



Photogrammetry

And Affordable 3D Scanning Methods

Τι είναι το Photogrammetry;



- 'Φως' + 'Γράφω' + 'Μετρώ' (aka μετρώ με βάση το φως)
- Μέτρηση ύψους πυραμίδων: Θαλής ο Μιλήσιος (2,600 χρόνια πριν..)
- Μεταγενέστερες εφαρμογές περιλαμβάνουν αρχιτεκτονική /τοπογραφία (μετρήσεις μέσα από hardware) υποβοήθηση των πρώτων CAD εφαρμογών.
- **Modern Photogrammetry** (Περιλαμβάνει ένα τεράστιο εύρος εφαρμογών από τις οποίες έχει επικρατήσει σε ορολογία το '3d scanning')*.

*Αν ρωτήσετε ένα 3D artist θα σας πει ότι είναι άλλη μια μέθοδος **3d scanning**.

Photogrammetry master degree: Μαθηματικά, αλγοριθμοί, object & pattern recognition / αυτοματισμοί.

Εφαρμογές: Αρχιτεκτονική, βιομηχανία, Ιατρική, UAVs, space, ασφάλεια/επιτήρηση, αυτοματισμοί που απαιτούν αντίληψη χώρου, 3D Scanning: film & gaming, ερασιτεχνικές και πλέον και καθημερινές.

Απόπειρα ορισμού: Η μέτρηση απόστασης ή και η τρισδιάστατη κατανομή σημείων στο χώρο, με βάση δεδομένα που προέρχονται από αισθητήρες φωτός. Σκοπός η μετατροπή τους (από ένα νέφος σημείων ή από απλές μετρήσεις) σε μοντέλα ή σχέδια που περιγράφουν απεικονίζουν ή καταγράφουν τρισδιάστατα αντικείμενα.

Τύποι αισθητήρων

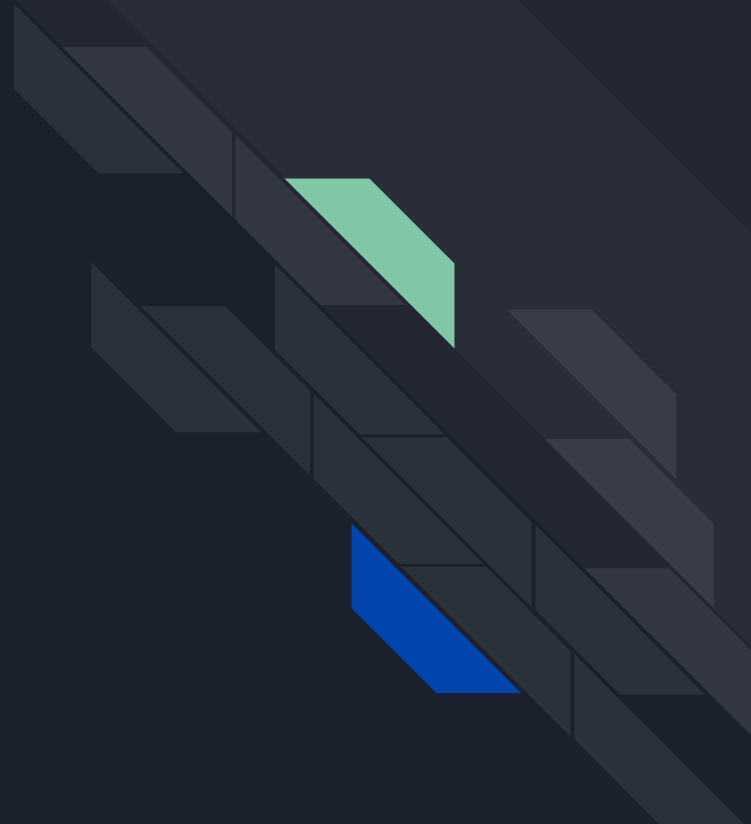
1. **Lidar αισθητήρες** : Μέτρηση απόστασης μέσα από αισθητήρες φωτός:
 - a. Πτώση σήματος μιας δεσμής φωτός που αντανακλά σε επιφάνεια (+ταχύτητα - ακρίβεια - affected by ορατό φώς, χρήσεις σε ρομποτική)
 - b. **Triangulation** (+τρομερή ταχύτητα, βοιομ. χρήση, -μικρή απόσταση μέτρησης)
 - c. **Ανίχνευση Φάσης** (μετρήσεις απόστασης με τρομερή ακρίβεια, κάθε μέτρηση έχει processing time = lag)
 - d. **Time of flight (ToF)** - Απευθείας μέτρηση απόστασης , συχνότητα καταγραφής μετρήσεων τάξης Hz, ακρίβεια: Picosecond ή και πιο κάτω - Εμπορικά το Lidar έχει καθιερωθεί με αυτή την μέθοδο
2. **Photo input**: RGB Αισθητήρες: Capture light in various wavelengths through a lens
3. **Εναλλακτικές/Υβριδικές**: Kinect


Το πλήθος των αισθητήρων και ο τύπος εξαρτάται από την εφαρμογή. Σε κάποιες εφαρμογές απαιτείται απόκριση πραγματικού χρόνου (πχ ΣΑΕ), σε άλλες εφαρμογές δεν μας πειράζει να ξοδέψουμε επεξεργαστική ισχύ κατά ή και μετά την λήψη των δεδομένων (πχ στο 3d scanning).

100%

Και μιας και μιλήσαμε για 3D scanning ας επικεντρωθούμε σε αυτό,

Και στο κατά πόσο προσιτό είναι σε ένα λάτρη της τεχνολογίας





Έτοιμες λύσεις Lidar για 3D scanning (budget 500€ έως εκατ. €)

Υπερ:

- Μοντέλα εκπληκτικής ακρίβειας λήψη από σημαντικά μεγάλη απόσταση
- Δεν επηρεάζεται από υψηλή ανάκλαση
- Ταχύτητα σκαναρίσματος και φορητότητα.
- Γίνεται όλο και πιο προσιτή οικονομικά
- Γίνεται διαθέσιμη στα ακριβά smartphones
- Απαιτεί λιγότερη επεξεργαστική ισχύ από το photogrammetry
- Προεπισκόπηση πραγματικού χρόνου

Cons

- Υπήρξε υπερβολικά ακριβή τεχνολογία (30-100K για ένα επαγγελματικό φορητό 3d scanner εποχή 2000). Περιορισμένη χρήση μόνο από εταιρείες κολοσσούς.
- Είναι ΑΚΟΜΗ ακριβή τεχνολογία δεδομένο ότι ένα επαγγελματικό 3d scanner ξεκινάει από τις 5000€
- Οι πιο προσιτές τιμές θυσιάζουν ακρίβεια και ταχύτητα μέτρησης απόσταση (αλλά ακόμη και τα οικονομικά lidar 3d scanners είναι εντυπωσιακά πλέον)

Οικονομικές λύσεις LIDAR

- **3\$** -Single beam ToF sensors(VL53L0X): Chip includes emitter, receiver and a small laser with infrared.
- **40\$** -Project Lighthouse (diy 3D “environment scanner”) requires Arduino.
<https://www.instructables.com/Project-Lighthouse-360-Mini-Arduino-LiDAR/>
- **99\$** 10 sensor belt: assists robots navigation:
https://www.youtube.com/watch?v=5FyolwwhE5M&feature=emb_logo
- **450\$** portable 3d scanner 1mm accuracy, kickstarter, black friday is gone :(
- **1K-2K\$** Smartphone Companies: Buy a goddamn smartphone..
<https://twitter.com/jetscott/status/1319280380281696257>



Xbox Kinect (budget ~100€ ~300€)

Υπέρ:

- Πατενταρισμένη μέθοδος (pattern projections + rgb cam) επιτρέπει υπερ γρήγορη αντίληψη του χώρου,
- Κάτι περισσότερο από 3d scanner: Captures rgb and is also a motion capture device,
- Real time z depth masking

Κατά:

- Σχετικά μική ακρίβεια/ανάλυση στα 3d μοντέλα
- Post process model cleanup



Photogrammetry, budget (0-200€ εως χιλιάδες €)

Pros:

- Είσοδος: Ένα απλό set με φωτογραφίες!
- Η/Υ για πειραματισμό: Smartphone AND PC.
- Open source Free s/w (CUDA req.)
- Τα καλύτερα αποτελέσματα από άποψη χαμηλού budget.
- Άπειρη απόσταση λήψης
- Λήψη υφών (textures)

Cons

- Πολυ εξαρτημένο από την είσοδο
- Βλέπεις το αποτέλεσμα στο τέλος
- Μετατροπή σε 3d === heavy process
- Pro quality: Απαιτεί γνώση της θεωρίας ιδανικές συνθήκες, φωτισμό, εξοπλισμό, software, γνώση φωτογραφίας.
- trial and error (still fun).
- Προεργασία: photo post and masking*
- Post Process: Model cleanup/retopo κλπ**



Photogrammetry | Best Practices (μέρος 1)

- **Θέλουμε ομοιόμορφο φωτισμός** στο αντικείμενο ενδιαφέροντος (οχι δυνατές σκιές, burned colors κλπ)
 - Ιδανικό για εξωτερικό χώρο: Cloudy & hazy sky (light scattering)
 - Εσωτερικός χώρος:
 - Αναπαράγουμε τις παραπάνω συνθήκες με τεχνητό τρόπο.
 - Δημιουργούμε την ψευδαίσθηση του αντικειμένου που είναι φωτισμένο από όλες τις πλευρες και υπερίπταται στο κενό
- **Ακίνητα φώτα και αντικείμενα** δεν θέλουμε να επηρεάσει το φωτισμό της σκηνής μας αλλαγή στο φωτισμό, ή να κινηθεί κάτι στη “σκηνή μας” (bullet time)
- **Outdoors TIP1:** Η λήψη κάποιου μικρού αντικειμένου στην σκιά μπορεί να είναι καλή ιδέα μια καλοκαιρινή μέρα (αν δεν θέλουμε hard shadows),
- **Outdoors TIP2:** Αποφύγετε την μπλε και χρυσή ώρα
- **Outdoors TIP3:** Η φωτογράφιση δεν πρέπει να διαρκέσει πολύ ώρα



Photogrammetry | Best Practices (2)

- **Αδιαφανή και solid αντικείμενα:** Αποφύγετε αντανakλάσεις και διαθλάσεις
- **Sufficient Texture Contrast:** Αποφύγετε αντικείμενα που έχουν πολύ ομοιόμορφο χρώμα.
 - Φθορά υλικού, σκουριά, βρωμιά, σημάδια από μπόγια βοηθούν!
- **Αποφυγή υψηλής αντίθεσης:** συγκεκριμένο exposure κατά την διάρκεια όλου του photoshoot (ούτε overexposed ούτε underexposed)!

Tip: Οι φωτογραφίες μας θα πρέπει να βοηθούν τον αλγόριθμο,

Tip: Μετρίαση της ισχυρότητας των σκιών, (overdoing it can result to unrealistic results Esp for PBR shaders)

- **Φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης:** Ο αριθμός των pixels επηρεάζει ΚΑΙ την τελική ανάλυση του μοντέλου
- Μήν φοβάστε να πάτε κοντά..
- **Καθαρές φωτογραφίες:** Αποφύγετε κάθε είδους Blur και παραμόρφωσης (out of focus blur, motion blur, depth of field blur, rolling shutter distortion) χρησιμοποιείστε υψηλό f/stop, γρήγορο shutter speed, τρίποδα?)



Photogrammetry | Best Practices (3)

- Αποφύγετε συνθήκες που μπορούν να επηρεάσουν τον φακό σας ή την σκηνή: lens flares, χιόνια βροχές σεισμούς, καταποντισμούς,
- Φωτογραφίζετε γενικά κάτι ακίνητο και με υφή που δεν αλλάζει (εκτός αν έχετε ένα rig με 100 φωτογραφικές).

Photogrammetry | Best Practices (4)

- Know your plan before shooting
- -Επεξεργάσου το αντικείμενο πριν το επιλέξεις (σχήμα, υφή, γεωμετρία)
- -Δημιούργησε ένα μονοπάτι στο μυαλό σου με στόχο να καλύψεις όλο το αντικείμενο
 - Κατ ελάχιστον 60% επικάλυψη, από την μία φωτο στην άλλη (τοίχος)
 - Κυκλική προσέγγιση - μικρό αντικείμενο (FoV 90%: $360/(0.4*90)= 10$ χωρίσματα κατ ελάχιστο για 2x ακρίβεια = 20 photos/cycle
 - Σπιδάλ προσέγγιση
 - Ακανόνιστη προσέγγιση / zoom in
 - Turntable setups [πχ](#)
 - Trial and error (μάζεψε εμπειρία/μάθε από τα λάθη)
- -Προτεραιότητα έναντι στην σύντομη διάρκεια ενός Photoshoot έχει η ποιότητα των φωτογραφιών
- Απέρριψε προβληματικές φωτογραφίες,
- Απέφυγε την προεργασία αν δεν υπάρχει κάποιο αρκετά εμφανές πρόβλημα



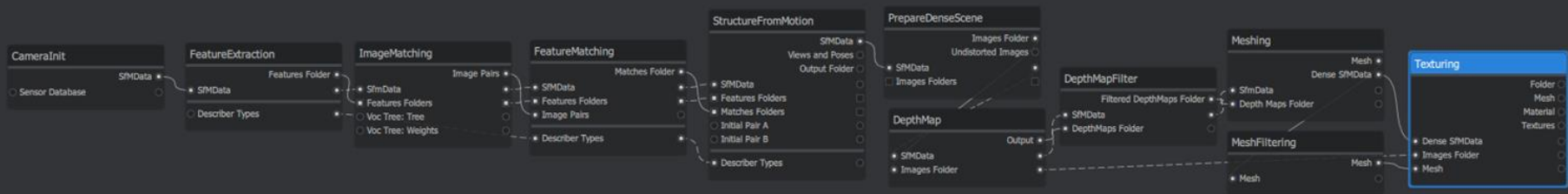
Δοκιμες ΣΤΕΘ

Βασικός Εξοπλισμός:

- Φωτογραφική Sony EP-Z + α5100
- PC + Nvidia 750ti
- Meshroom (Open Source)
- 3D software (Blender alike <-Open Source)

—

- Extras: Νασίμ 2 area lights (τύπου ομπρέλα) 2 backlights, χώρος γραφείο ERGO



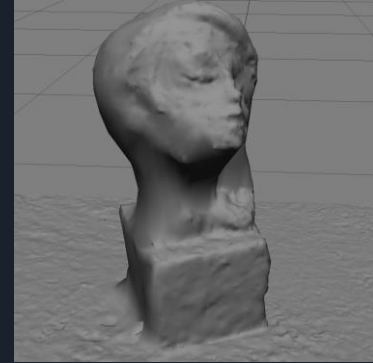
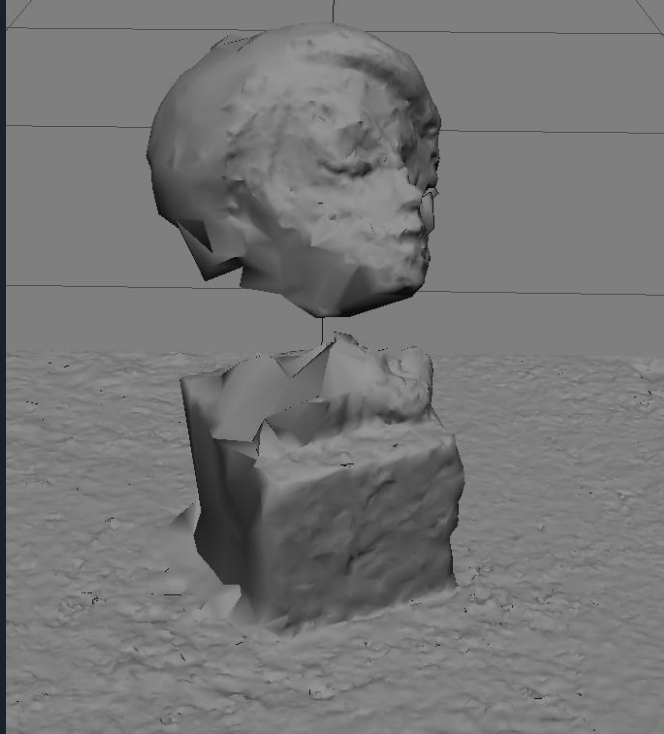
Πρώτη δοκιμή (προτομή): 11 φώτος, κάποιες σκοτεινές, ελλιπή metadata, λήψη από μακριά

The screenshot displays the Meshroom 2021.1.0 software interface. At the top, the window title is "D:/Programs/Meshroom-2021.1.0/projects/testhead.mg - Meshroom 2021.1.0". The interface is divided into several panels:

- Images:** A grid of 11 photo thumbnails. The first row contains two thumbnails, the second row two, the third row two, the fourth row two, and the fifth row one. The thumbnails show a bust on a wooden floor from various angles. The first thumbnail in the first row is selected.
- Image Viewer:** A large central window showing a high-resolution view of the selected photo, "D:/#PROJECTS/STETH/pg/setGirlsHeadPP/DSC0332700.jpg".
- 3D Viewer:** A 3D perspective view of the scene. It shows a point cloud of the bust, with a mesh overlay. The scene is set on a grid floor.
- DISPLAY:** A panel on the right with a grid icon and a zoom slider.
- CAMERA:** A panel on the right with a camera icon and a zoom slider.
- SCENE:** A panel on the right showing the "StructureFromMotion" process with a count of 4,439 points.
- Graph Editor:** A panel at the bottom left showing a workflow graph with various nodes connected by lines.
- Task Manager:** A panel at the bottom left showing a list of tasks.
- Attributes, Log, Statistics, Status, Documentation:** A row of tabs at the bottom right.

At the bottom of the window, the path "D:/Programs/Meshroom-2021.1.0/projects/MeshroomCache" is visible.

Αποτέλεσμα: blacks thresholds, failed camera matches: (missing surface), low detail



Δεύτερη δοκιμή (σκελετός): 17 φωτογραφίες (λίγες για τόσο challenging model), 5420x3080px

Start Stop

Images Image Viewer 3D Viewer

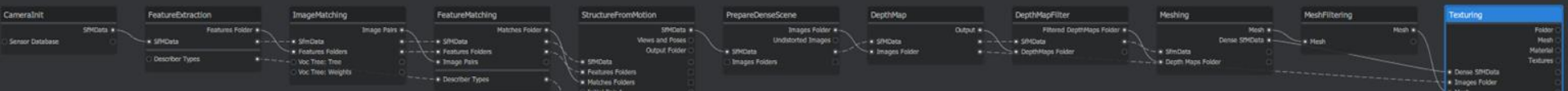
D:/#PROJECTS/STETH/pg/02 set skely/DSC02291.JPG

DSC02291.JPG DSC02292.JPG DSC02293.JPG DSC02294.JPG DSC02295.JPG DSC02296.JPG

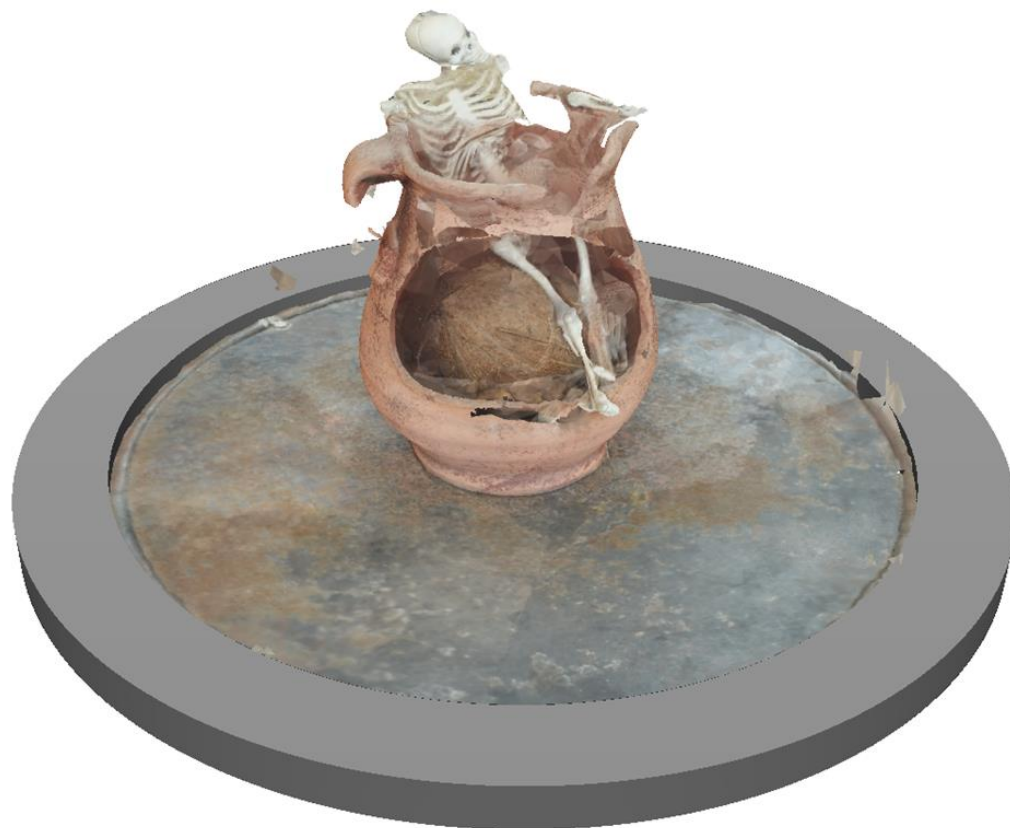
0.13x HDR 5472x3080 Image

Graph Editor Task Manager

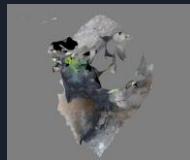
CameraInit FeatureExtraction ImageMatching FeatureMatching StructureFromMotion PrepareDenseScene DepthMap DepthMapFilter Meshing MeshFiltering Texturing



Αποτέλεσμα:



Δοκιμές 3,4 .. Χωρίς πολύ μεγάλη επιτυχία his!



Δοκιμή 5 (αποθήκη): 15 photos full HD μόνο ένα πέρασμα από μπροστά στο ύψος του ανθρώπου

Images | Image Viewer | 3D Viewer

D:/#PROJECTS/STETH/pg/09 apothiki/DSC03366.JPG

0.38x HDR 1920x1080 Image

Graph Editor | Task Manager | Node

Select a Node to access

Αποτέλεσμα



Τελική Δοκιμή: 29 φωτογραφίες, Full HD, καλό “flight path” της κάμερας, ιδανικό και το αντικείμενο

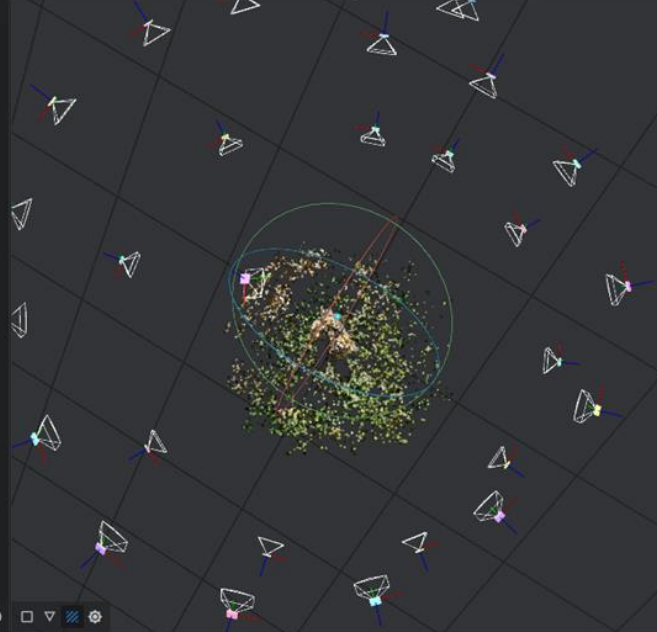
File Edit View Help

Start Stop

Images

Image Viewer

3D Viewer



DISPLAY

- Grid
- Wireframe
- Depth
- Normals
- Axes
- Camera

CAMERA

- Camera

SCENE

- StructureFromMotion
- Resolution: 14,377 x 29

Graph Editor Task Manager C Node



Select a Node to access its Details

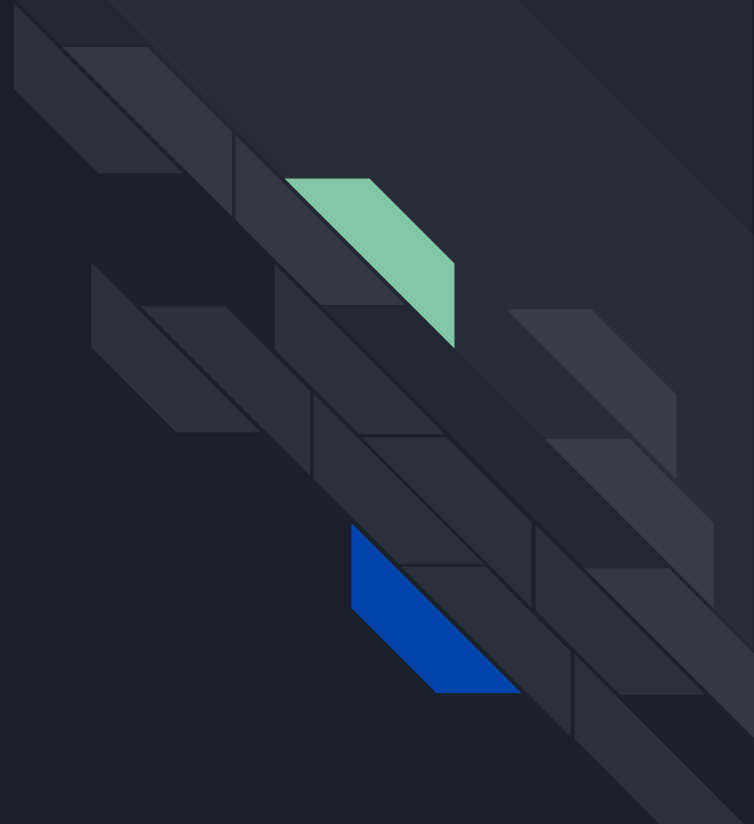
Αποτέλεσμα: <https://skfb.ly/o9vrF>

Links

<https://alicevision.org/#meshroom>

<https://www.blender.org/>

<https://sketchfab.com/>



Thanks for watching!

Bonus Material [Dante](#):

