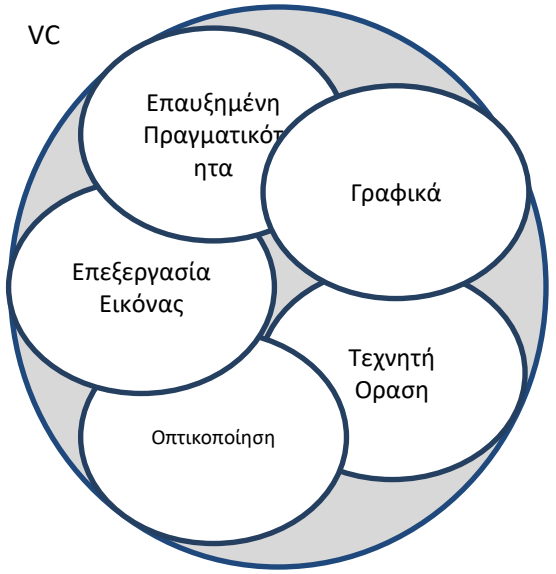
Οπτική Υπολογιστική (Visual Computing)



Χάρης Θεοχάρης

ΟΥ: Γραφικά (Σύνθεση Εικόνας)

Vertices
v1 v2 v3 v4 v5…

Triangles
t1: v1 v3 v4
t2: v5 v3 v1
…

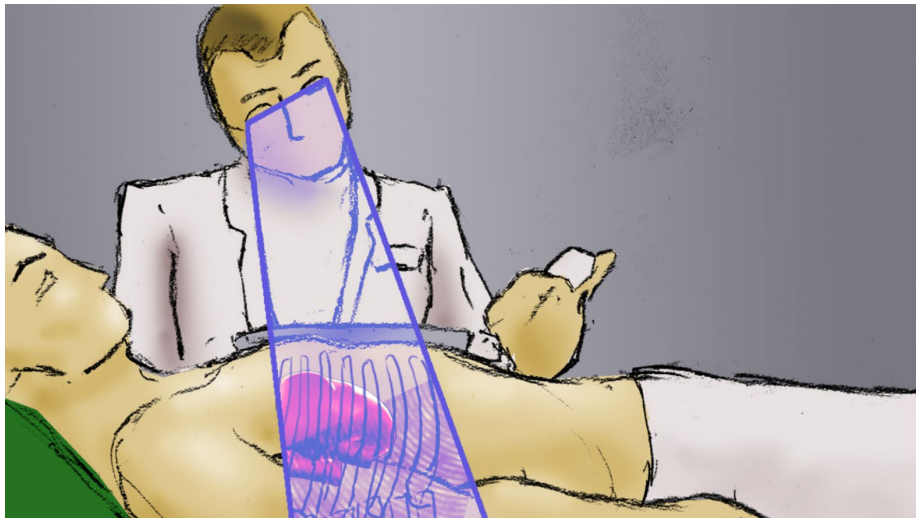


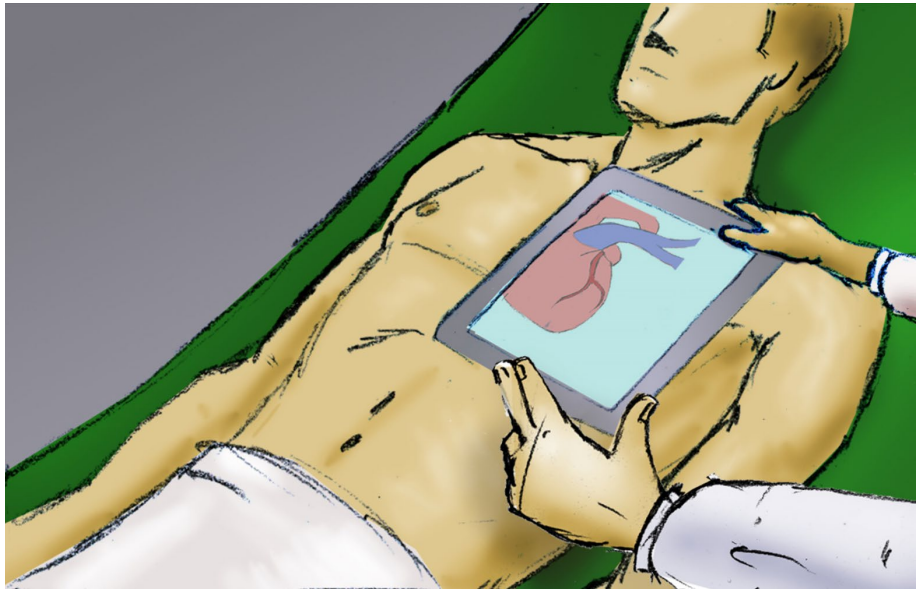
ΟΥ: Τεχνητή Οραση (Ανάλυση Εικόνας)



Η Μαρία γελώντας!

ΟΥ: Επαυξημένη Πραγματικότητα



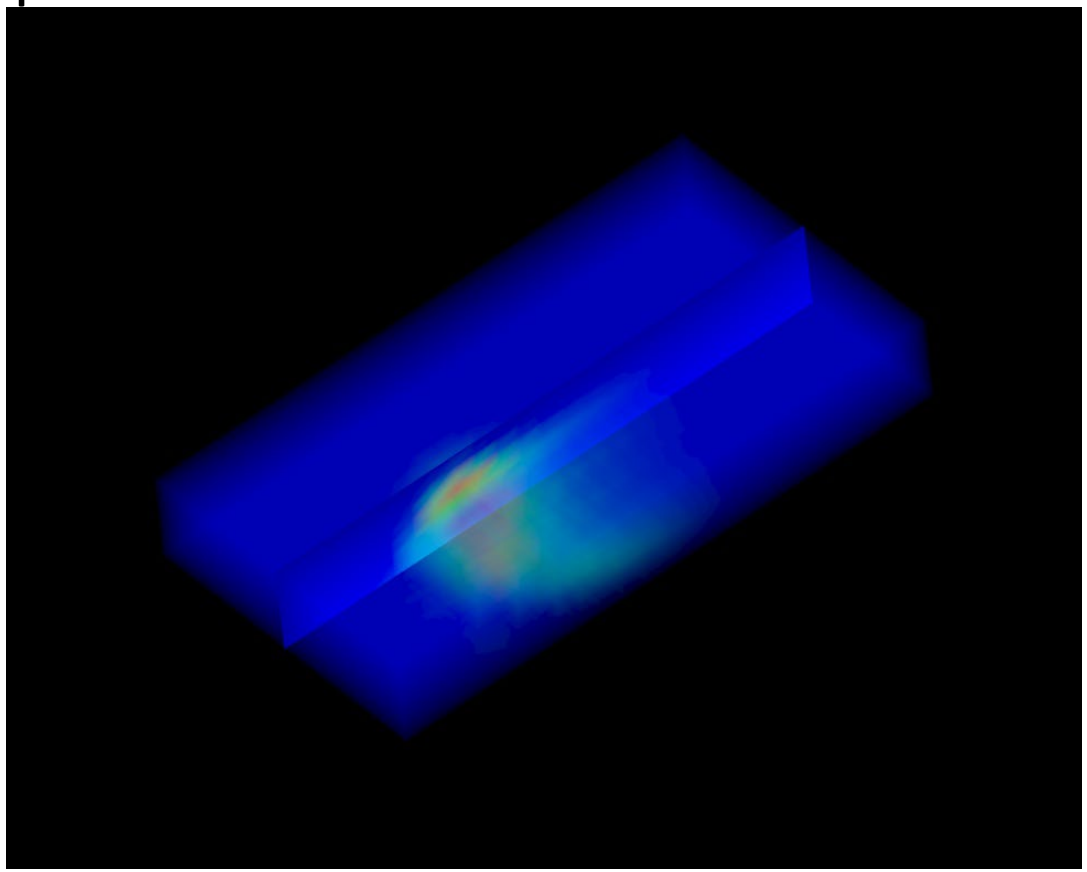


ΟΥ: Επεξεργασία Εικόνας





ΟΥ: Οπτικοποίηση

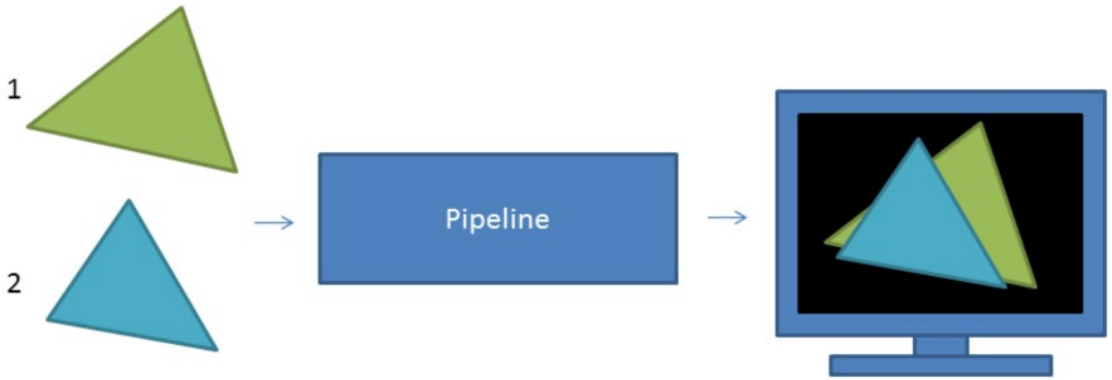


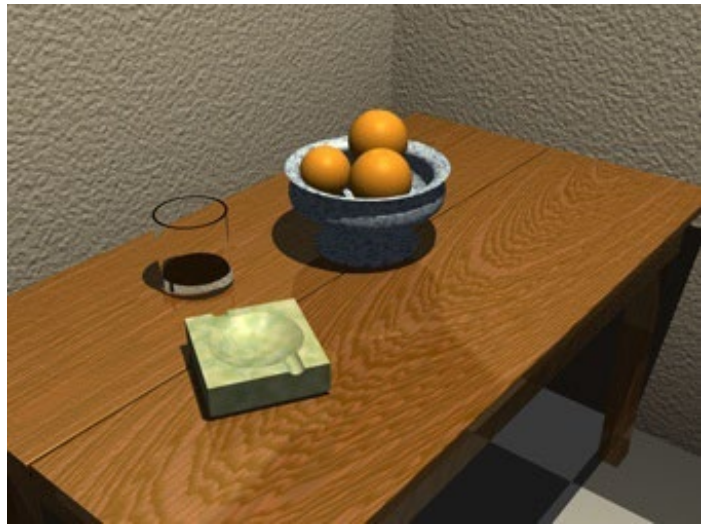
ΓΡΑΦΙΚΑ

Γραφικά

- Κλασική σωλήνωση Γραφικών: είσοδος / έξοδος

```
v   2.3   1.78   0.7
v   5.2   0.4    3.5
…
f   3  2  5
f   7  1  4
f   8  2  5
…
```

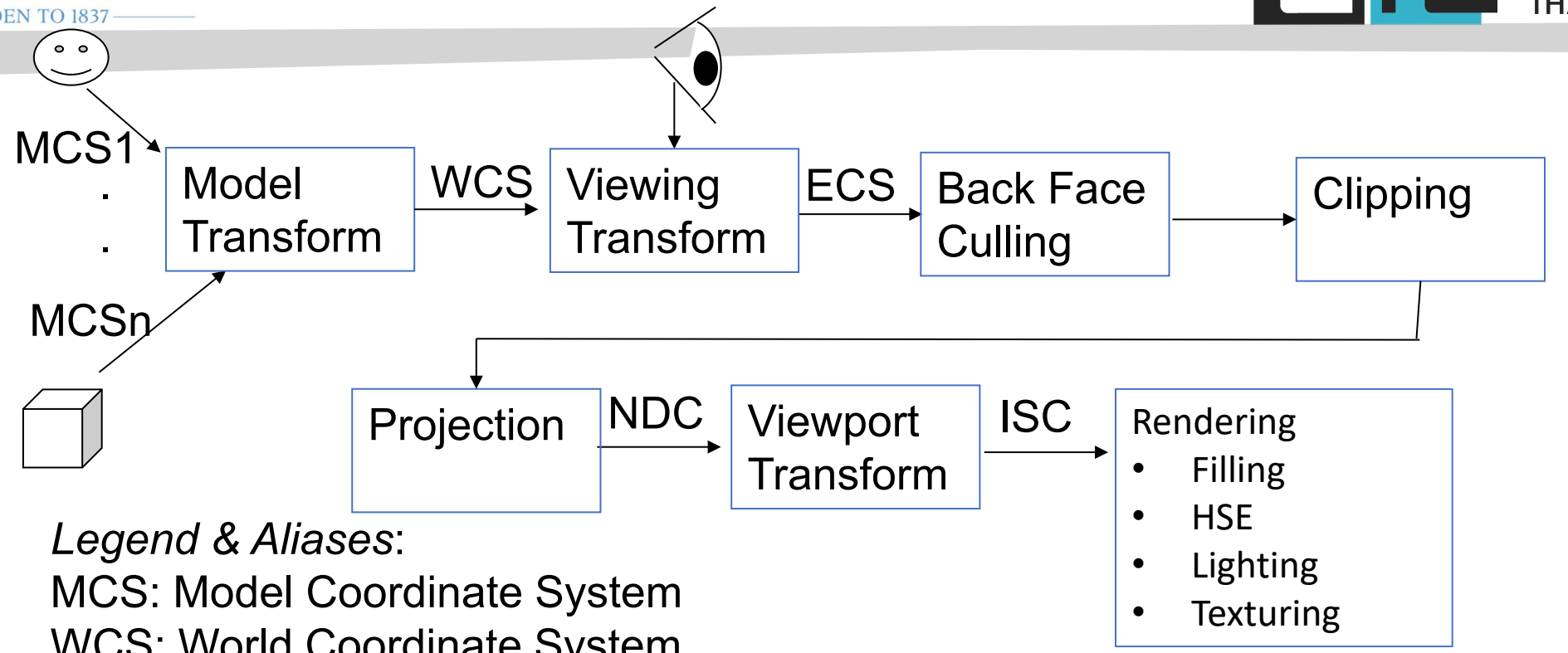




- Π.χ. Είσοδος μια μανώλια https://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/data/obj/magnolia.obj

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών
ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

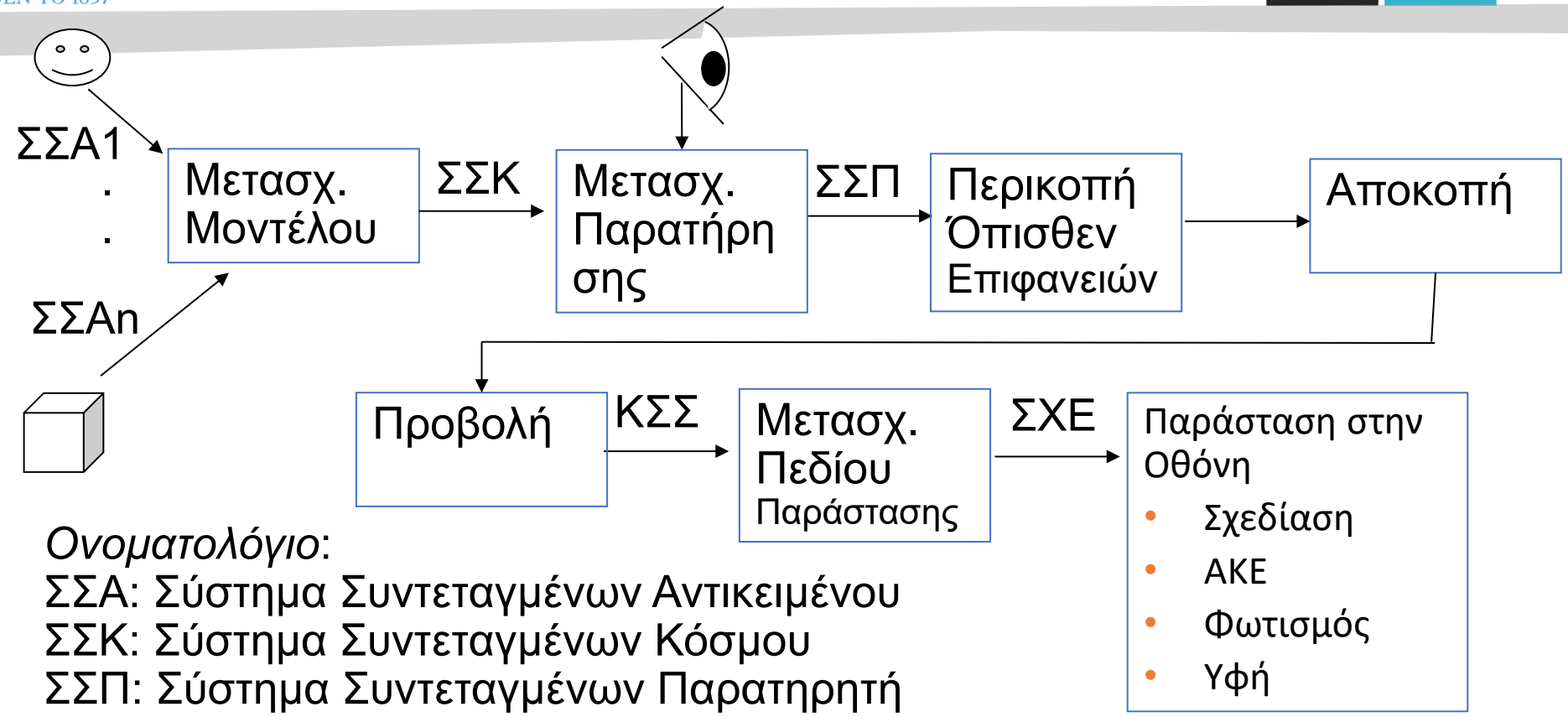
Σωλήνωση Γραφικών: Ιδεατά Στάδια



Legend & Aliases:
MCS: Model Coordinate System
WCS: World Coordinate System
ECS: Eye Coordinate System = VCS: View Coordinate System
NDC: Normalised Device Coordinates= CSS: Canonical Screen Space
ISC: Image Space Coordinates = VC: Viewport Coordinates =
DC: Device Coordinates = SC: Screen Coord.
Projection=Perspective Division
Rendering=Rasterization
Lighting= Shading

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών
ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Σωλήνωση Γραφικών: Ιδεατά Στάδια (Ελλ)



Ονοματολόγιο:
ΣΣΑ: Σύστημα Συντεταγμένων Αντικειμένου
ΣΣΚ: Σύστημα Συντεταγμένων Κόσμου
ΣΣΠ: Σύστημα Συντεταγμένων Παρατηρητή
ΚΣΣ: Κανονικοποιημένες Συνταταγμένες Συσκευής
ΣΧΕ: Συντεταγμένες Χώρου Εικόνας = Συντεταγμένες Συσκευής

Συνώνυμα:
ΣΣΚ = Παγκόσμιο Σύστημα Συντεταγμένων
ΚΣΣ = Κανονικοποιημένος Χώρος Οθόνης

Γραφικά

- Κλασική σωλήνωση: Γεωμετρική Επεξεργασία: Μετασχηματισμοί
  - Μετασχηματισμοί Μοντέλου, Παρατήρησης, ~Προβολής
  - Συνδυασμοί 4 βασικών: μεταφορά, αλλαγή κλίμακας, περιστροφή, στρέβλωση

$$\mathbf{T}(\vec{\mathbf{d}}) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & d_x \\ 0 & 1 & 0 & d_y \\ 0 & 0 & 1 & d_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{S}(s_x, s_y, s_z) = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R_x}(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R_y}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R_z}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{SH_{xy}}(a,b) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a & 0 \\ 0 & 1 & b & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

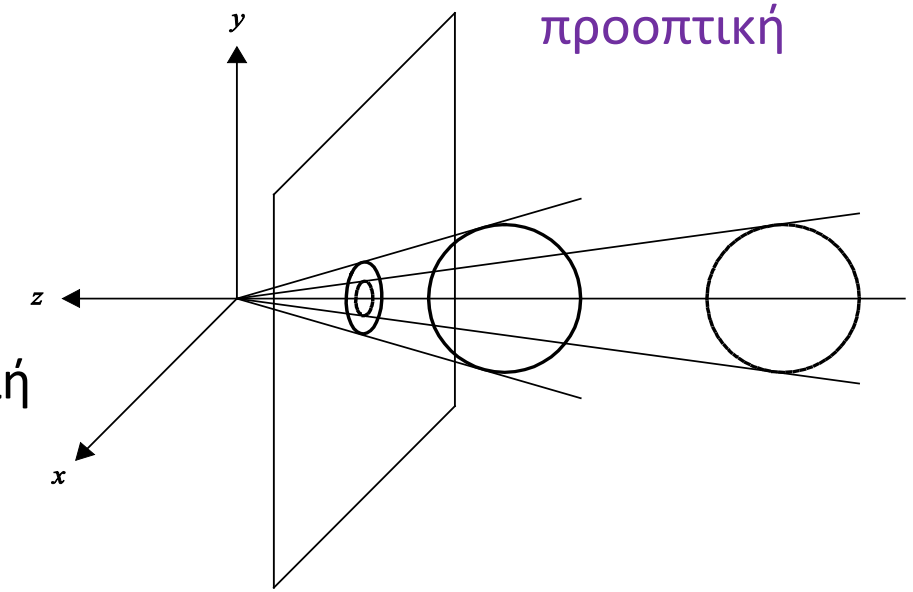
$$\mathbf{SH_{xz}}(a,b) = \begin{bmatrix} 1 & a & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & b & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{SH_{yz}}(a,b) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ a & 1 & 0 & 0 \\ b & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Γραφικά

- Κλασική σωλήνωση: Γεωμετρική Επεξεργασία: Προβολή
  - Μπορεί να είναι προοπτική ή παράλληλη
  - Η προοπτική δεν διατηρεί τις αναλογίες!
  - Ο Bruneleschi (επαν)ανακαλύπτει την προοπτική

προοπτική

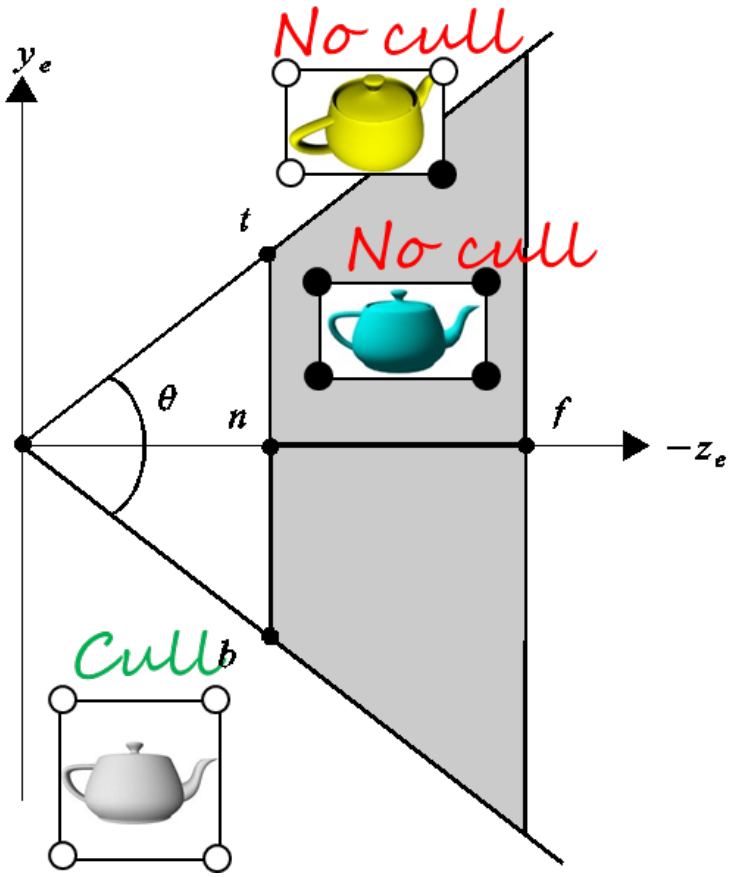


  - Περιγράφεται με πίνακα
    - Η προοπτική ακολουθείται από την προοπτική διαίρεση
  - MVP matrix: Μετ/μός Μοντέλου->Παρατήρησης->Προβολή (Model, View, Projection)

Γραφικά

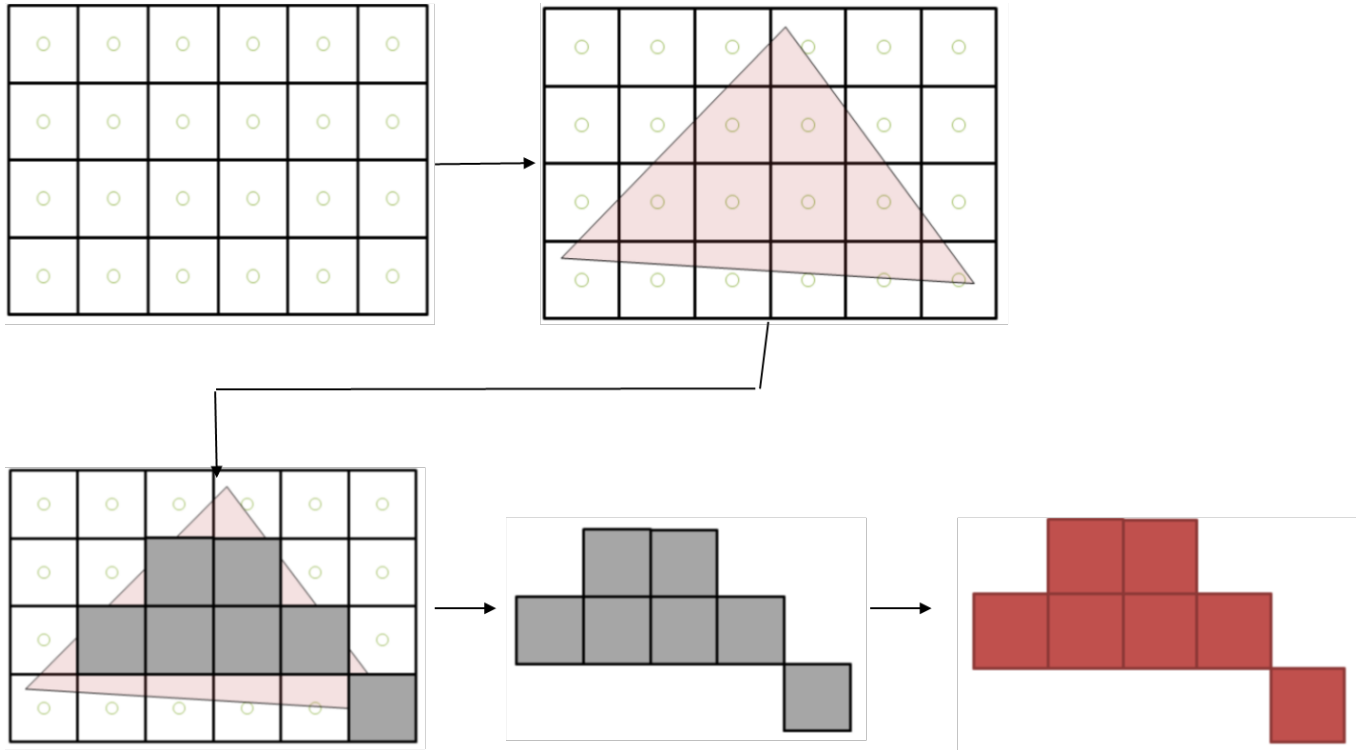
- Κλασική σωλήνωση: Γεωμετρική Επεξεργασία: Περικοπή
  - Οπισθεν επιφανειών, οπτικού πεδίου, παρεμποδιζομένων
  - Οχι απαραίτητες, λόγω ταχύτητας

Περικοπή στο οπτικό πεδίο



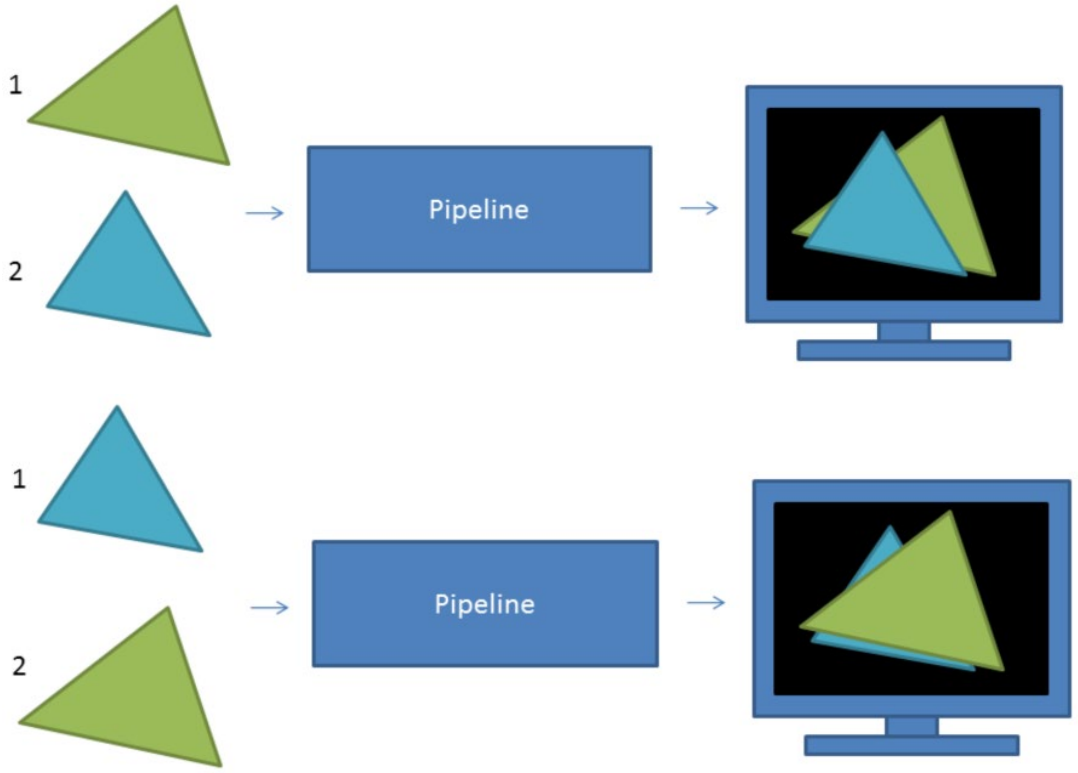
Γραφικά

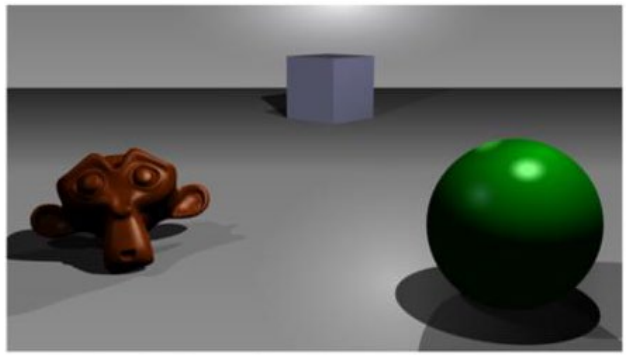
- Κλασική σωλήνωση: Επεξεργασία Εικονοστοιχείων: Παράσταση στην οθόνη



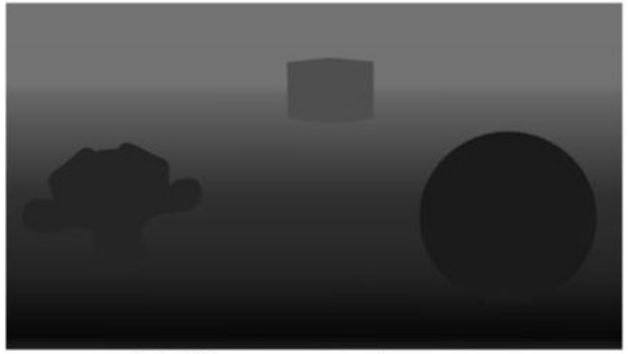
Γραφικά

- Κλασική σωλήνωση: Επεξεργασία Εικονοστοιχείων: Απόκρυψη





A simple three-dimensional scene

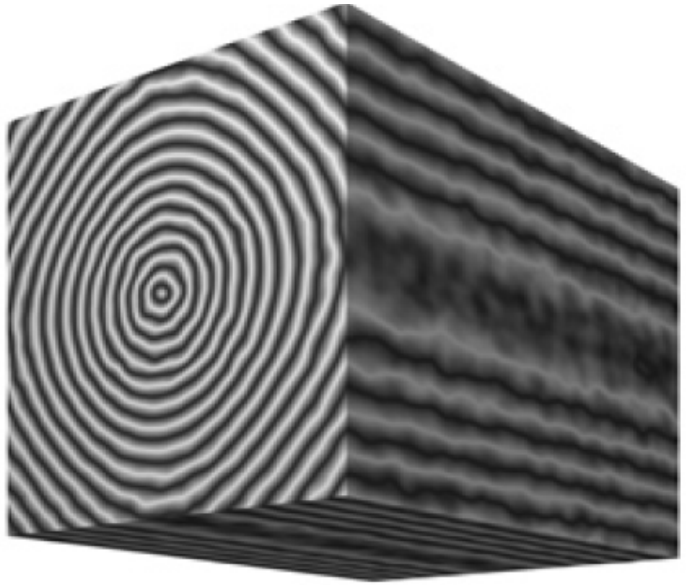


Z-buffer representation

Γραφικά

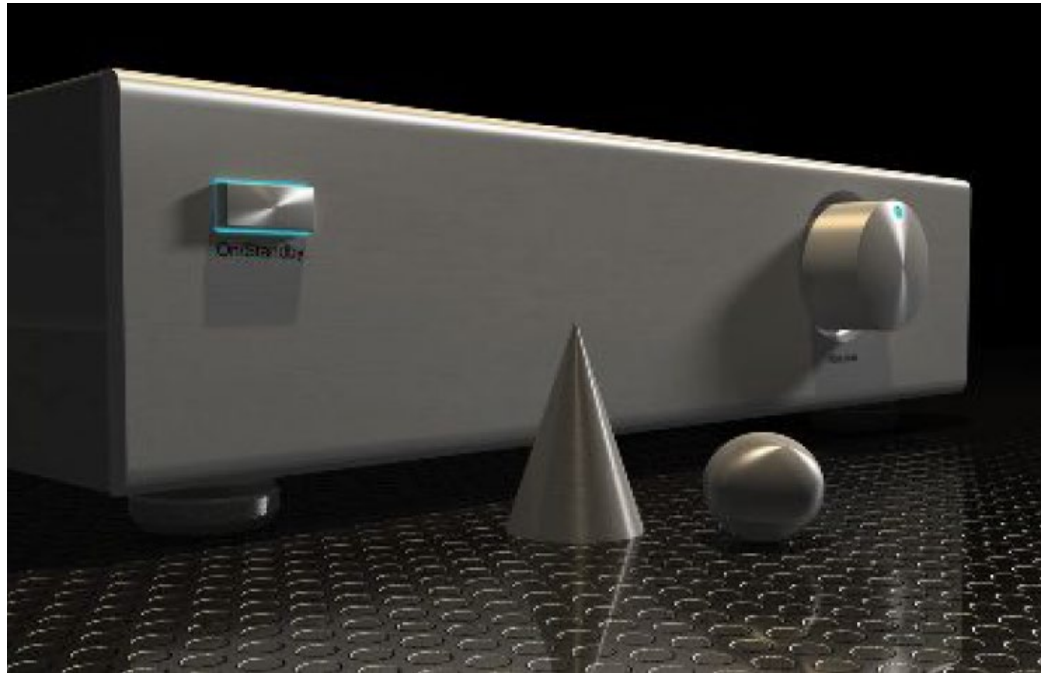
- Κλασική σωλήνωση: Επεξεργασία Εικονοστοιχείων: Υφή
  - Επαύξηση λεπτομέρειας επιφάνειας χωρίς επαύξηση γεωμετρικής πολυπλοκότητας (χωρίς περισσότερα τρίγωνα)
  - Παραμετρική και συναρτησιακή υφή





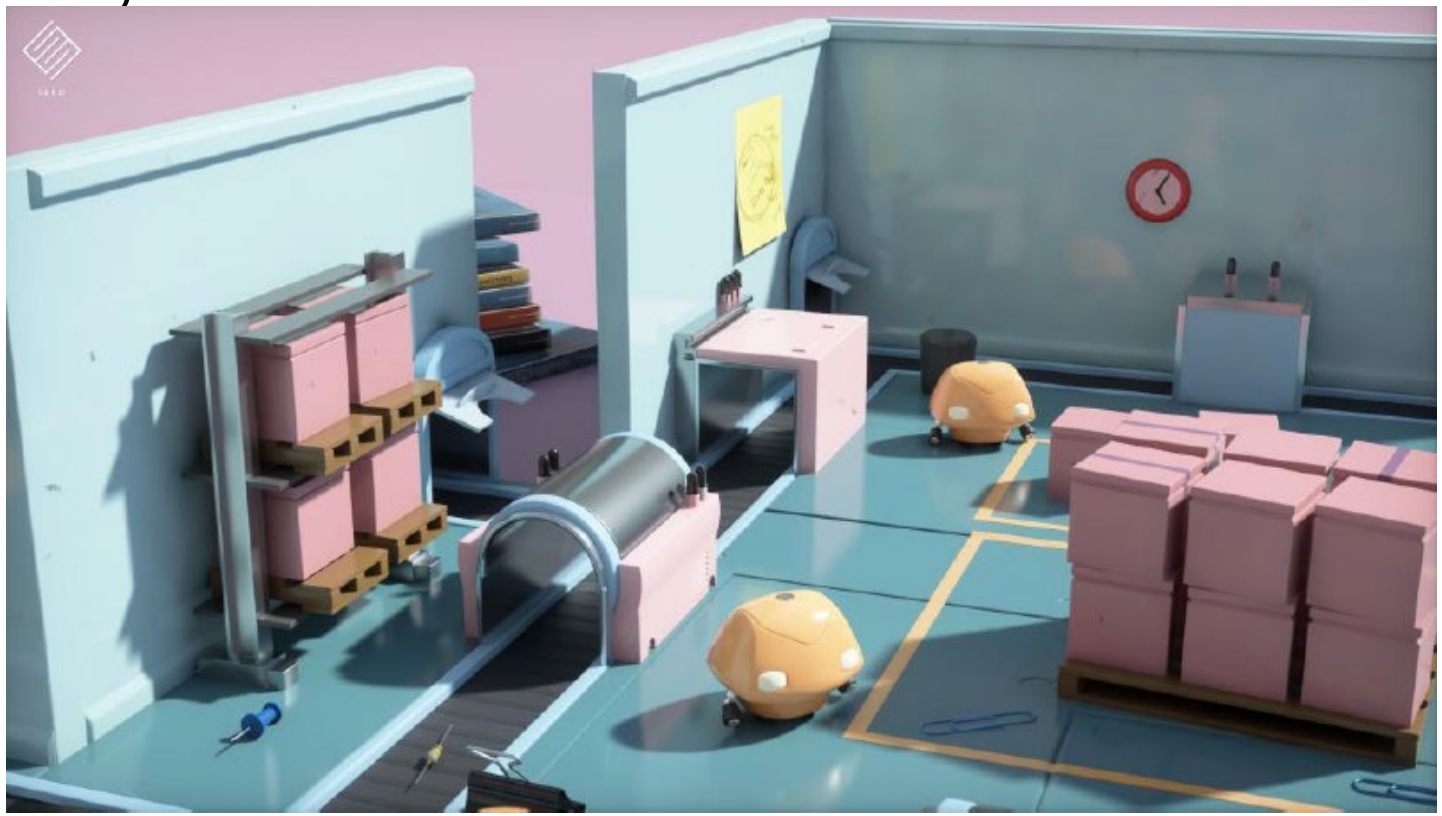
Γραφικά

- Κλασική σωλήνωση: Επεξεργασία Εικονοστοιχείων: Φωτισμός
  - Τροποποίηση χρώματος επιφάνειας με βάση τον φωτισμό
  - Παράμετροι: κατεύθυνση παρατήρησης, κατ/ση φωτισμού, υλικό…
  - Γενικά και τοπικά μοντέλα



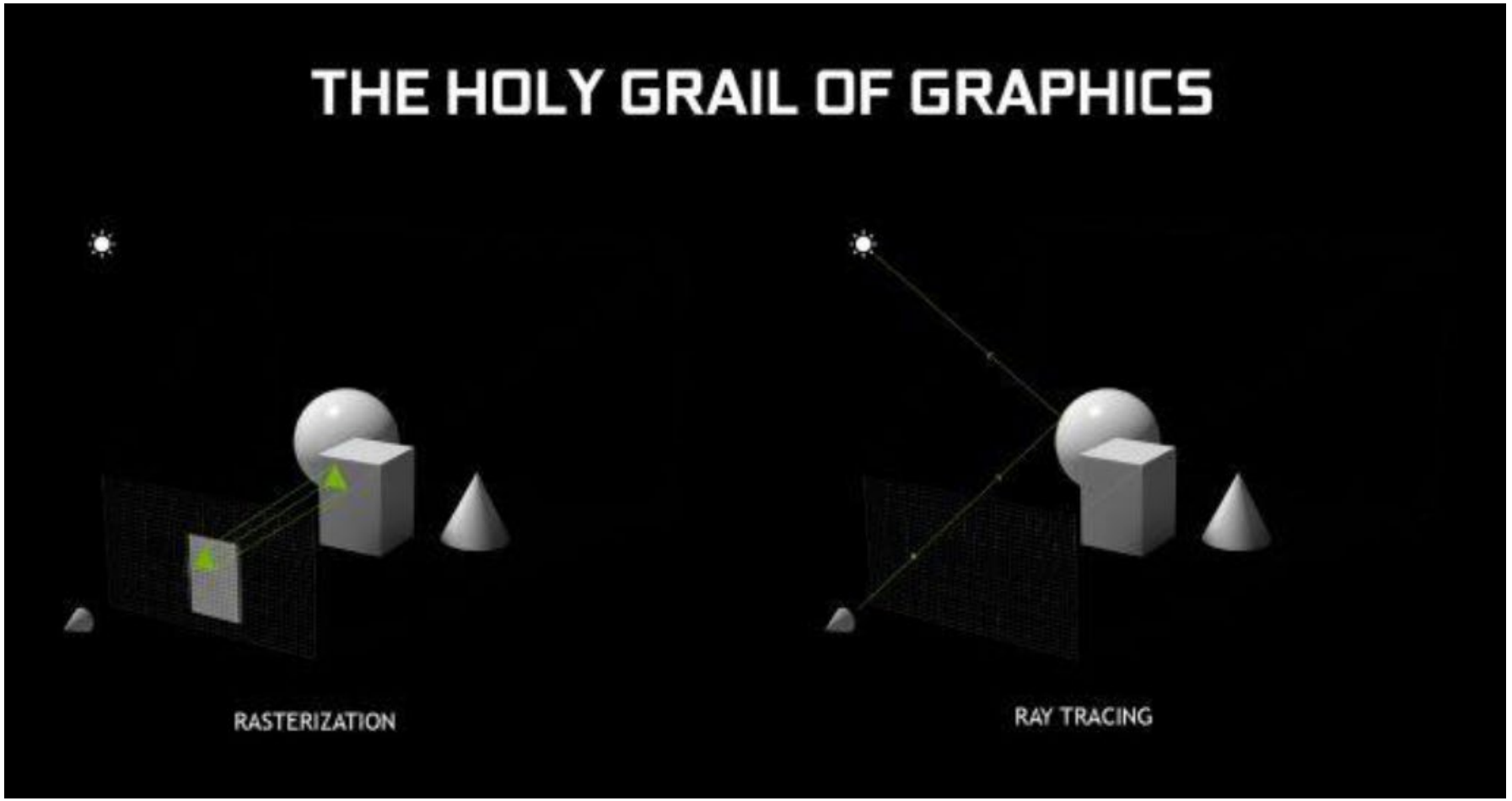
Γραφικά

- Παρακολούθηση Ακτίνας (Ray Tracing): οχι κλασική σωλήνωση
  - Αριστη για διαφάνεια, ανακλάσεις…
  - Ακριβή
  - Εφαρμόσιμη σε διάφορα είδη μοντέλου



Γραφικά

- Παρακολούθηση Ακτίνας: ψευδοκώδιας αλγορίθμου = 1 σελίδα!



Γραφικά

- Παρακολούθηση Ακτίνας: τομές
  - Το κύριο κόστος είναι οι τομές ακτίνας-αντικειμένου
  - Παραλληλοποιήσιμο, υποστήριξη από κάρτα NVIDIA από το 2018

Κατασταλαγμένο & Δυναμικό Περιβάλλον…

- Νευρωνικά Δίκτυα -> σημαντικές αλλά *τοπικές* αλλαγές ?
  - Μη ελέγξιμα αποτελέσματα

DLAA / DLSS



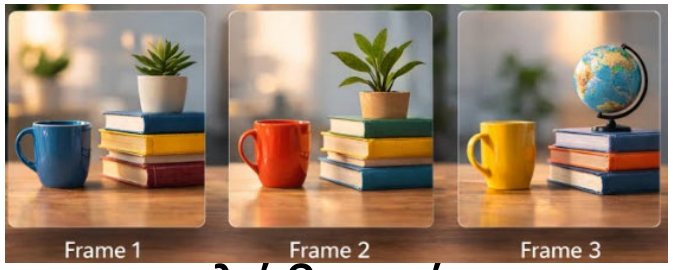
Gaussian Representation (G. Splatting)



https://www.youtube.com/watch?v=c0VNckM21B0

Σωλήνωση Γραφικών vs Generative AI (GenAI)

- Αν η GenAI δημιουργεί πειστικές εικόνες, γιατί δεν μπορώ να παίξω GrandTheftAuto με GenAI?
  - Ταχύτητα: 3Δ διαδραστικά Γραφικά ~60fps. Η Σωλήνωση Γραφικών βελτιστοποιείται εδώ και πολλά χρόνια για να φθάσει σε τόσα fps.
  - Κόστος: η GenAI απαιτεί πολλαπλάσια επεξεργαστική ισχύ απο την Σωλήνωση Γραφικών.
  - Χρονική συνέπεια: διαδοχικά καρέ GenAI μπορεί να είναι ασυνεπή ως προς πόζα, υφή, φωτισμό...

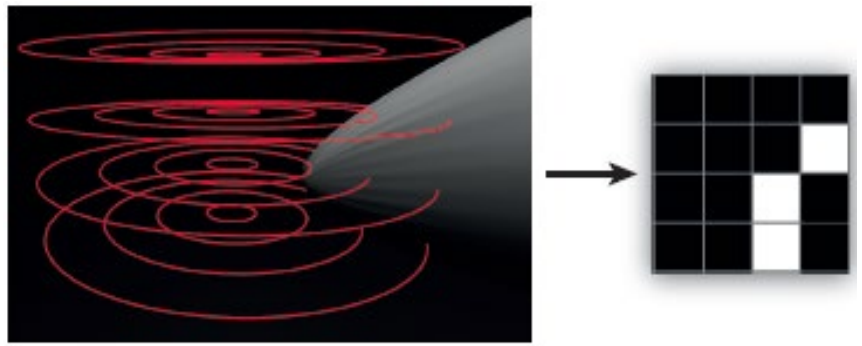


- Ομως η GenAI έχει αναλάβει κάποια στάδια της Σωλήνωσης Γραφικών
  - DLAA / DLSS
  - Δημιουργία ενδιάμεσων καρέ

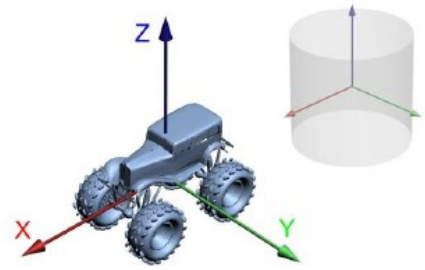
Οπτική Υπολογιστική: η έρευνά μας

- Περιγραφείς Σχήματος (Shape Descriptors)
  - Στιβαρή, συνοπτική & ακριβής περιγραφή σχήματος
  - Γενικοί ή τοπικοί
  - Εφαρμογές: ανάκτηση αντικειμένων, αναγνώριση…
  - Παραδείγματα:

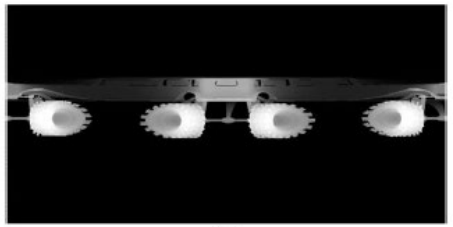
QUICCI (τοπικός)



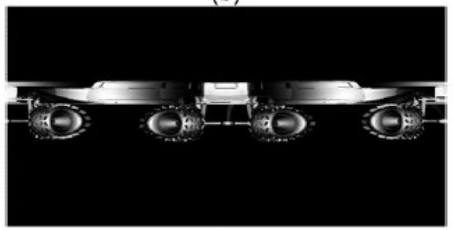
PANORAMA (γενικός)



(a)



(b)



(c)

Οπτική Υπολογιστική: η έρευνά μας

- Βιομετρικοί Αλγόριθμοι
  - Το σώμα σου είναι το χαρακτηριστικό σου (password)
  - Νύχι, 3D πρόσωπο, σωματότυπος…
  - Καταγραφή βιομετρικού -> περιγραφέας-> σύνθεση?







Οπτική Υπολογιστική: η έρευνά μας

- Ελαιόλαδο: πότε να μαζέψω τις ελιές;



