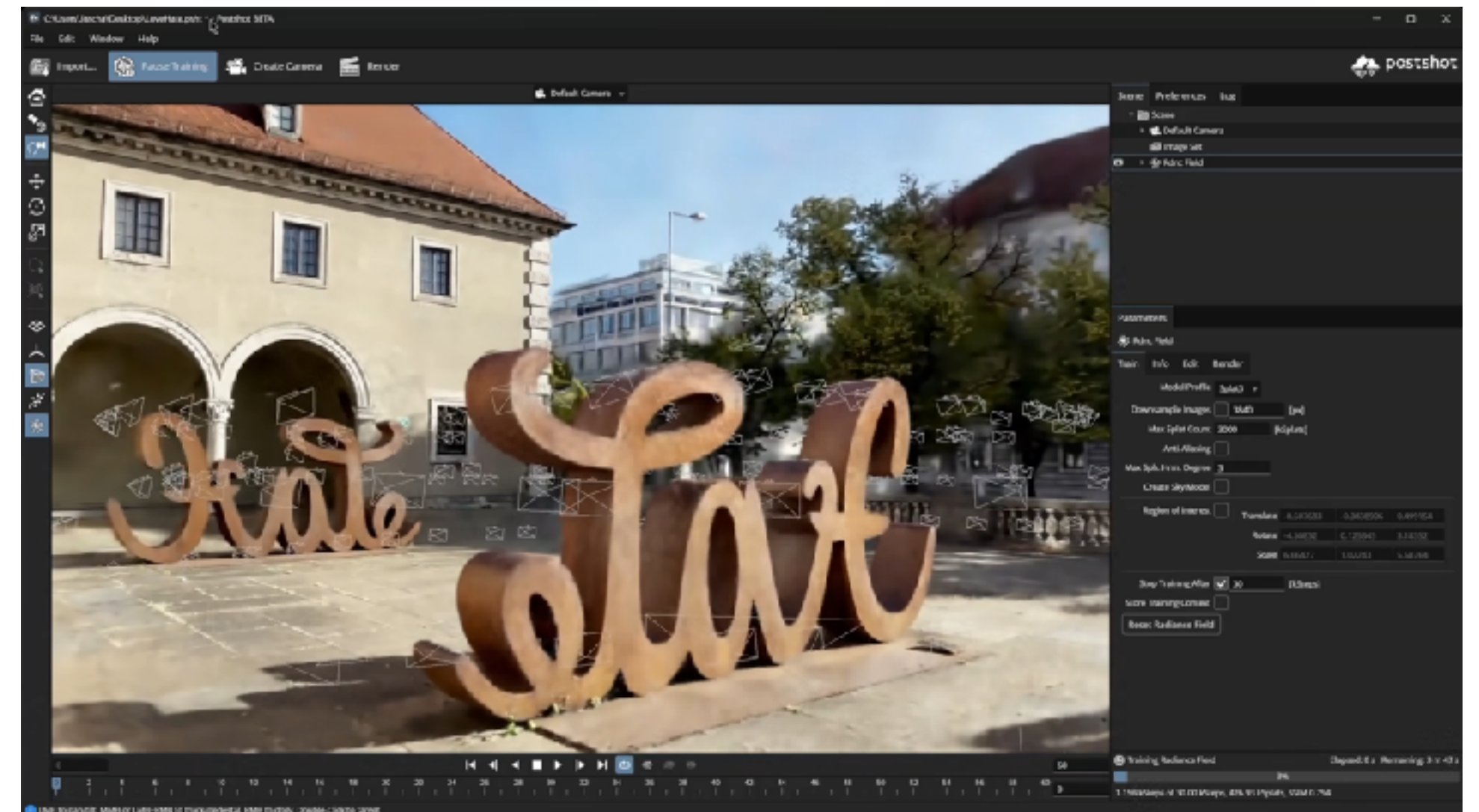


<https://www.kiriengine.app/>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

PostShot

- Kommerciális 3DGS szoftver
- Korlátlan méretű input / output
- Tetszőleges felbontás támogatása
- Unreal, After Effects integráció
- Támogatott OS: Windows
- Támogatott GPU: NVIDIA

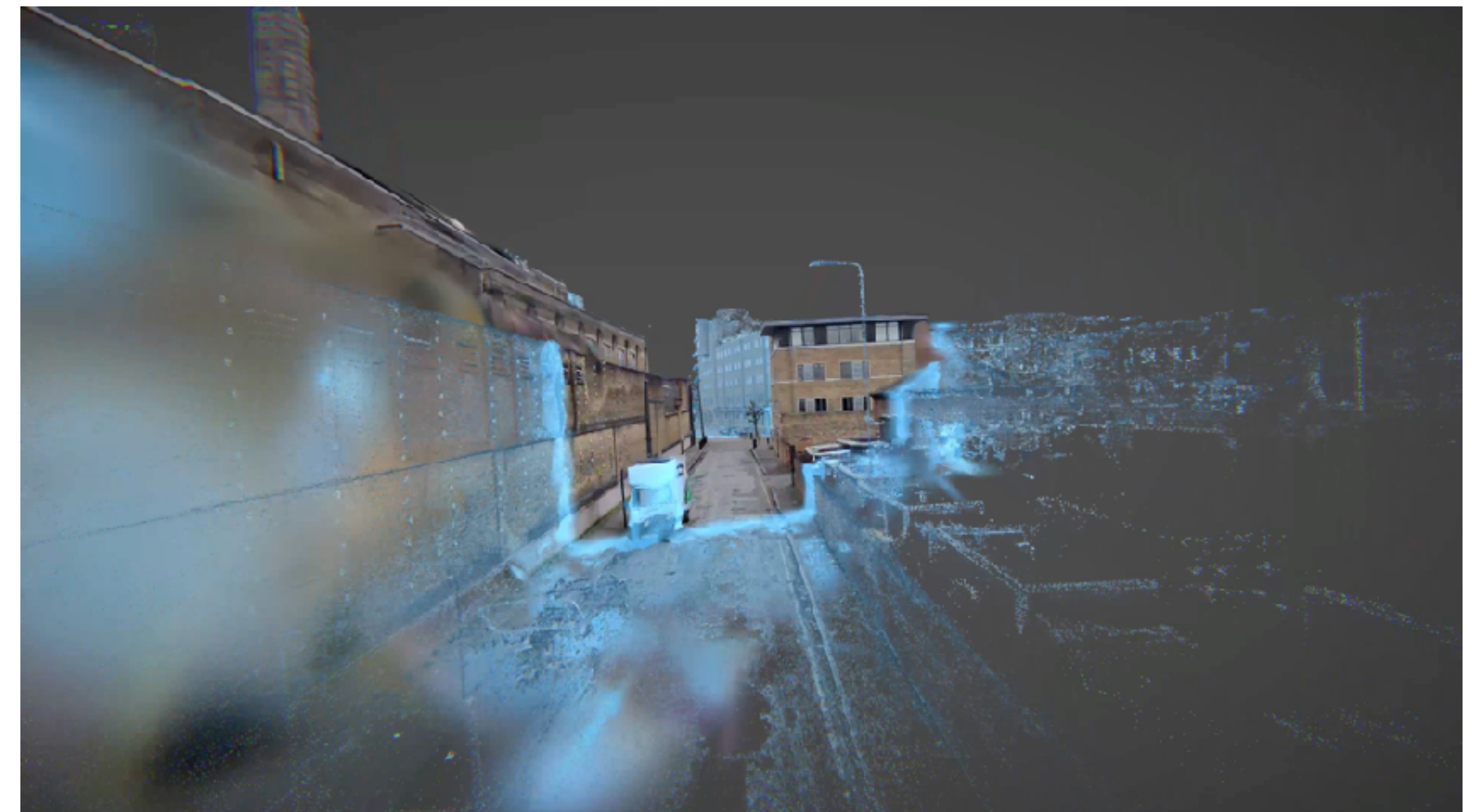


Inverz Grafika a Gyakorlatban

Kommerciális 3DGS szoftverek



XGRIDS Lixel CyberColor (LCC)



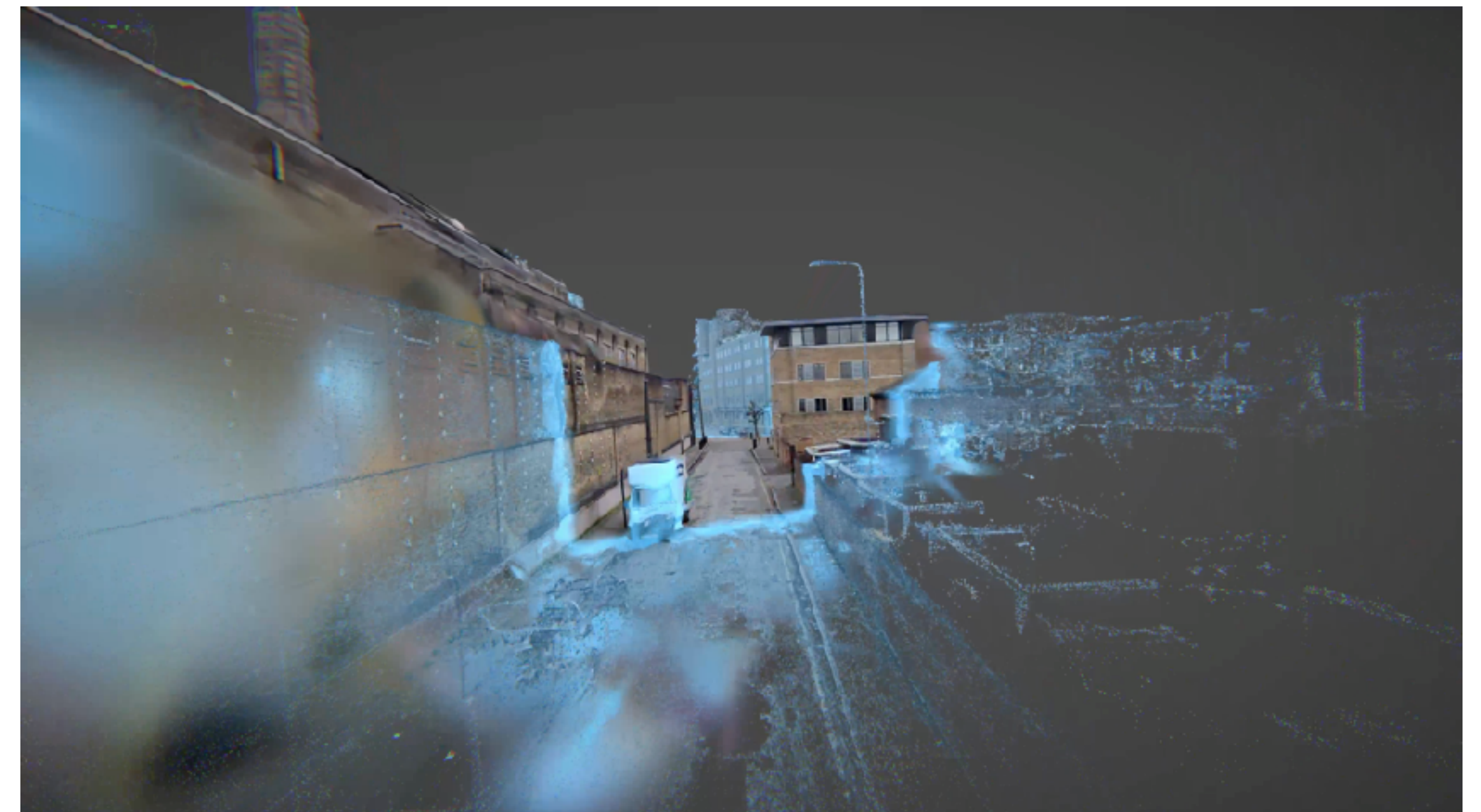
Niantic Scaniverse

Inverz Grafika a Gyakorlatban

Kommerciális 3DGS szoftverek



XGRIDS Lixel CyberColor (LCC)



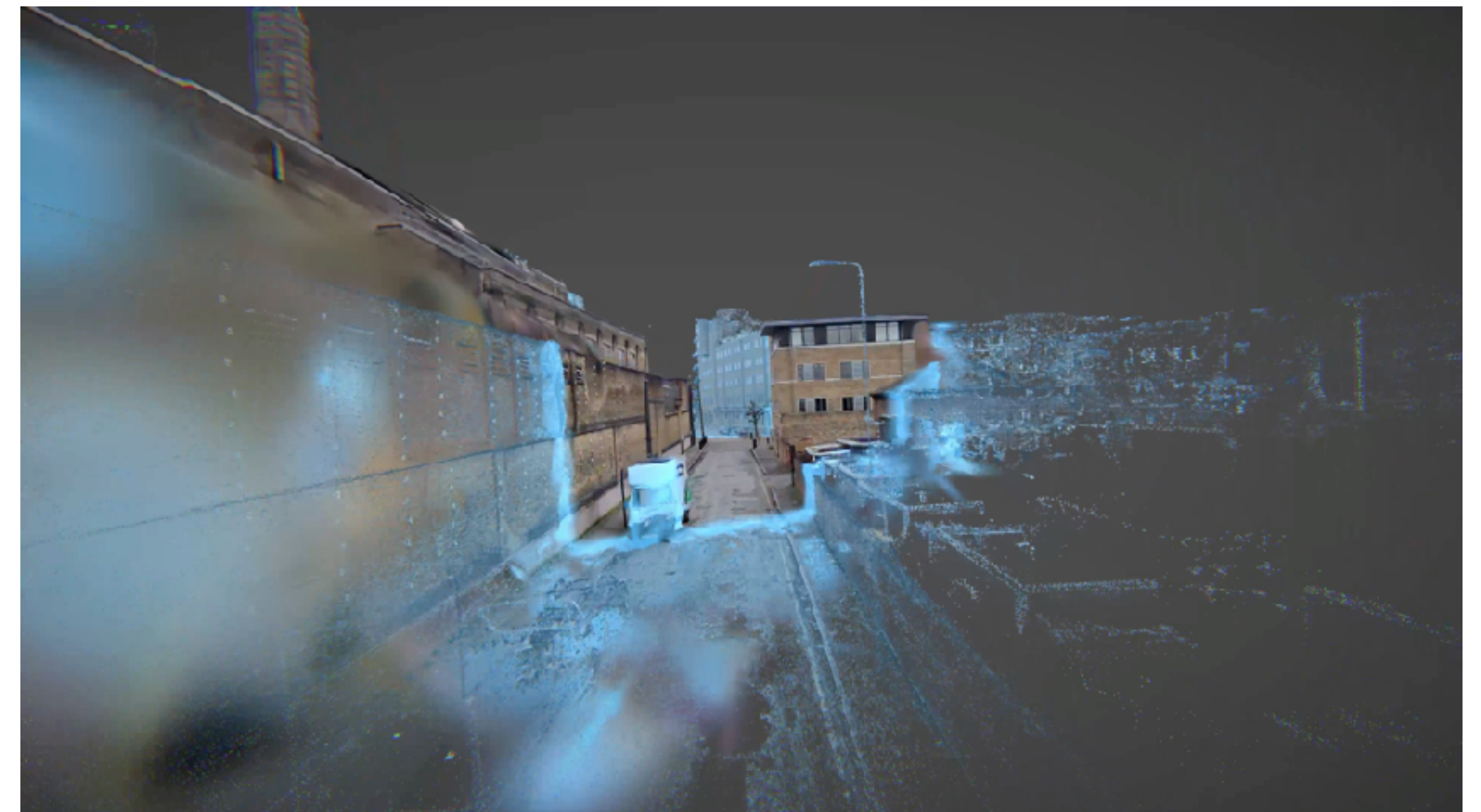
Niantic Scaniverse

Inverz Grafika a Gyakorlatban

Kommerciális 3DGS szoftverek



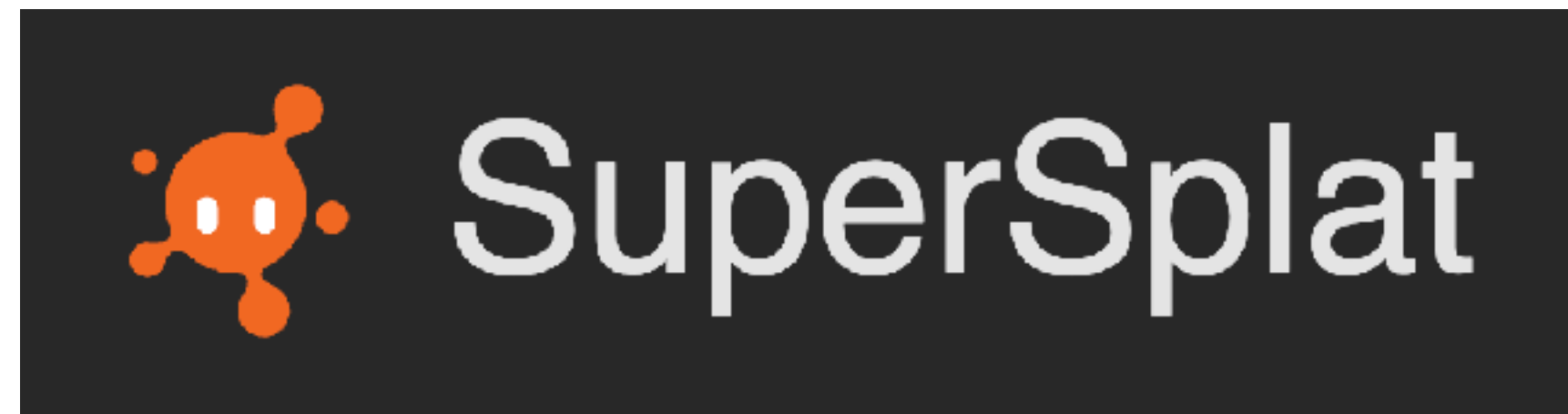
XGRIDS Lixel CyberColor (LCC)



Niantic Scaniverse

Inverz Grafika a Gyakorlatban

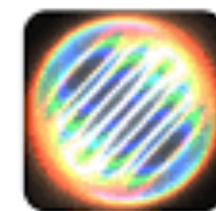
3DGS — Web-alapú rendererek



<https://supersplat.at/>

kishimisu/**Gaussian-Splatting-WebGL**

3D Gaussian Splatting Renderer for WebGL



2 Contributors 4 Issues 242 Stars 34 Forks



<https://webgl-gaussian-splatting.vercel.app/>



An advanced 3D Gaussian Splatting renderer for THREE.js

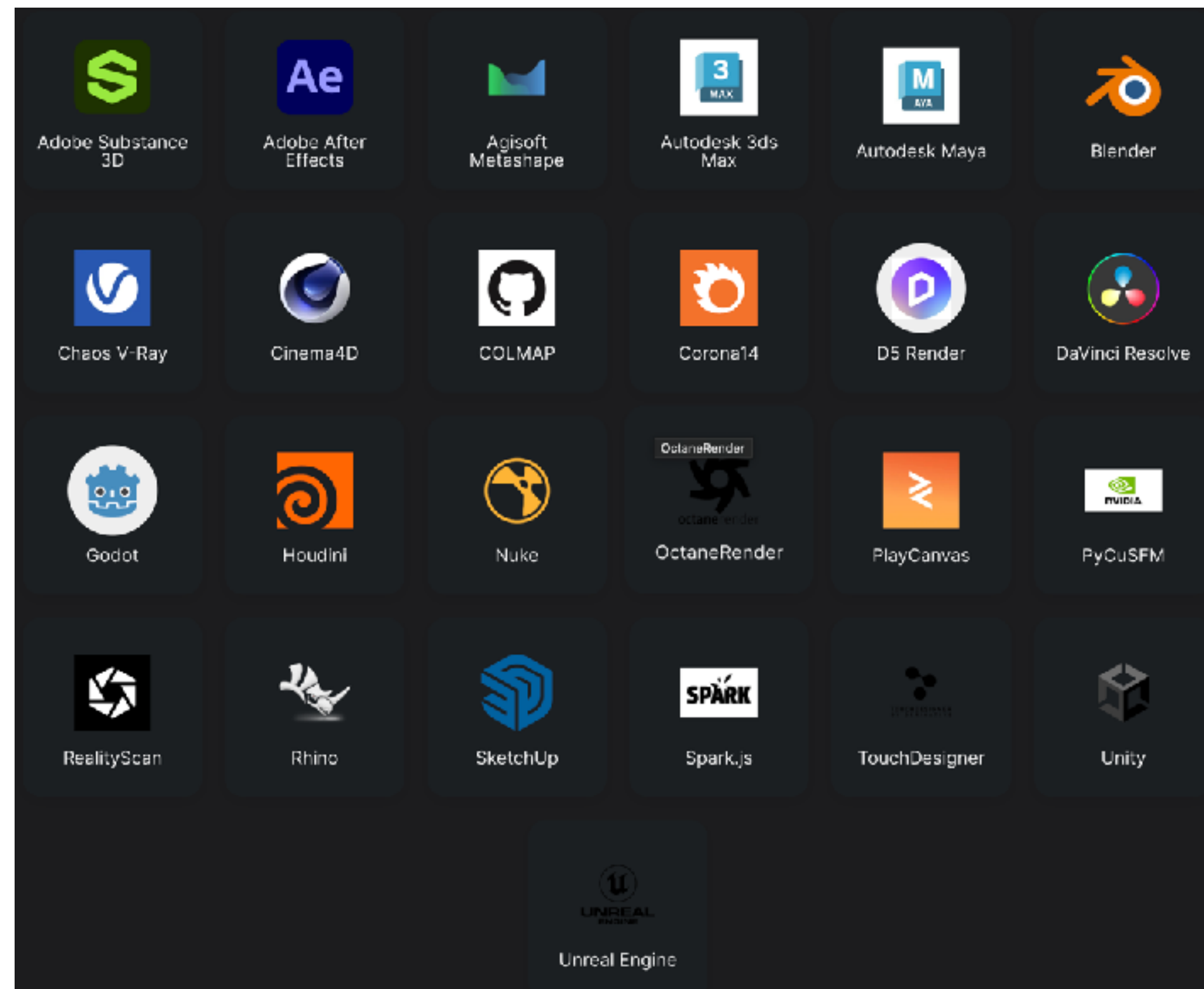
<https://sparkjs.dev/>

 **Luma WebGL Library**

<https://lumalabs.ai/luma-web-library>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

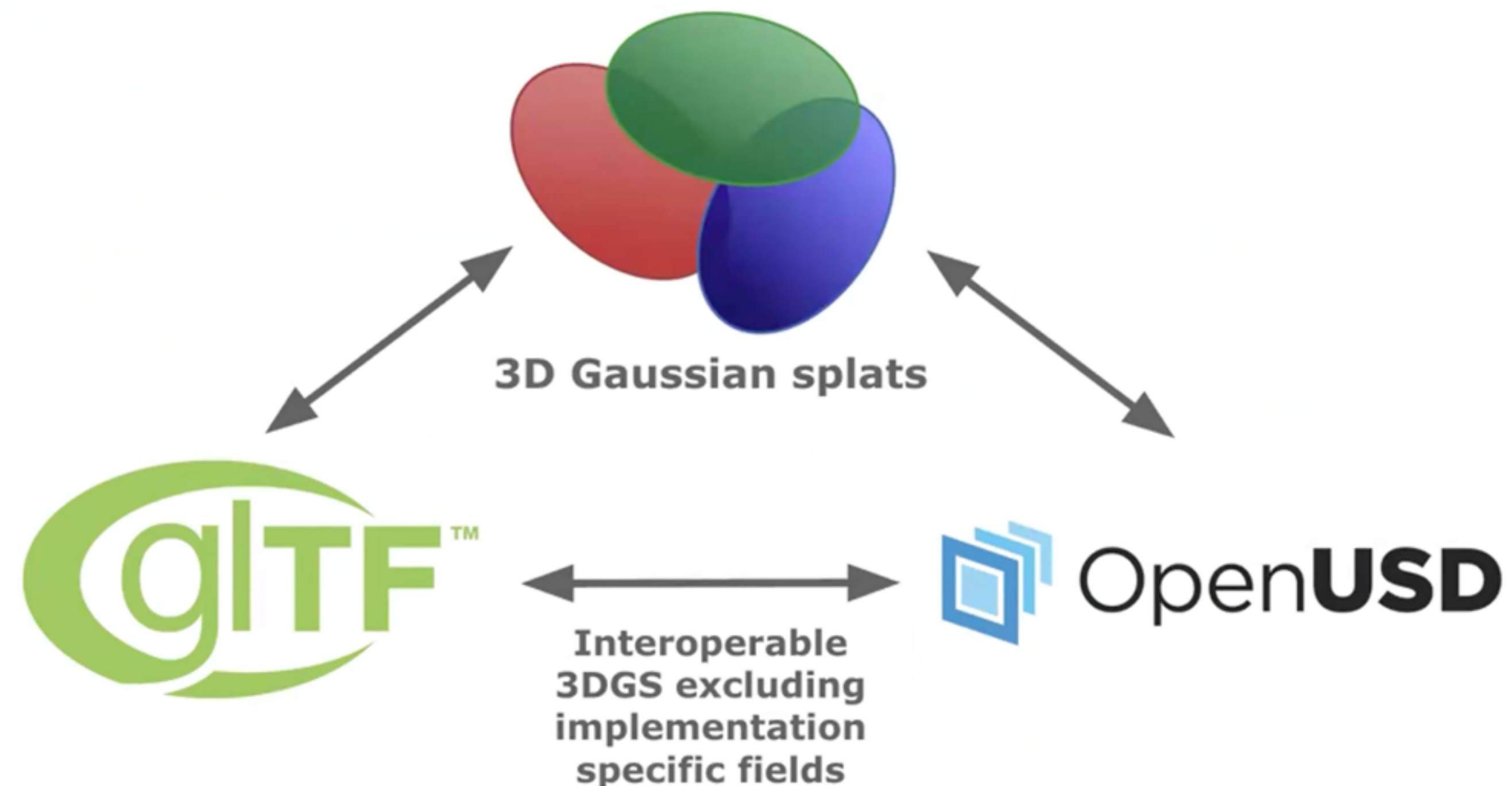
3DGS – Ipari adoptáció



<https://radiancefields.com/3d-gaussian-splatting-engine-support>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

3DGS – Szabványosítás



<https://www.khronos.org/blog/khronos-ogc-and-geospatial-leaders-add-3d-gaussian-splats-to-the-glTF-asset-standard>

Inverz Grafika a Gyakorlatban

3DGS – Általános tanácsok

- Kép mennyiség:
 - Objektumok, kisebb terek: >100 db
 - Kültéri jelenetek, nagyobb terek: több 100, vagy akár több 1000!
- Legyen kellő átfedés és “parallax” a képek között: minél több nézőpont, különböző szögből, magasságból, távolságból!
- Egységes kamera kalibráció — fixált fókusztávolság, ISO, expozíció, stb.!
- Fényviszonyok maradjanak konzisztensek (ne vessünk pl. erős árnyékot)!
- Videóhoz lassan mozogjunk, spirál, vagy szabályos pálya mentén!

Dinamikus Gaussian Splatting

Volumetrikus videó

- Többnézetű videófelvételek
- Több tucat kamera, különböző szögben, magasságban
- Megoldandó feladatok:
 - Egységes kalibráció
 - Időbeli szinkronizáció



Dinamikus Gaussian Splatting

Dynamic 3D Gaussians



<https://dynamic3dgaussians.github.io/>

Dinamikus Gaussian Splatting

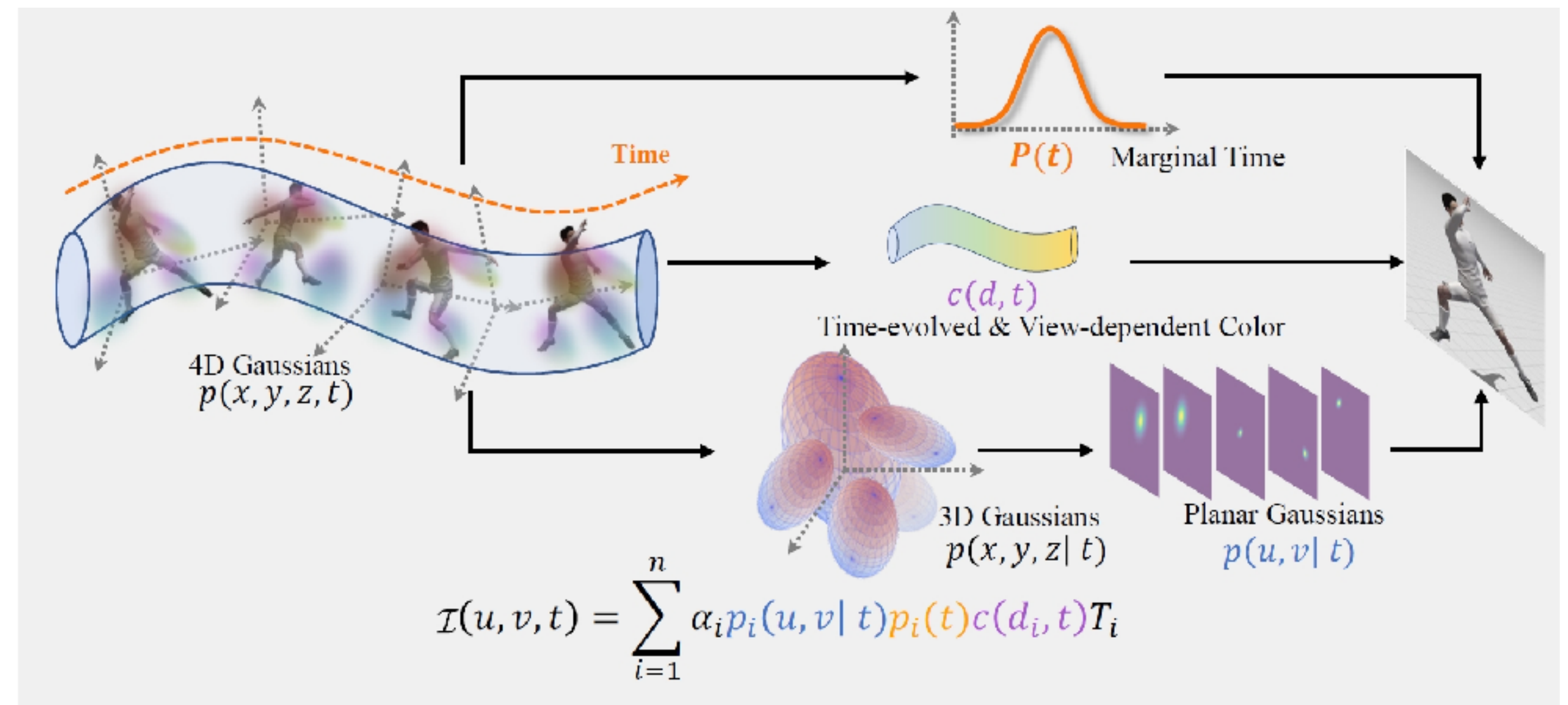
Dynamic 3D Gaussians



<https://dynamic3dgaussians.github.io/>

Dinamikus Gaussian Splatting

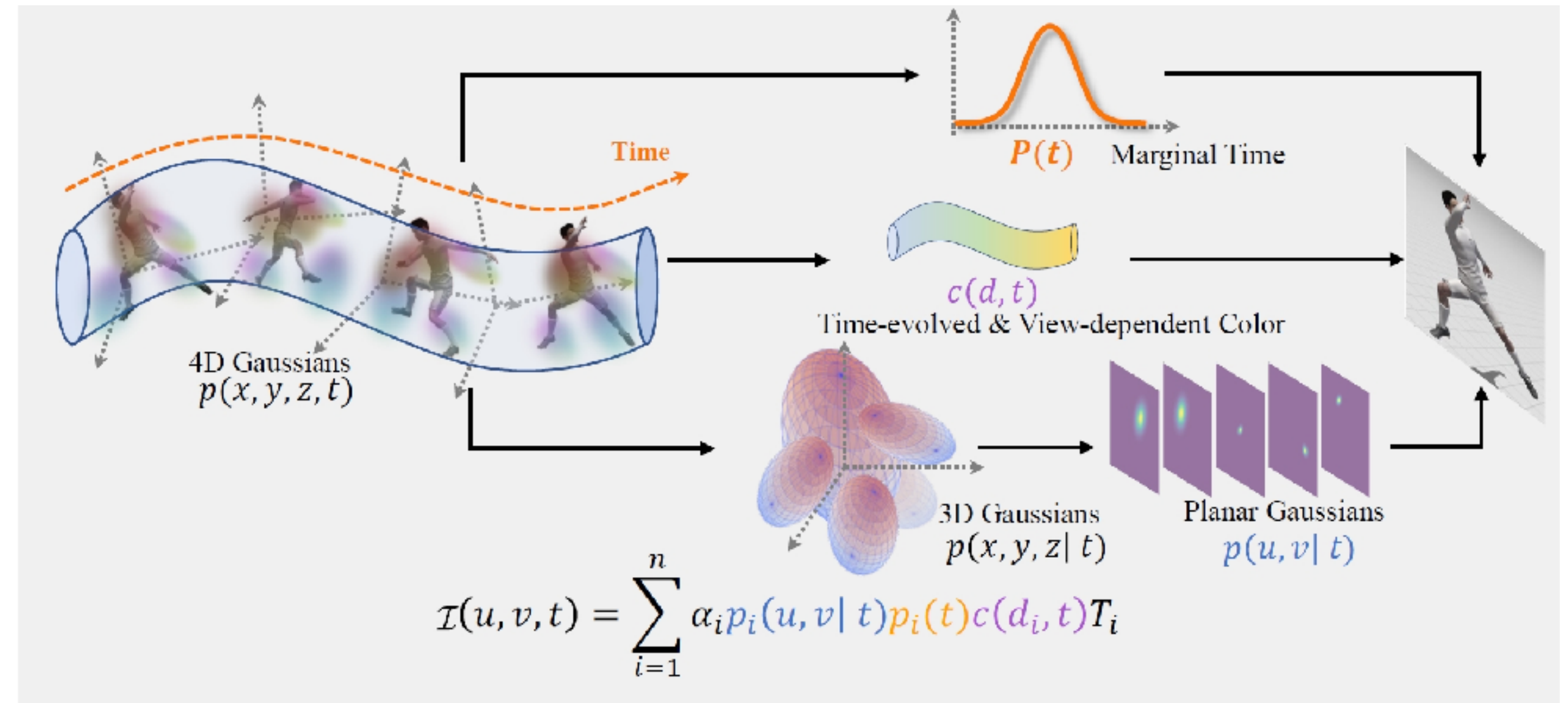
4D Gaussian Splatting (4DGS)



<https://fudan-zvg.github.io/4d-gaussian-splatting/>

Dinamikus Gaussian Splatting

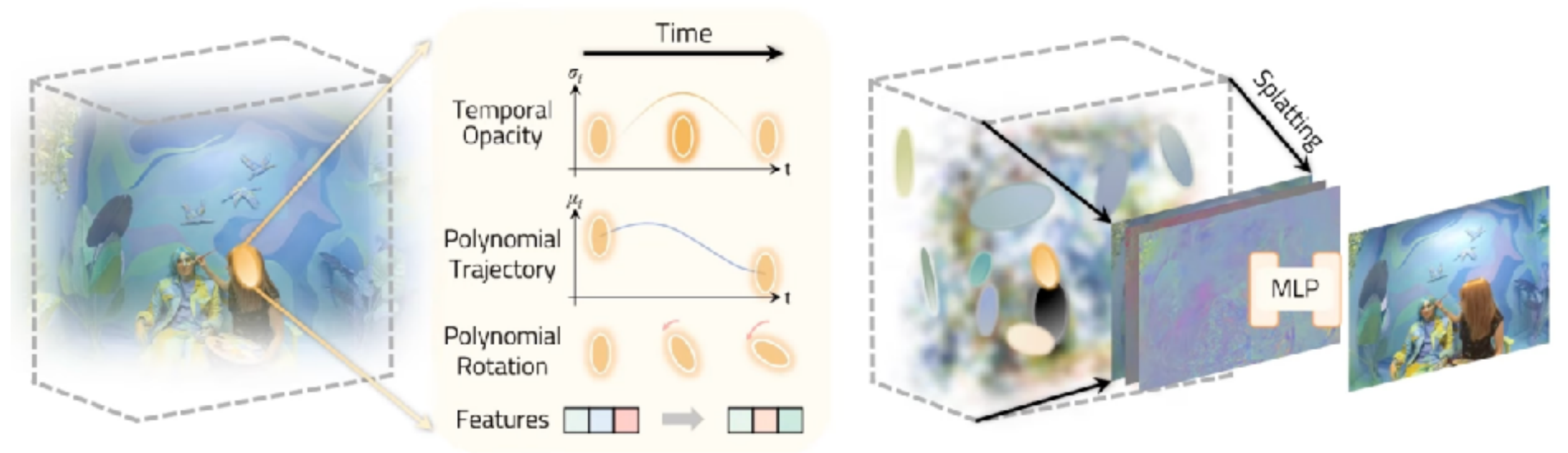
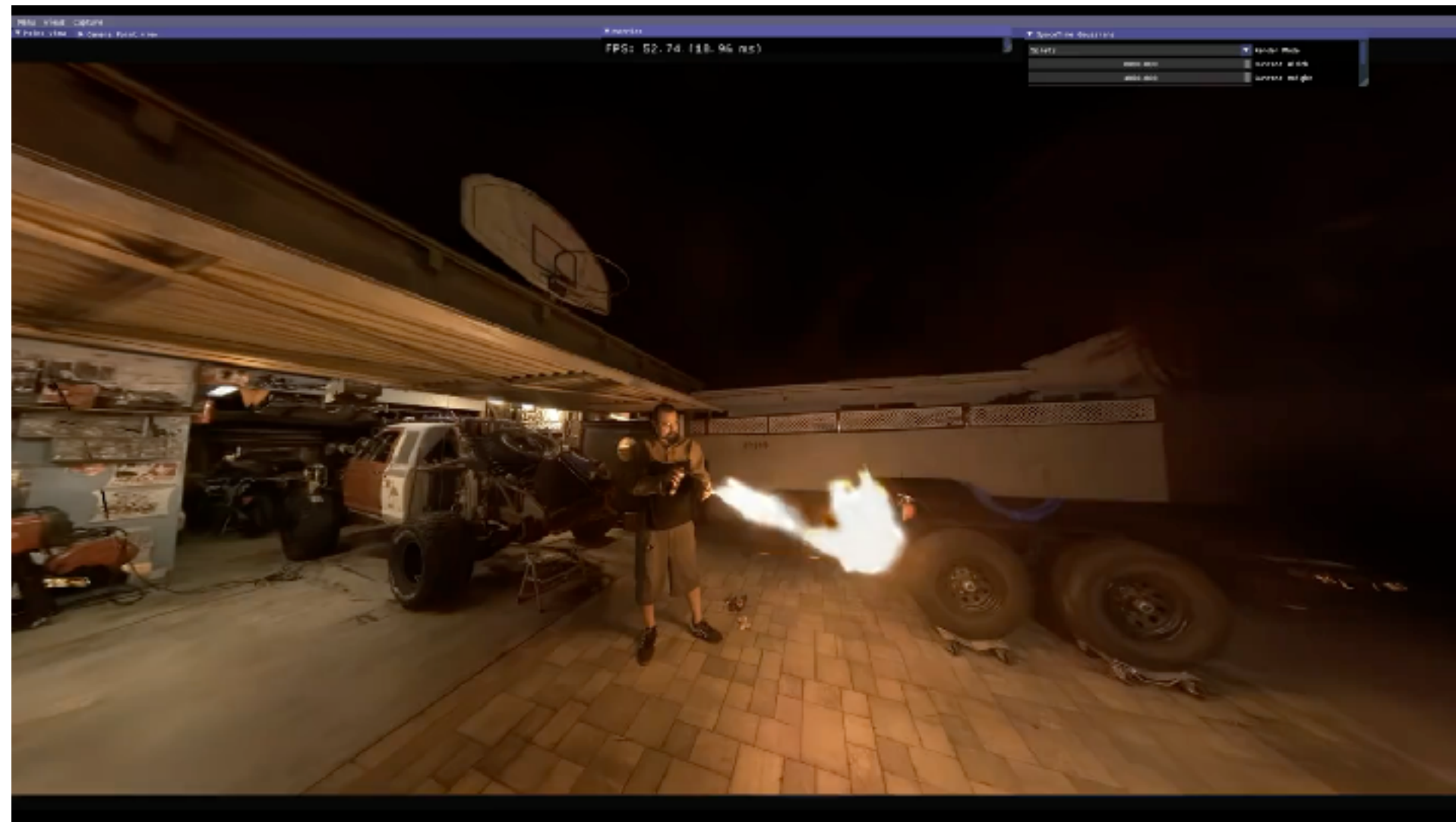
4D Gaussian Splatting (4DGS)



<https://fudan-zvg.github.io/4d-gaussian-splatting/>

Dinamikus Gaussian Splatting

Spacetime Gaussians



Spacetime Gaussians

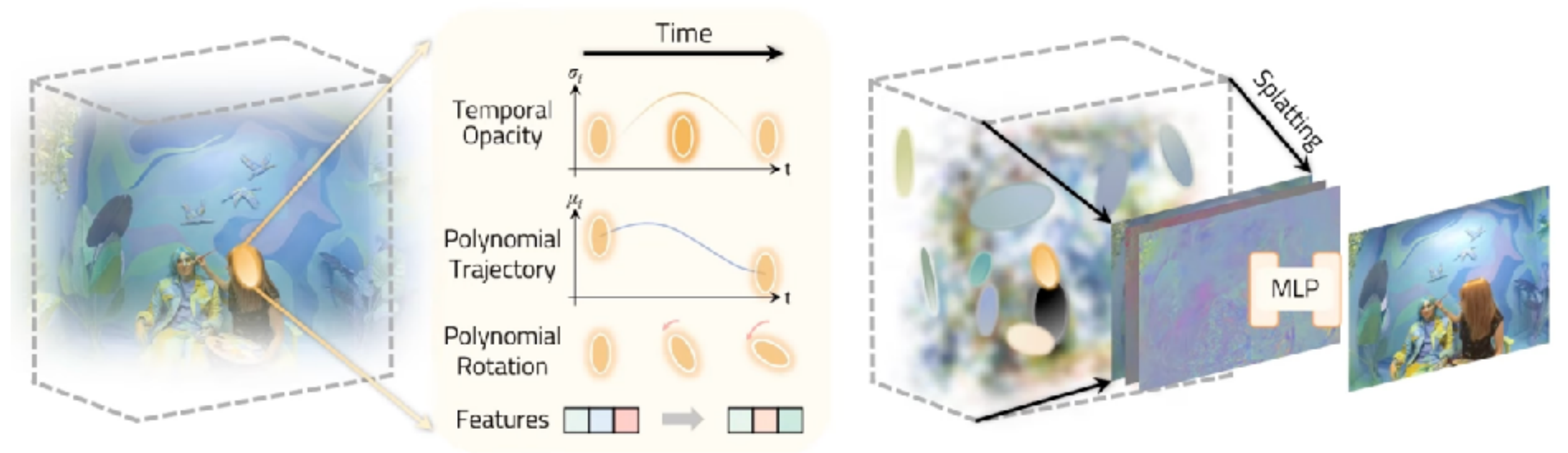
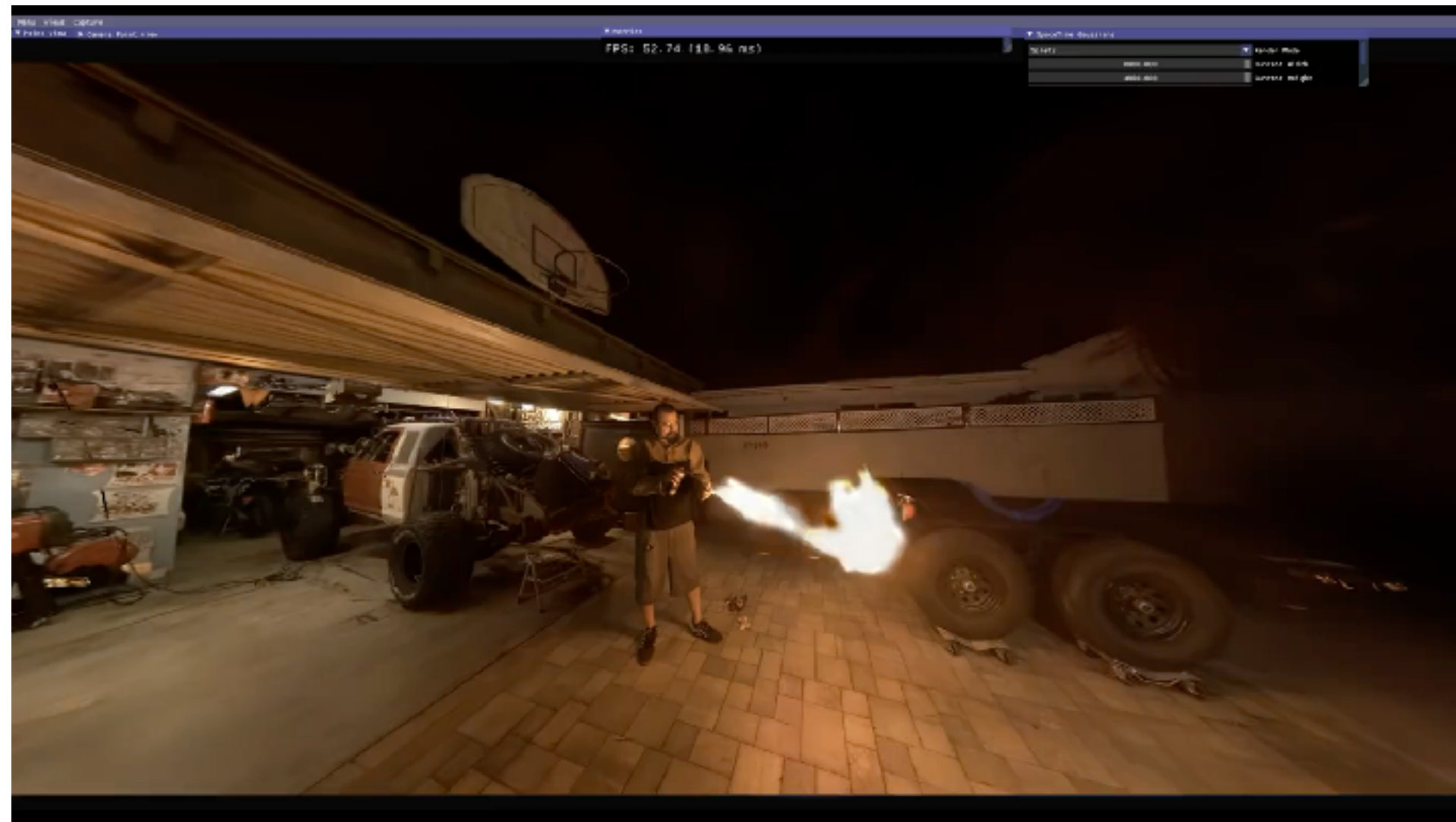
Feature Splatting and Rendering



<https://oppo-us-research.github.io/SpacetimeGaussians-website/>

Dinamikus Gaussian Splatting

Spacetime Gaussians



Spacetime Gaussians

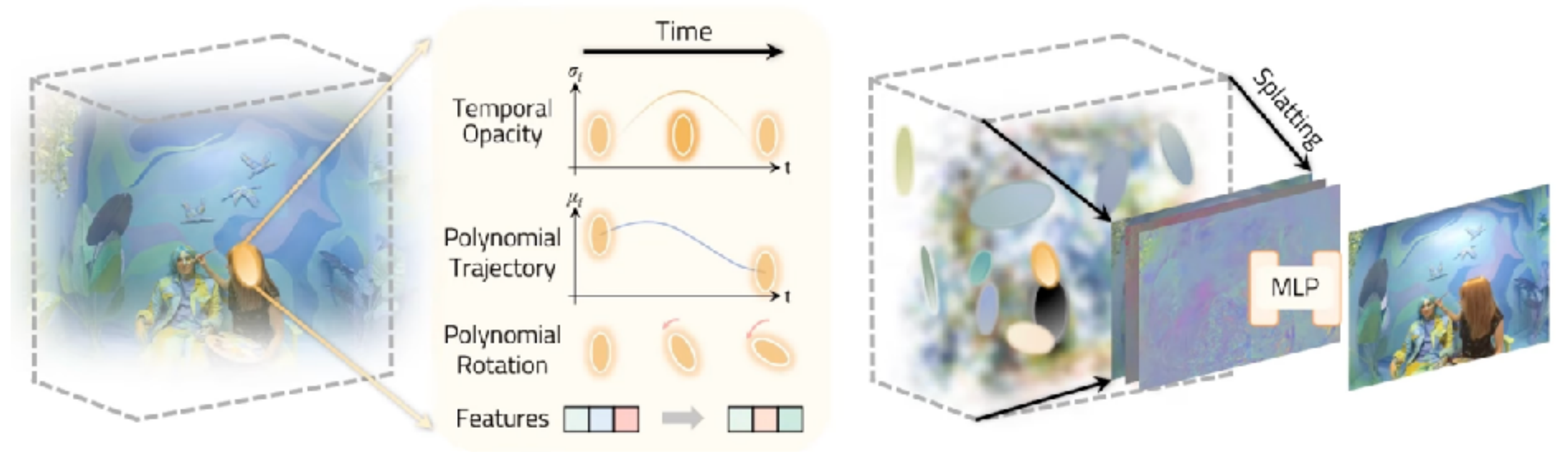
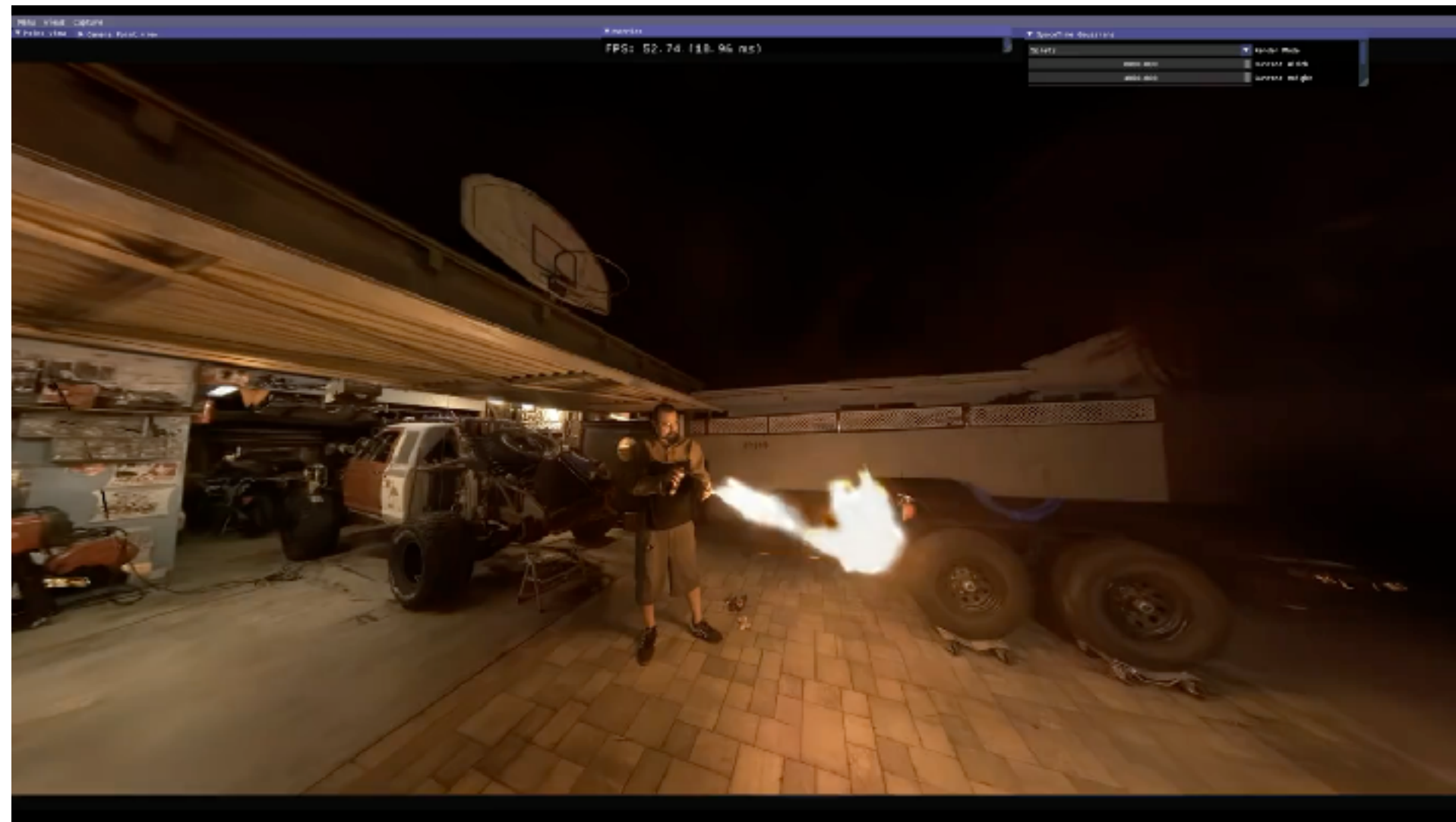
Feature Splatting and Rendering



<https://oppo-us-research.github.io/SpacetimeGaussians-website/>

Dinamikus Gaussian Splatting

Spacetime Gaussians



Spacetime Gaussians

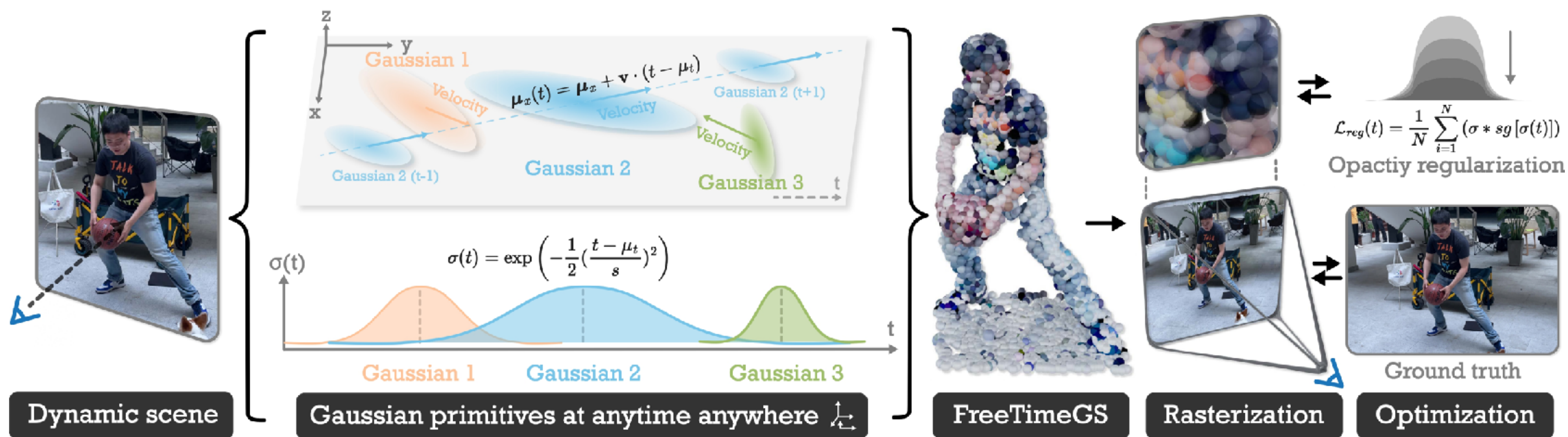
Feature Splatting and Rendering



<https://oppo-us-research.github.io/SpacetimeGaussians-website/>

Dinamikus Gaussian Splatting

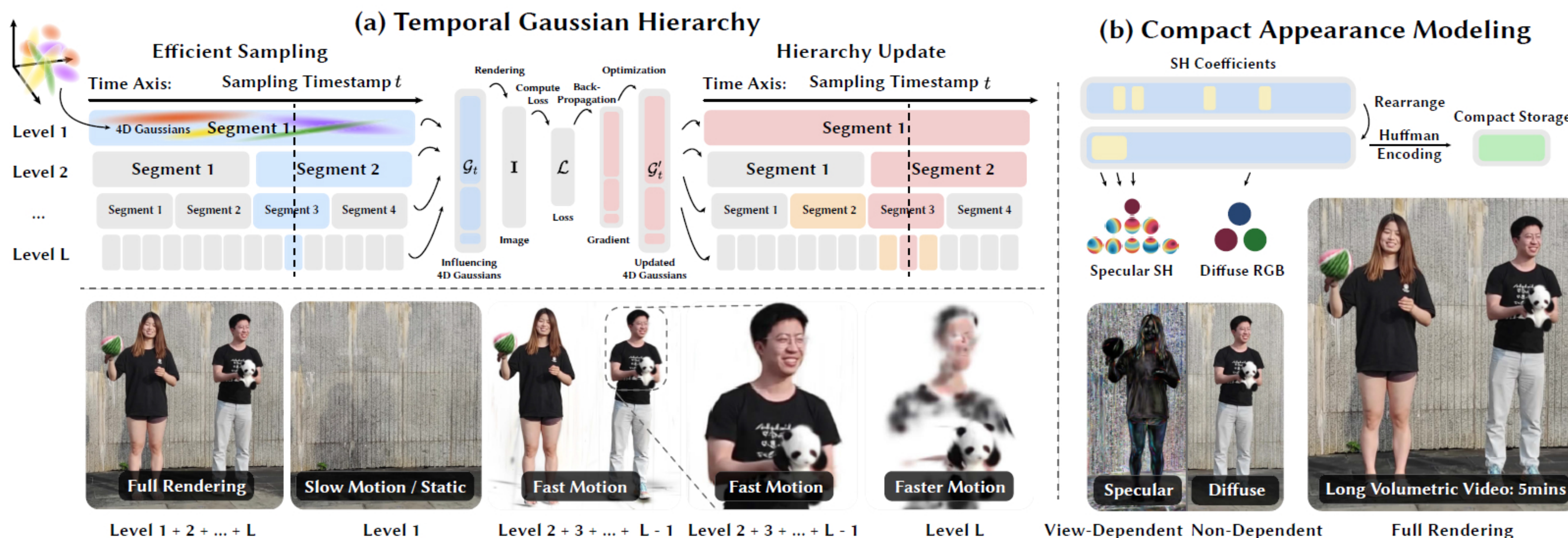
FreeTimeGS



<https://zju3dv.github.io/freetimegs/>

Dinamikus Gaussian Splatting

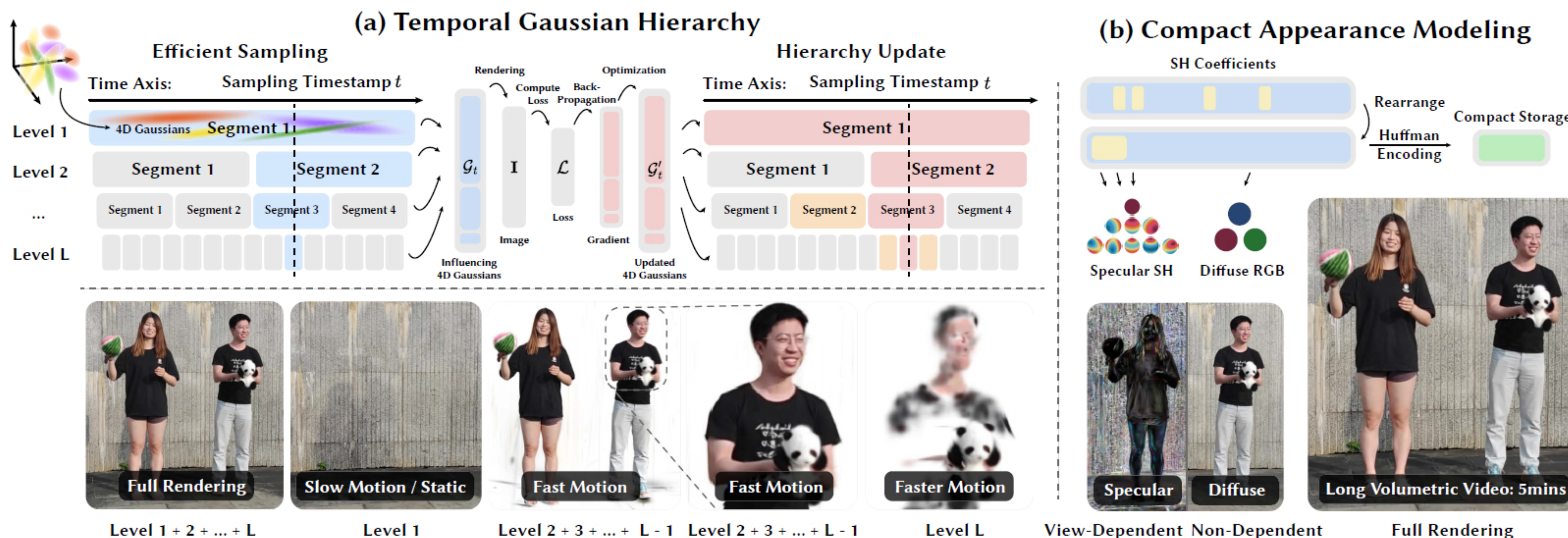
LongVolCap



<https://zju3dv.github.io/longvolcap/>

Dinamikus Gaussian Splatting

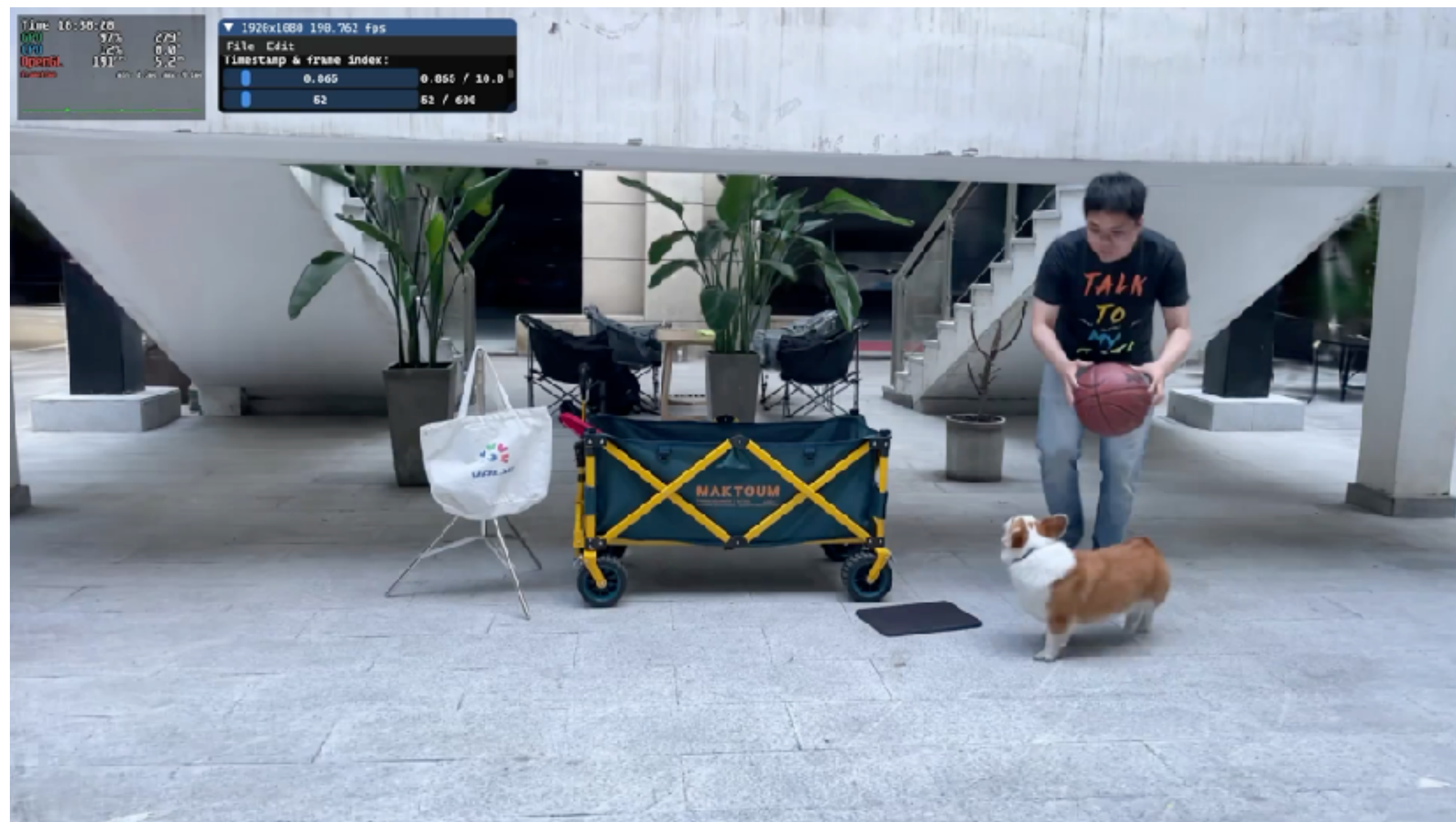
LongVolCap



<https://zju3dv.github.io/longvolcap/>

Dinamikus Gaussian Splatting

Implementáció



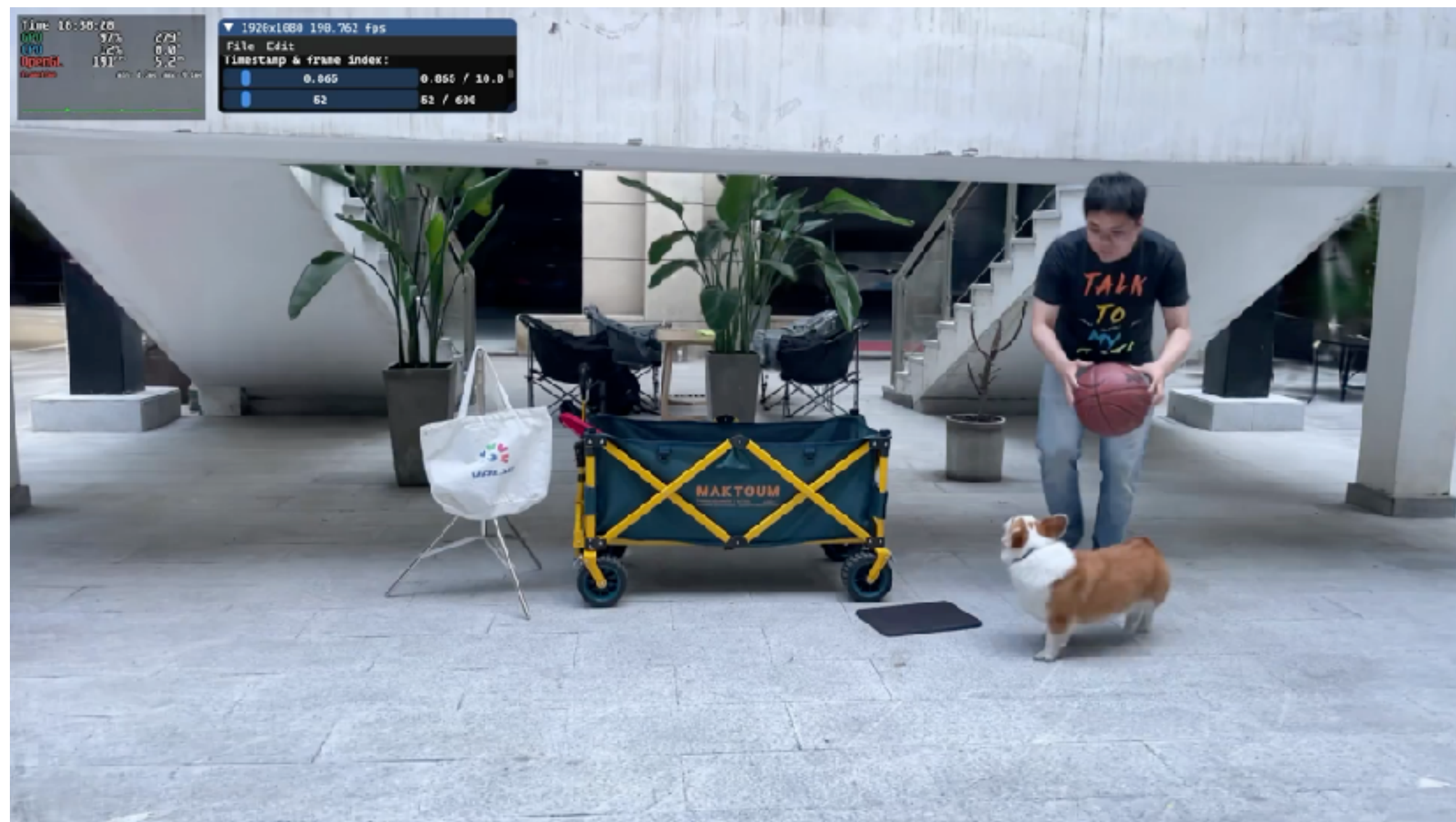
<https://github.com/zju3dv/EasyVolcap>



<https://www.4dv.ai/>

Dinamikus Gaussian Splatting

Implementáció

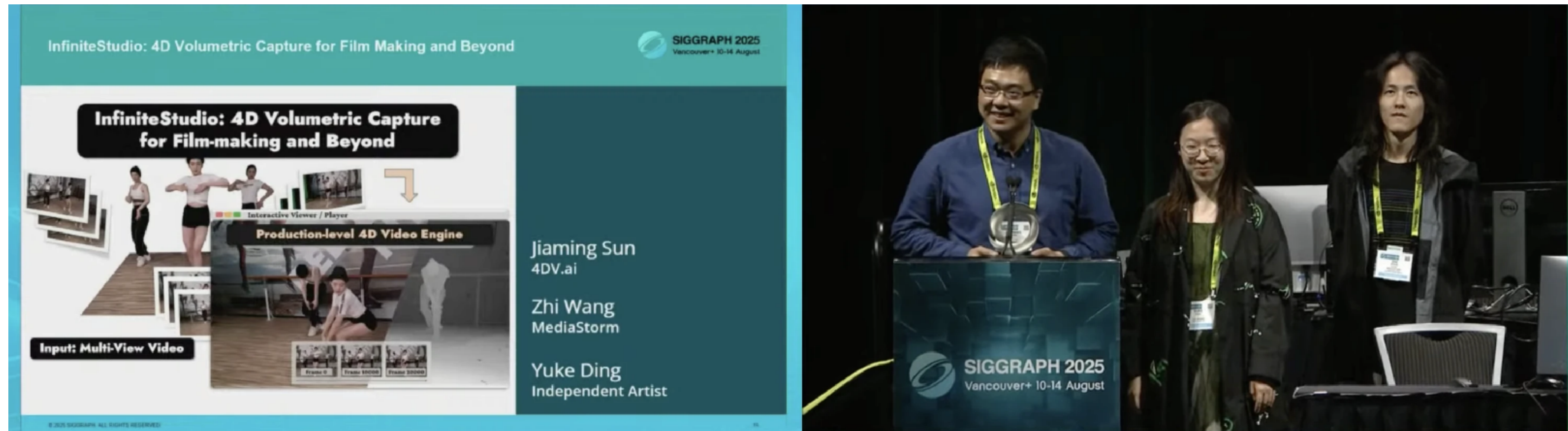


<https://github.com/zju3dv/EasyVolcap>



<https://www.4dv.ai/>

Dinamikus Gaussian Splatting Implementáció

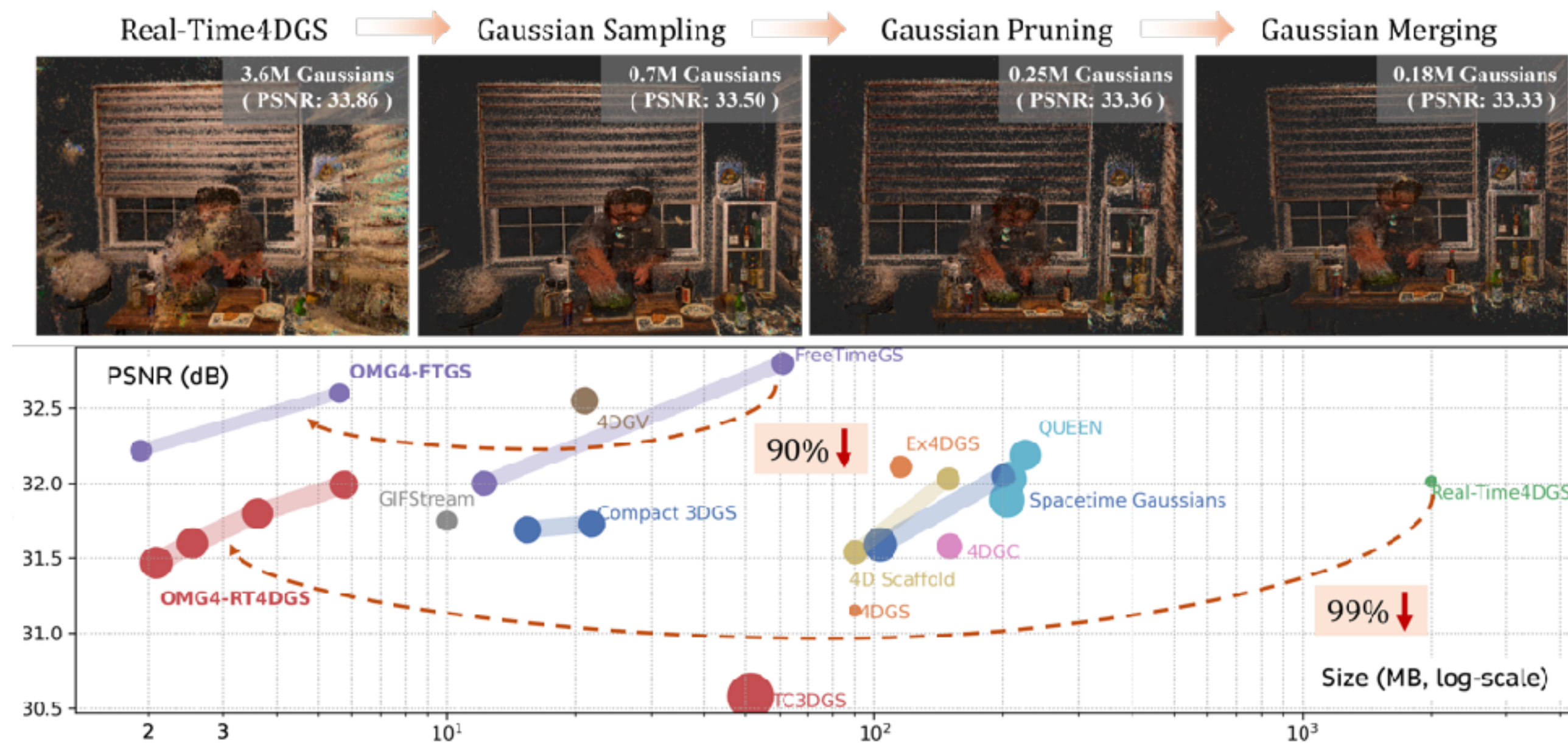


<https://4dv.ai/siggraph>

Blender, Unreal plug-in
SIGGRAPH 2025 “Best-in-Show” Díj!

Dinamikus Gaussian Splatting

Tömörítés



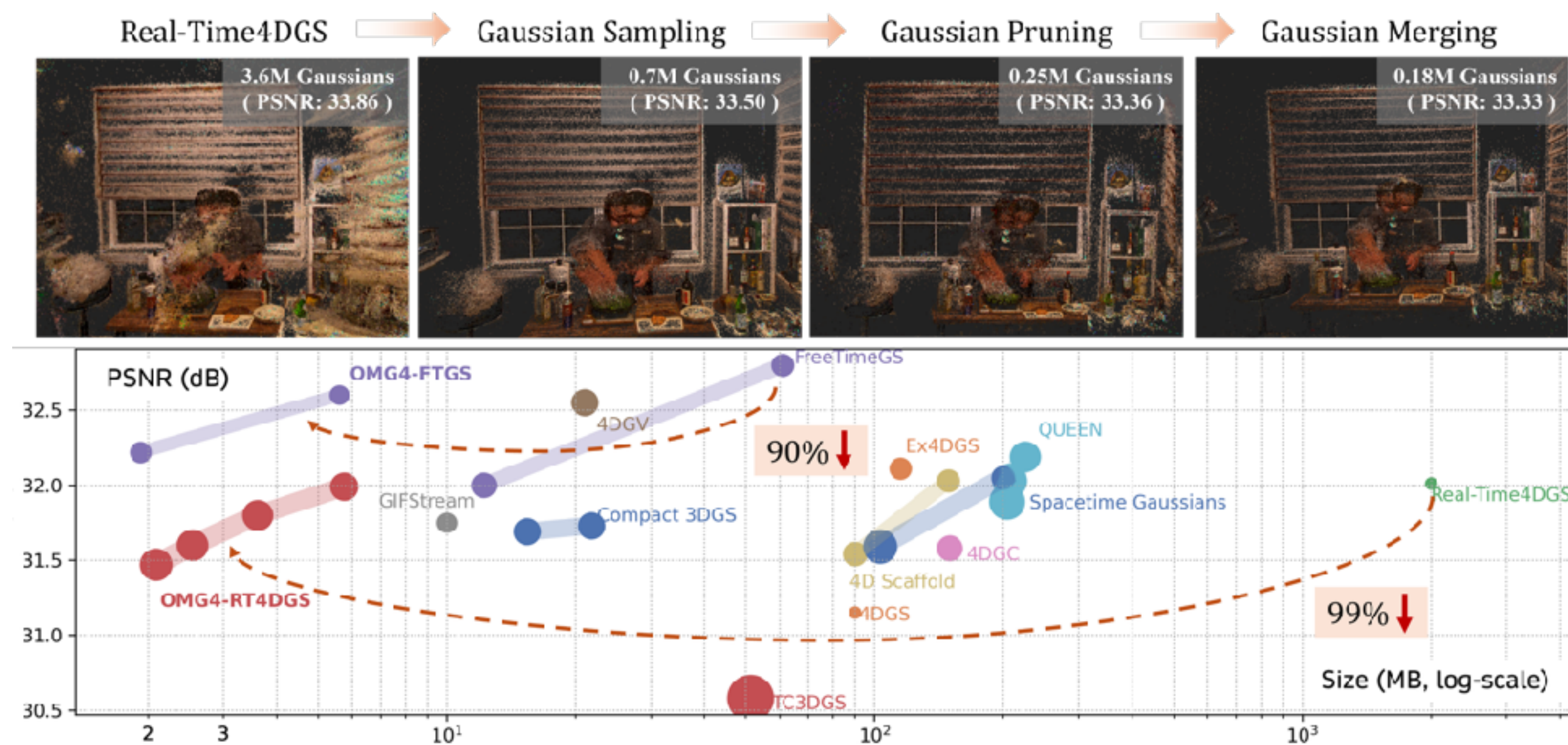
2 GB ⇒ 3 MB!!!



<https://minshirley.github.io/OMG4/>

Dinamikus Gaussian Splatting

Tömörítés



2 GB ⇒ 3 MB!!!



<https://minshirley.github.io/OMG4/>

Dinamikus Gaussian Splatting

Alkalmazások



<https://www.ir-ltd.net/ir/4dgs/>

4DGS betörése a VFX iparba

Dinamikus Gaussian Splatting

Alkalmazások



<https://www.ir-ltd.net/ir/4dgs/>

4DGS betörése a VFX iparba

Dinamikus Gaussian Splatting

Alkalmazások



<https://www.ir-ltd.net/ir/4dgs/>

4DGS betörése a VFX iparba

Dinamikus Gaussian Splatting

Alkalmazások



4DGS betörése a VFX iparba

Dinamikus Gaussian Splatting

Alkalmazások



4DGS betörése a VFX iparba

Következő Előadás:

Generatív Radiancia Mezők



Zero-1-to-3 (NeRF)

01:16
Minute Second



Ours (Gaussian Splatting)



3DGS/NeRF generatív alkalmazásai, 3D világmodellek

Következő Előadás:

Generatív Radiancia Mezők



Zero-1-to-3 (NeRF)

01:16
Minute Second



Ours (Gaussian Splatting)



3DGS/NeRF generatív alkalmazásai, 3D világmodellek

Következő Előadás:

Generatív Radiancia Mezők



Zero-1-to-3 (NeRF)

01:16
Minute Second



Ours (Gaussian Splatting)



3DGS/NeRF generatív alkalmazásai, 3D világmodellek