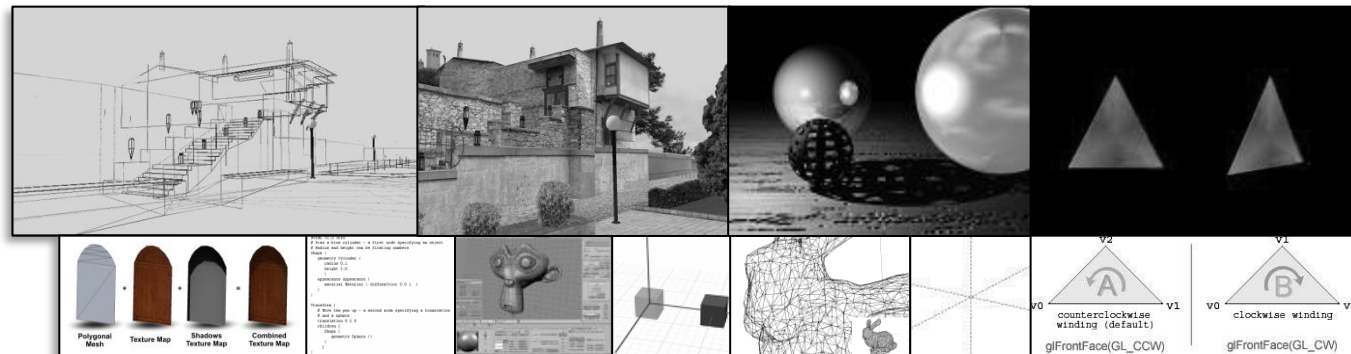


# 1. Εισαγωγή στα 3D γραφικά υπολογιστών



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

### Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

#### Ορισμός :

*Η δημιουργία, ο χειρισμός, η ανάλυση και η αλληλεπίδραση μέσω εικονικών αναπαραστάσεων αντικειμένων και δεδομένων με την χρήση υπολογιστών.*

[Επιστημονικό Λεξικό της Πληροφορικής – Κλειδάριθμος]

**Από μια τεχνική σκοπιά θα μπορούσε να πει κανείς πως αφορά:**

*Παραγωγή → Επεξεργασία → Παρουσίαση συνθετικών εικόνων με την χρήση Η/Υ*

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

**Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):**

**Εφαρμογές :**

Παιχνίδια Η/Υ

Τηλεόραση, Κινηματογράφος → Ειδικά οπτικά εφέ

Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)

Οπτικοποίηση Δεδομένων → 3D οπτικοποίηση χημικών ενώσεων

Βιομηχανικός Σχεδιασμός → Αντίστροφη μηχανική, Κατασκευή προτύπου

Ιατρική → 3D Ογκομετρική οπτικοποίηση αξονικών τομογραφιών

Προσομοιώσεις → Ρευστοδυναμικής (fluid dynamics)

Εικονική Πραγματικότητα → Διαδραστικές 3D περιηγήσεις

Αρχαιολογία → Μελέτη, διάδοση και ανάδειξη του πολιτιστικού αποθέματος

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## α. Διανυσματικές εικόνες (Vector Graphics)

Αποτελούνται από αντικείμενα σχεδίασης (γραμμές, ορθογώνια, ελλείψεις ή τόξα) τα οποία βασίζονται σε μαθηματικά μοντέλα.

## β. Χαρτογραφικές ή ψηφιογραφικές εικόνες (Bitmap Graphics)

Δισδιάστατος διακριτός πίνακας ( $X \times Y$ ) από εικονοστοιχεία (picture elements).

Χαρακτηρίζονται από  
την ανάλυση (resolution),  
το χρωματικό τους βάθος (color depth)

Οι συνηθέστεροι μορφότυποι (formats) είναι οι εξής :

**.BMP (Bitmap)** (εικόνες που δημιουργούμε στη ζωγραφική)

**.GIF (Graphics Interchange Format)** (συνήθως είναι κινούμενες εικόνες)

**.JPG (Joint Photographers Expert Group)** (εικόνες μικρού μεγέθους, συνήθως φωτογραφίες που χρησιμοποιούνται σε ιστοσελίδες)

**.PNG (Portable Network Graphics)** (εικόνες μικρού μεγέθους και καλύτερης ποιότητας από τις jpg, χρήση σε ιστοσελίδες)

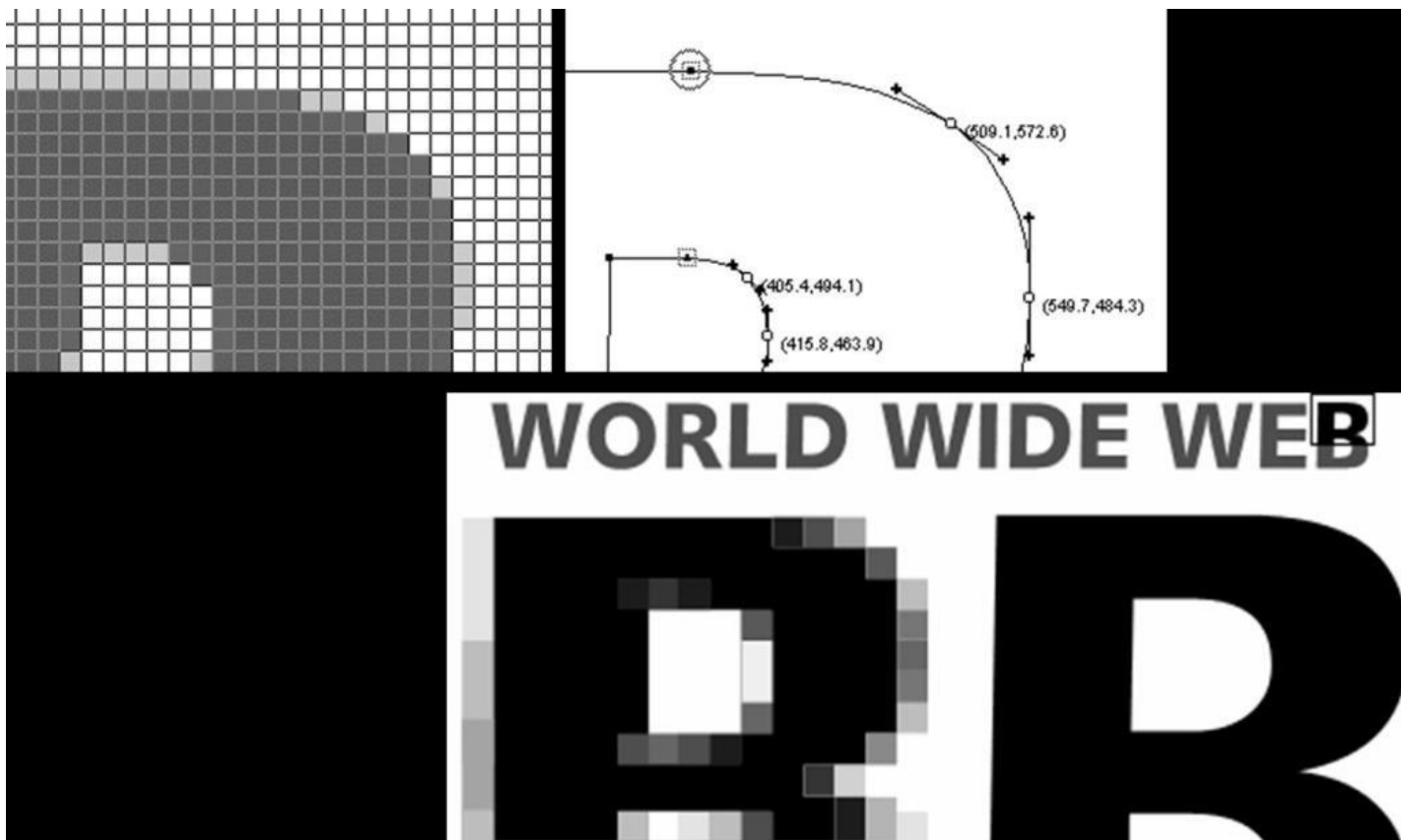
# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

Διανυσματικές εικόνες (vector graphics)

VS

Χαρτογραφικές ή ψηφιογραφικές εικόνες (bitmap graphics)



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

### Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

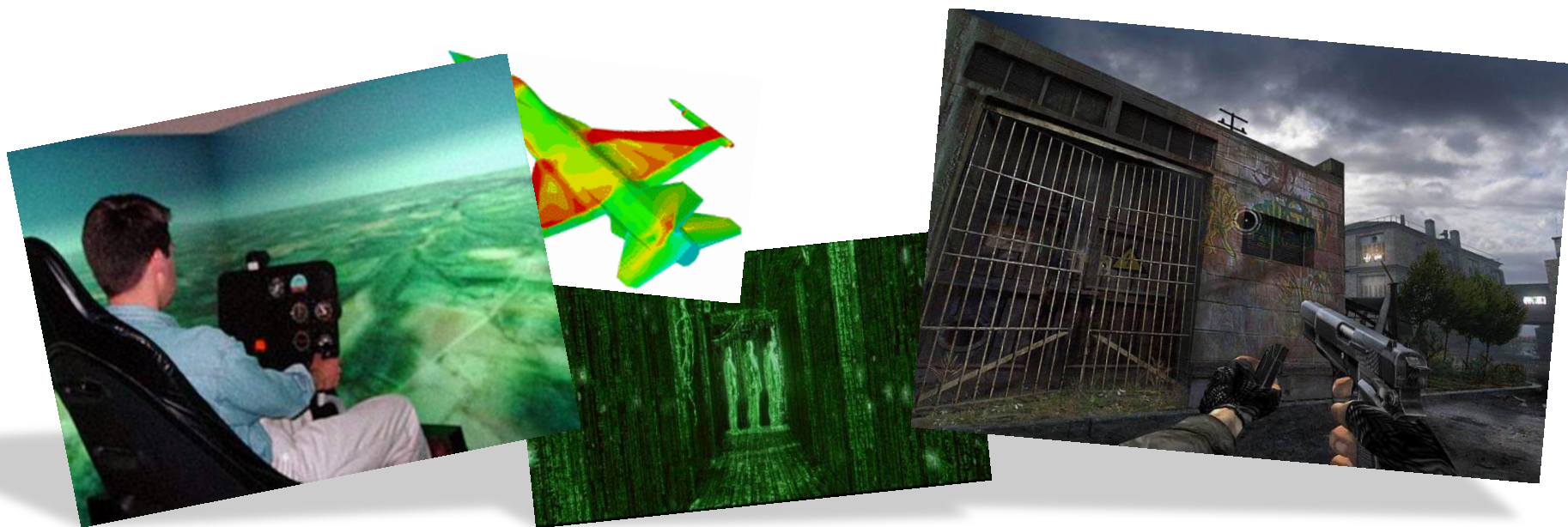
- Ένα 3D μοντέλο **δεν είναι ένας πίνακας από pixels...**  
αλλά  
    **μια λογικά δομημένη συλλογή από 3D αντικείμενα η οποία προβάλλεται τελικά 2D στην οθόνη με τη χρήση κάποιων αλγορίθμων και γεωμετρικών μετασχηματισμών.**
- Τα 3D γραφικά περιέχουν πληροφορία που αφορά  
    **τη γεωμετρική δομή και**  
    **την υφή (χρώμα) των αντικειμένων που απεικονίζουν**
- Τα 3D γραφικά δημιουργούνται εξ' αρχής  
    **με τη βοήθεια λογισμικού σε ηλεκτρονικό υπολογιστή**  
    **ή μέσω 3D ψηφιοποίησης**
- Τα 3D γραφικά αποτελούν ένα ιδιαίτερο **πεδίο έρευνας** με κύριο στόχο  
    **την απόδοση ρεαλιστικών ψηφιακών εικόνων με όσο**  
    **το δυνατό μεγαλύτερη πιστότητα και ακρίβεια.**

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

- Οι περισσότερες εξελίξεις στο χώρο των γραφικών προέκυψαν τελικά από τις ανάγκες
  - της βιομηχανίας **κινηματογράφου**
  - των **στρατιωτικών** εφαρμογών και των
  - εφαρμογών ευρείας κατανάλωσης (κυρίως **παιχνίδια Η/Υ**)



# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

60's

Πρώιμη έρευνα και ανάπτυξη θεωρίας 3D γραφικών περιορισμένη αποκλειστικά σε ακαδημαϊκούς και στρατιωτικούς χώρους.

70's

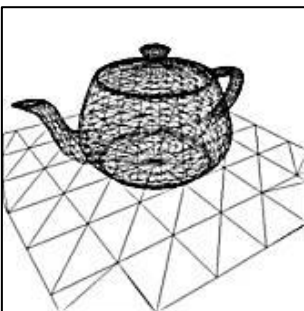
Ανάπτυξη της βασικής διασωλήνωσης οπτικοποίησης (graphics pipeline). Η έρευνα προχωράει κυρίως μέσω της χρηματοδότησης για ανάπτυξη εφαρμογών για στρατιωτικές προσομοιώσεις και σχεδίαση οχημάτων.



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

**ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΣΩΛΗΝΩΣΗ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΜΝΗΜΗ ΣΤΗΝ ΟΘΟΝΗ**



Λογική αναπαράσταση της  
3Δ πληροφορίας



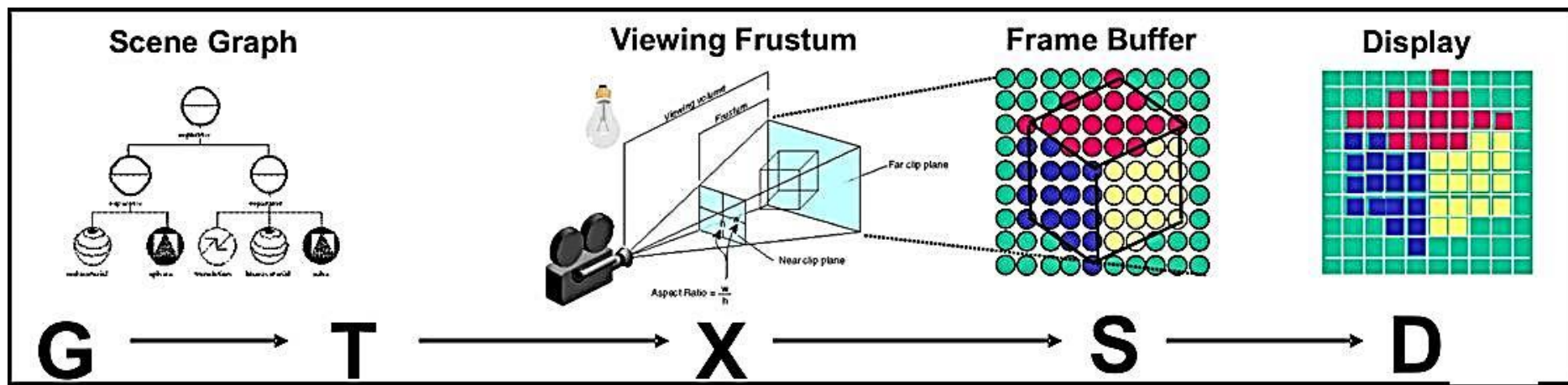
Εξερχόμενο σήμα



# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΣΩΛΗΝΩΣΗ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΜΝΗΜΗ ΣΤΗΝ ΟΘΟΝΗ



- **Generation** – Δημιουργία της δομής 3D γραφικών
- **Traversal** – Επεξεργασία των δεδομένων της δομής 3D γραφικών
- **(X) Transformation** – Χωρικός Μετασχηματισμός (Προβολή σε 2D)
- **Scan conversion** – Μετασχηματισμός Σάρωσης
- **Display** – Προβολή της δισδιάστατης bitmap εικόνας

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

**80's**

Ανάπτυξη **σημαντικών αλγορίθμων οπτικοποίησης**, βελτίωση της ποιότητας των γραφικών για να καλύψουν τις ανάγκες της βιομηχανίας κινηματογράφου

**90's**

Ανάπτυξη εξελιγμένων τεχνικών και αλγορίθμων οπτικοποίησης, εστίαση ερευνητικού ενδιαφέροντος σε θέματα όπως :

- **animation**
- **data acquisition (Modeling και 3D Scanning)**
- **physics**
- **non-photoreal rendering**

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

2000's – σήμερα

Η φωτορεαλιστική απόδοση αγγίζει πλέον επίπεδα όπου

δύσκολα αναγνωρίζεται μια συνθετική εικόνα από μία πραγματική

Ενοποίηση των ερευνητικών περιοχών της όρασης υπολογιστών (computer vision) και των γραφικών

Εμφάνιση πληθώρας καρτών γραφικών με υψηλές επιδόσεις και ικανότητες προβολής φωτορεαλιστικών 3D γραφικών σε πραγματικό χρόνο.

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):



*Τεχνική Φωτορεαλιστικής Απόδοσης Maxwell Lighting – [www.maxwellrender.com](http://www.maxwellrender.com)*

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ 3D ΓΡΑΦΙΚΩΝ

### 1. Φωτορεαλιστική Απόδοση:

- Πιστή προσομοίωση μοντέλων φωτισμού και κίνησης με υψηλό υπολογιστικό κόστος
- Απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ
- Συστοιχίες Η/Υ - Rendering Farms ( one frame per unit )

### 2. Μη – φωτορεαλιστική Απόδοση:

- Εναλλακτικές αποδόσεις – οπτικοποιήσεις 3D γραφικών
- Στόχος η επίτευξη διαφορετικής αισθητικής όπως **συνθετικές νερομπογιές, σκίτσο από μολύβι, πινέλο ζωγραφικής, κλπ**
- Οπτικοποίηση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών της 3D γεωμετρίας (π.χ. Σιλουέτα)

### 3. Απεικόνιση σε Πραγματικό Χρόνο:

- Σήμερα : Ρεαλισμός σε αρκετά υψηλά επίπεδα
- Τεχνάσματα και υλοποιήσεις ειδικών αλγορίθμων σε hardware (3D hardware accelerators graphics cards)



# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## 1. ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ 3Δ ΓΡΑΦΙΚΩΝ (RENDERING)

Είναι η **απόδοση** (οπτικοποίηση) μίας 3Δ σκηνής με **ρεαλιστικό τρόπο** έτσι ώστε να επιτευχθούν **υψηλής ποιότητας αισθητικά αποτελέσματα** όπως :

- Φωτισμός - Αντανάκλασεις φωτός
- Φωτοσκίαση
- Ανάγλυφες επιφάνειες
- Τεχνητή απόδοση υγρών

Οι αλγόριθμοι φωτορεαλιστικής απόδοσης είναι στην πραγματικότητα **προσομοιωτές της διάδοσης και διάχυσης του φωτός** μέσα σε ένα διακριτό 3Δ περιβάλλον.

Ένας από τους πιο σύγχρονους αλγορίθμους φωτορεαλισμού βασίζεται στην **ιχνηλάτηση (ray tracing) της διαδρομής** που ακολουθεί μέσα στην 3Δ σκηνή μία δέσμη φωτός που ξεκινά από μια συνθετική πηγή φωτός και συνεχίζει την πορείας της στον χώρο **καθώς ανακλάτε** από τα εκάστοτε αντικείμενα.

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## 1. ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ 3D ΓΡΑΦΙΚΩΝ (RENDERING)





# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## 1. ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ 3Δ ΓΡΑΦΙΚΩΝ (RENDERING)

Πως επιτυγχάνετε η φωτορεαλιστική απόδοση;

Ένας **renderer** είναι ένα λογισμικό:

Υλοποιεί μια **σειρά από αλγορίθμους** που προέρχονται από διαφορετικά επιστημονικά πεδία:

**Οπτική** – Κλάδος Φυσικής που μελετά την συμπεριφορά/ιδιότητες του φωτός καθώς και τα φαινόμενα που διέπουν την αλληλεπίδραση φωτός με ύλη

**Οπτική αντίληψη**

**Εφαρμοσμένα μαθηματικά**

Σαν τελικό προϊόν:

Διατίθενται ως **αυτόνομα ανοικτού κώδικα και εμπορικά**

Συναντώνται **ενσωματωμένα** σε μεγαλύτερα λογισμικά 3Δ μοντελοποίησης

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## 1. ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ 3Δ ΓΡΑΦΙΚΩΝ (RENDERING)

Μια **συνθετική φωτορεαλιστική εικόνα (rendered image)** δύναται να περιέχει ένα πλήθος από οπτικά χαρακτηριστικά που συναντούμε και στον πραγματικό κόσμο

Τα χαρακτηριστικά αυτά σχετίζονται με την **οπτικοποίηση ενός αντικειμένου**, τη **συμπεριφορά της επιφάνειας** του ή/και του ίδιου του εσωτερικού σε σχέση μία και περισσότερες πηγές φωτός.

Προκύπτουν από αλγορίθμους με υψηλές υπολογιστικές απαιτήσεις



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

### Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

#### Σκίαση (Shading)

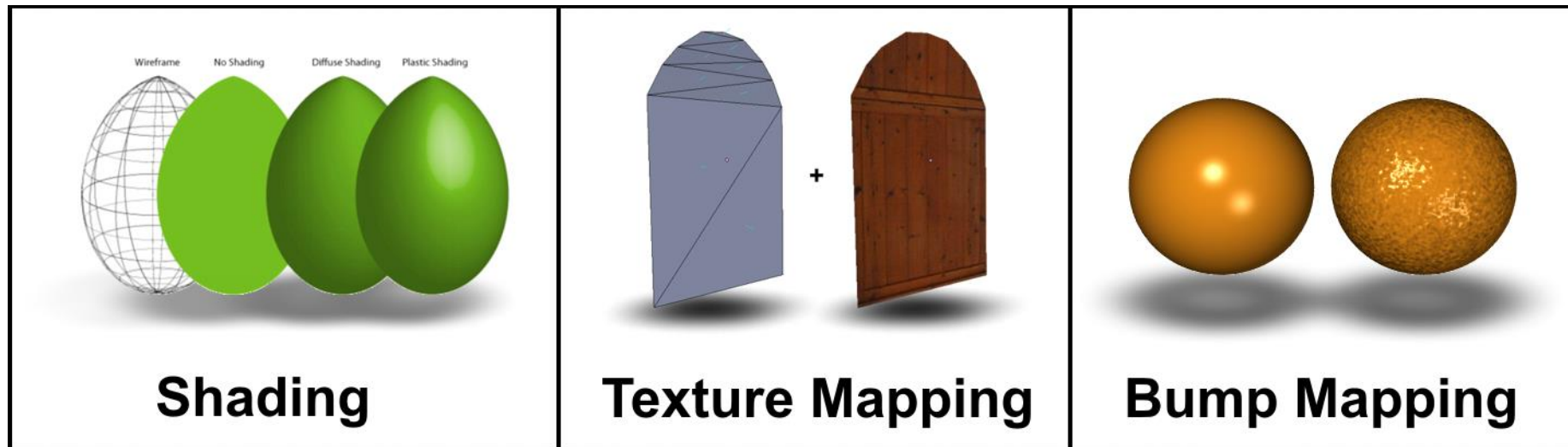
Πως μεταβάλλεται το χρώμα και η φωτεινότητα μίας επιφάνειας εξαιτίας του φωτισμού

#### Χαρτογράφηση υφής (Texture – mapping)

Μέθοδος απόδοσης λεπτομερειών σε επιφάνειες - Χαρτογράφηση ψηφιογραφικών εικόνων

#### Χαρτογράφηση αναγλύφου (Bump – mapping)

Μέθοδος προσομοίωσης μικρής κλίμακας αναγλύφου σε επιφάνειες



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

### Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

#### Ομίχλη (Fogging)

Προσομοίωση της απώλειας φωτός (περιορισμός ορατότητας) καθώς αυτό διατρέχει την ατμόσφαιρα

#### Έντονη Σκίαση(Shadows)

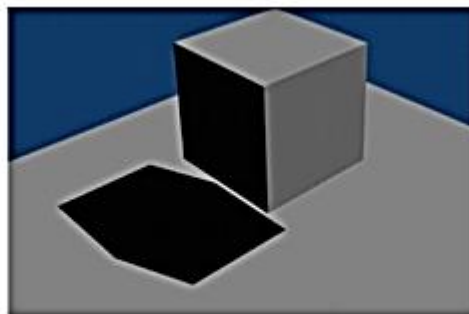
Το φαινόμενο απόφραξης του φωτός

#### Ήπια Σκίαση (Soft Shadows)

Μεταβλητής έντασης σκίαση εξαιτίας της απόφραξης πολλαπλών πηγών φωτός



**Fogging**



**Shadows**



**Soft Shadows**

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### Ανάκλαση (Reflection)

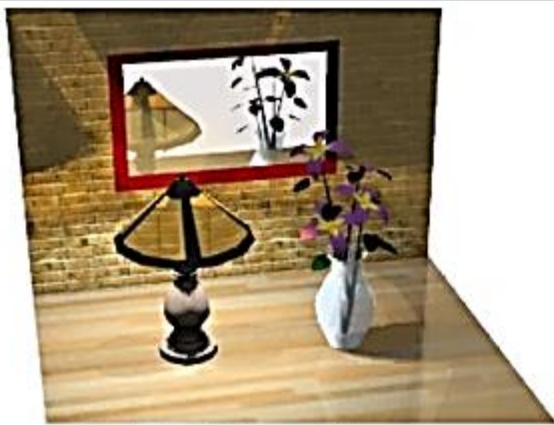
Προσομοίωση επιφάνειας καθρέπτη / γυαλιστερής επιφάνειας κλπ

### Διαφάνεια (Transparency)

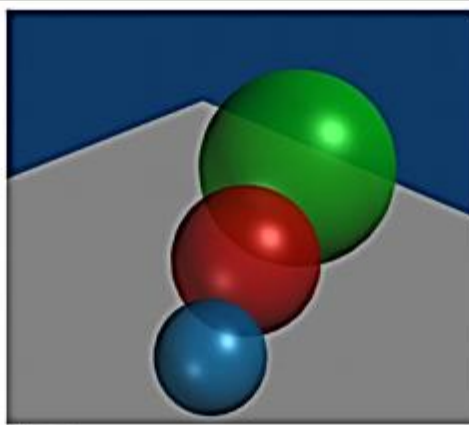
Μετάδοση φωτός μέσα από στερεά αντικείμενα

### Ημιδιαφάνεια – Φωτοδιαπερατή επιφάνεια (Translucency)

Υψηλού βαθμού διασκορπισμός φωτονίων καθώς το φως διατρέχει ένα στερεό αντικείμενο



**Reflection**



**Transparency**



**Translucency**



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### Διάθλαση (Refraction)

Καμπύλωση του φωτός που σχετίζεται με τη διαφάνεια ενός αντικειμένου

### Έμμεσος φωτισμός (Indirect illumination)

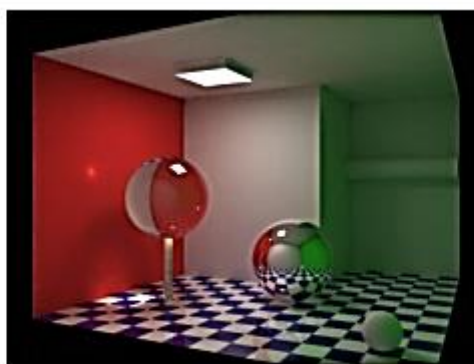
Επιφάνειες που φωτίζονται από την ανάκλαση του φωτός σε άλλες επιφάνειες – διάδοση φωτός π.χ. η γωνία ενός δωματίου όπου συναντώνται οι δύο τοίχοι

### Μοτίβα διάθλασης φωτός (Caustics)

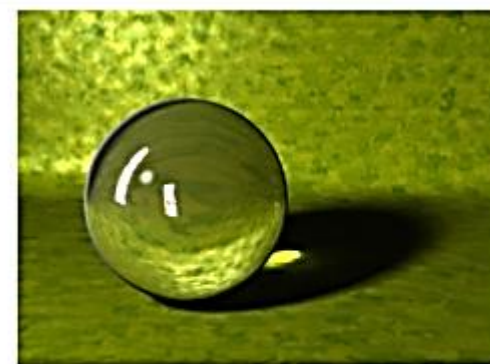
Εστίαση του φωτός σε συγκεκριμένο σημείο καθώς αυτό διαπερνά ένα διαφανές αντικείμενο



**Refraction**



**Global Illumination**



**Caustics**

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

### Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

#### Βάθος πεδίου (Depth of field)

Κοντινά ή απομακρυσμένα αντικείμενα εμφανίζονται εκτός εστίασης

#### Θόλωμα κίνησης (Motion blur)

Αντικείμενα εμφανίζονται θολά καθώς κινούνται με μεγάλη ταχύτητα

#### Μη-φωτορεαλιστική απόδοση (Non-photorealistic rendering)

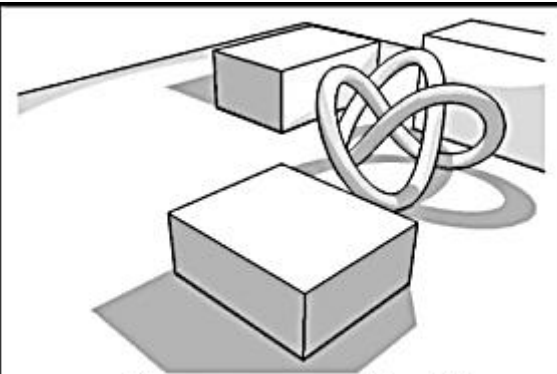
Οπτικοποίηση σκηνών με τρόπους που προσομοιώνουν σκίτσο, ζωγραφιά, κλπ



**Depth of Field**



**Motion Blur**



**Non-realistic**

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

Μηχανές σωματιδίων (Particle Engines)

Προσομοίωση ασαφή φαινομένων

Όπως είναι :

Εκρήξεις - Φωτιά

Νερό τρεχούμενο

Πτώση φύλλων

Χιόνι

Ύφασμα

Γούνα

Καπνός

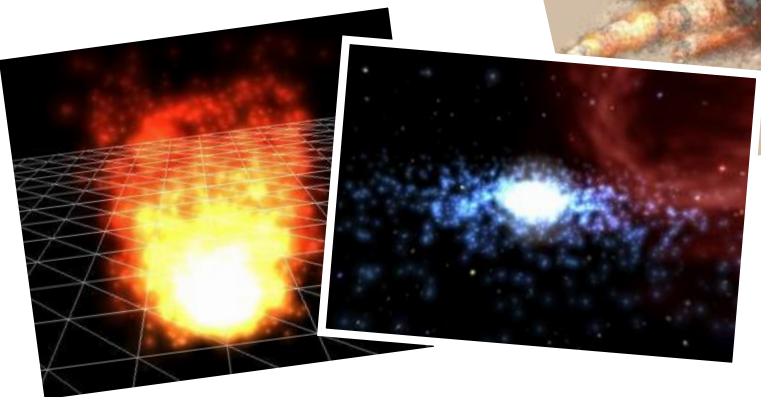
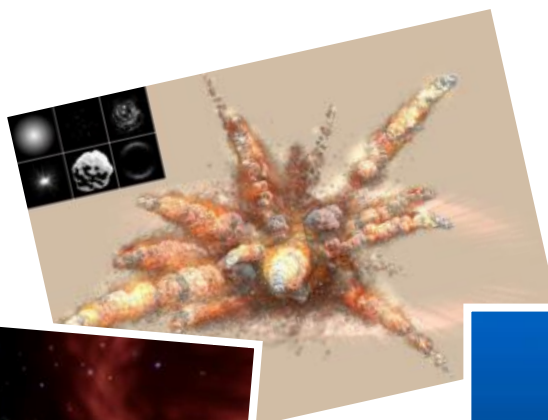
Sparks

Σύννεφα

Σκόνη

Μάλια

Γρασίδι-Χόρτα





## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

Μηχανές σωματιδίων (Particle Engines)

Λειτουργούν σε συνδυασμό με **μηχανές προσομοίωσης νόμων φυσικής (Physics Engines)** και ρευστοδυναμικής κίνησης καθώς και **μηχανές ανίχνευσης σύγκρουσης (collision detection)**

Στόχος η βελτίωση του ρεαλισμού σε επίπεδα κίνησης

Χρήση μεταβλητών όπως **μάζα, ταχύτητα, τριβή, αντίσταση αέρα**

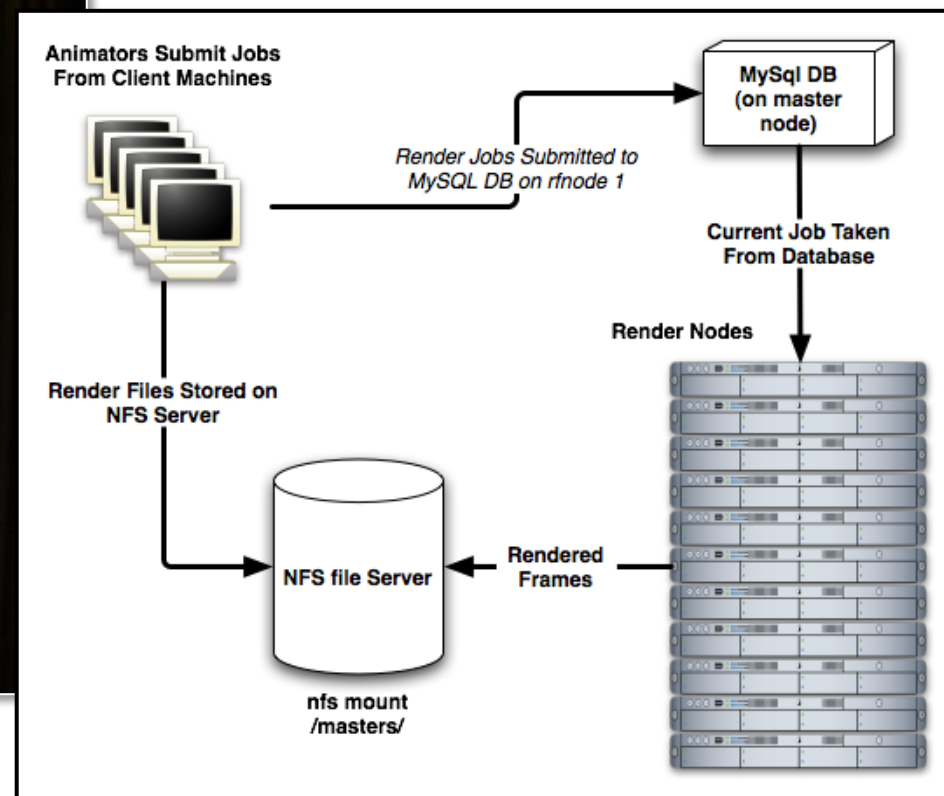
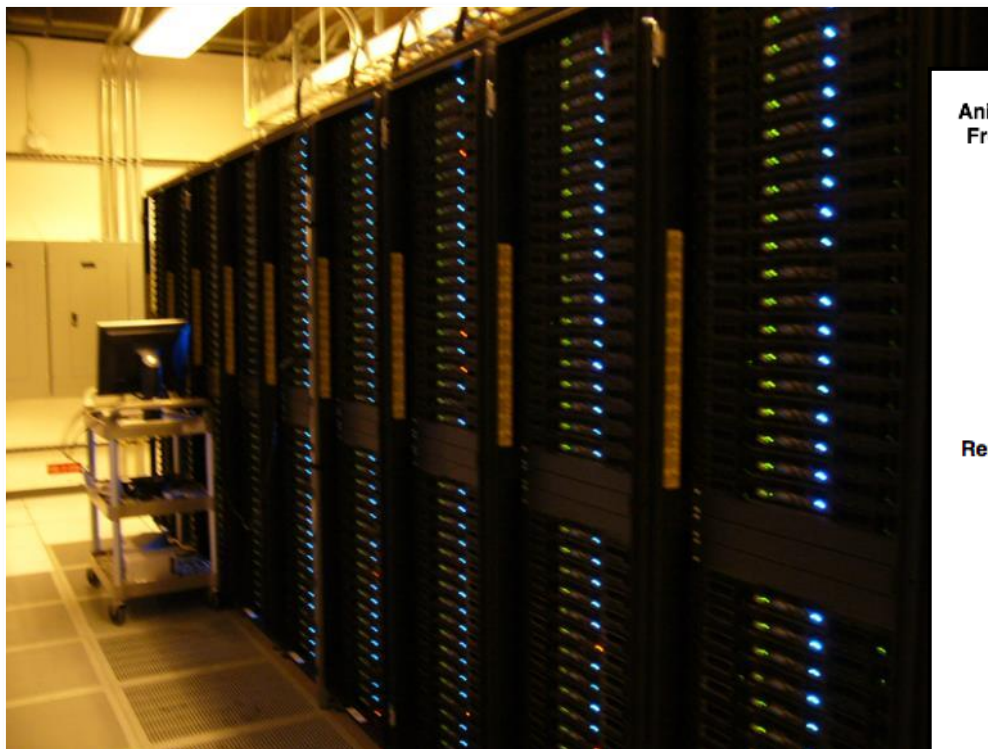
Προσομοίωση = προσέγγιση → υπολογισμοί με διακριτές τιμές



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### ΦΑΡΜΕΣ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΜΟΥ (Rendering Farms)



# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

## Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΦΑΡΜΕΣ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΜΟΥ (Rendering Farms)

Σύνθετες 3D σκηνές απαιτούν **μεγάλη υπολογιστική ισχύ** (πόροι)

Η επεξεργασία εικόνων αποτελεί μια εργασία που επιτρέπει **υψηλά επίπεδα παράλληλης επεξεργασίας**

Λύση → Συστάδες Υπολογιστών

Αποτελεί **τυπική λύση εδώ και χρόνια** για δημιουργία 3D περιεχομένου υψηλής ποιότητας (κινηματογραφικό επίπεδο)

- **Μη-διαδραστική παράλληλη επεξεργασία (Non-interactive parallel rendering)**

Κάθε ένα καρέ υπολογίζεται ανεξάρτητα από τα άλλα

Κάθε **υπολογιστική μονάδα** αναλαμβάνει ένα **ολόκληρο καρέ** τη φορά

Η επικοινωνία ανάμεσα στις υπολογιστικές μονάδες περιορίζεται μόνο στην **αρχικοποίηση** (φόρτωση 3D σκηνής και δεδομένων υψής) και αποστολή τελικού καρέ

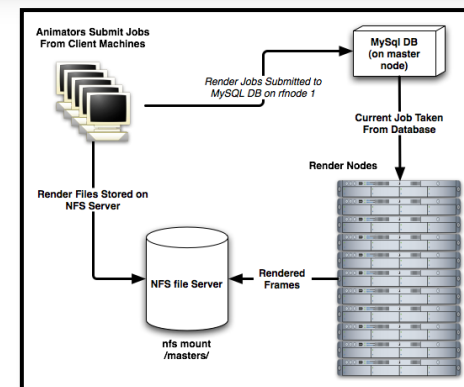
- **Διαδραστική παράλληλη επεξεργασία (Interactive parallel rendering)**

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές υλοποιήσεις π.χ. Sort-First

Διαχωρισμός ενός **καρέ σε τμήματα**

Κάθε υπολογιστική μονάδα συμβάλει στην ολοκλήρωση ενός τμήματος

Το τελικό καρέ προκύπτει από τη συμβολή πλήθους υπολογιστικών συστημάτων



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

**ΦΑΡΜΕΣ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΜΟΥ (Rendering Farms) – Κόστος από 0.00 € έως ??Μ €**





## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### ΦΑΡΜΕΣ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΜΟΥ (Rendering Farms)

Ένα σχετικά πρόσφατο παράδειγμα:

Τίτλος ταινίας : **Ratatouille (Pixar & Disney) 2007**

100% Συνθετική Ταινία

Full Computer-generated imagery (CGI) movie

Φάρμα φωτορεαλισμού : **850 systems with nearly 3200 processors**

Intel® Xeon™ processors (with Intel® Core™ micro - architecture)

Διάρκεια επεξεργασίας : **1532 CPU-years to render**

Όγκος δεδομένων : **12 Terabytes για αποθήκευση των εικόνων**

Εάν

Rendered using a single **2.66Ghz** processor

**TOTE**

Release Date = **3539**

Σημείωση:

Ένα επεξεργαστικό έτος (CPU-year) είναι ένα *ανθρώπινο* έτος λειτουργίας ενός επεξεργαστή σε μια συστοιχία



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

### Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

#### Φωτορεαλιστική απόδοση 3D γραφικών (απεικόνιση σε Πραγματικό Χρόνο) :

- **Πραγματικός χρόνος:** η δυνατότητα του υπολογιστικού συστήματος να πραγματοποιεί τόσο άμεσα τις εντολές του χρήστη ώστε το αποτέλεσμα τους να είναι εμφανές άμεσα.
- Υλοποίηση αλγορίθμων σε **υλικοτεχνικό επίπεδο** (hardware)
- Η εξέλιξη των **3D επιταχυντών** επιτρέπουν σήμερα την εκτέλεση **δαπανηρών** αλγορίθμων φωτισμού και χρωματισμού πολύπλοκων επιφανειών σε πολύ γρήγορους ρυθμούς.
- Ως αποτέλεσμα, η ποιότητα των απεικονιζόμενων γραφικών που την προηγούμενη δεκαετία χαρακτηριζόταν ως **κινηματογραφική**, μπορεί σήμερα να απεικονιστεί σε **πραγματικό χρόνο** σε έναν τυπικό προσωπικό υπολογιστή!



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

### Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

#### Τεχνολογία Υλικοτεχνικού Εξοπλισμού (Hardware)





Η ολοένα αυξανόμενη λίστα από **δυνατότητες** των σημερινών επιταχυντών γραφικών περιλαμβάνει:

- Υπολογισμούς σκίασης σε κάθε pixel που σχεδιάζεται
- Hardware **γεωμετρικούς μετασχηματισμούς**
- Πολλαπλά περάσματα χρώματος (lightmaps, detail textures)
- Μεγάλο δυναμικό εύρος παλέτας (48-128bits χρώμα)
- Απεικόνιση **αναγλύφου** (πληροφορία υφής)
- **Εξομάλυνση επιφανειών** και γραμμών (mir-mapping)
- Έξυπνη **απόκρυψη περιττών επιφανειών**
- Προγραμματιζόμενα εφέ (Shaders)



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

## Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

						
	<b>Nvidia GeForce GT 730 64-bit</b>	<b>AMD Radeon R7 360</b>	<b>Sapphire Radeon R9 380</b>	<b>Nvidia GeForce GTX 970</b>	<b>Sapphire Radeon R9 390</b>	<b>PowerColor Radeon R9 390X</b>
<b>Price</b>	<b>\$69.99</b>	<b>\$120.00</b>	<b>\$208.00</b>	<b>\$329.99</b>	<b>\$345.00</b>	<b>\$449.99</b>
<b>GPU</b>	GK208 (Kepler)	Tobago (GCN 1.1)	Antigua (GCN 1.2)	GM204 (Maxwell)	Grenada (GCN 1.1)	Grenada (GCN 1.1)
<b>Process</b>	28 nm	28 nm	28 nm	28nm	28nm	28nm
<b>Shader Units</b>	384	768	1792	1664	2560	2816
<b>Texture Units</b>	32	48	112	104	160	176
<b>ROPs</b>	8	16	32	56	64	64
<b>Core Clock</b>	902 MHz	1050 MHz	970 MHz	1050 MHz	1000 MHz	1050 MHz
<b>Memory Clock</b>	1250 MHz GDDR5	1625 MHz GDDR5	1425 MHz GDDR5	1750 MHz GDDR5	1500 MHz GDDR5	1500 MHz GDDR5
<b>Memory Bus</b>	64-bit	128-bit	256-bit	256-bit	512-bit	512-bit
<b>Memory Bandwidth</b>	40.0 GB/s	104 GB/s	182.4 GB/s	196 GB/s (3.5 GB), 28 GB/s (512MB)	384 GB/s	384 GB/s
<b>Memory Capacity</b>	1 or 2 GB	2 GB	2 or 4 GB	4GB (3.5GB + 512 MB segments)	8GB	8GB
<b>DirectX, Shader, OpenGL</b>	11/5.0/4.3	12/12_0/4.5	12_0 / 4.5	12 (12_1), 4.5	12_0 / 4.5	12_0 / 4.5
<b>Min. Power</b>	350 W	500 W	500 W	500 W	550 W	750 W



# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ 3Δ ΓΡΑΦΙΚΩΝ

Ευχέρεια παρεμβάσεων που πραγματοποιούνται από το χρήστη.

- **Δομικές παρεμβάσεις** → Εισαγωγή, αφαίρεση, μετακίνηση και παραμόρφωση των 3Δ αντικειμένων ή τμημάτων τους.
- **Εύκολα μεταβαλλόμενος φωτισμός και σκίαση (shading)** των αντικειμένων
- **Η χαρτογράφηση υφής**, δηλαδή η προβολή μιας ψηφιογραφικής εικόνας στην επιφάνεια ενός αντικειμένου με αποτέλεσμα ένα γεωμετρικό αντικείμενο να αποκτά την υφή κάποιου υλικού.
- **Οι σύγχρονες τεχνολογίες φωτορεαλιστικής απόδοσης (rendering)**, δηλαδή η μετατροπή του 3Δ μοντέλου σε μια εικόνα ή εικονοσειρές με την επιθυμητή ανάλυση, βάθος χρώματος και μέγεθος.

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

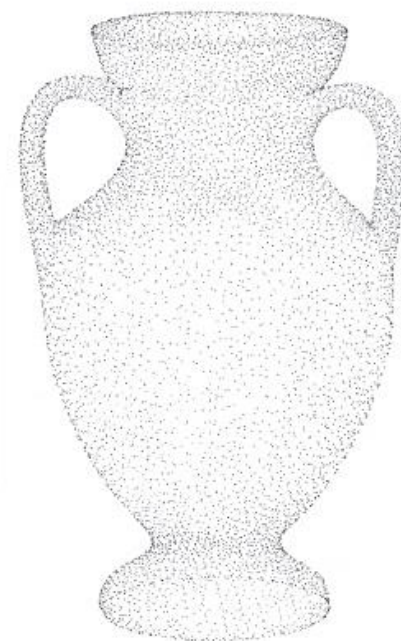
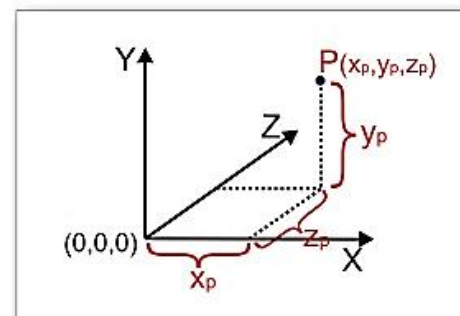
Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Νέφος Σημείων – Point Cloud → Vertices

Ορίζεται ένα σύνολο σημείων που μοιράζονται το ίδιο 3Δ καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων.

Κάθε ένα σημείο φέρει εκείνη την πληροφορία που το τοποθετεί σε μία συγκεκριμένη θέση μέσα στον 3Δ χώρο. Η πληροφορία αυτή αποτελείται από τρεις διαφορετικές τιμές, μία για κάθε άξονα (x,y,z).



α. Νέφος σημείων

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

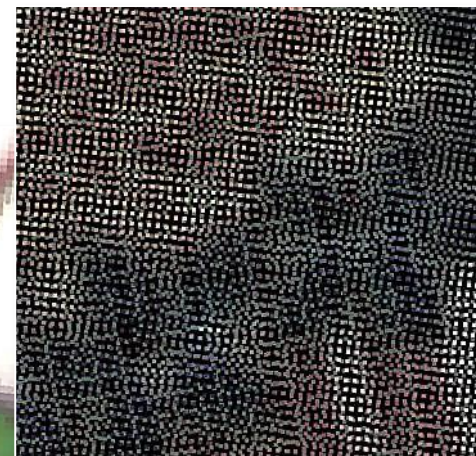
Νέφος Σημείων – Point Cloud → Vertices

Σάρωση με Arius 3D Foundation System 100

Απόσταση ανάμεσα σε δύο γειτονικά δείγματα  $\sim 100\mu\text{m}$  (0.1mm)

Ακρίβεια μέτρησης  $\sim 25\mu\text{m}$  (0.025mm) (Z)

12.216.174 κορυφές



X,Y,Z → 4 bytes x 3

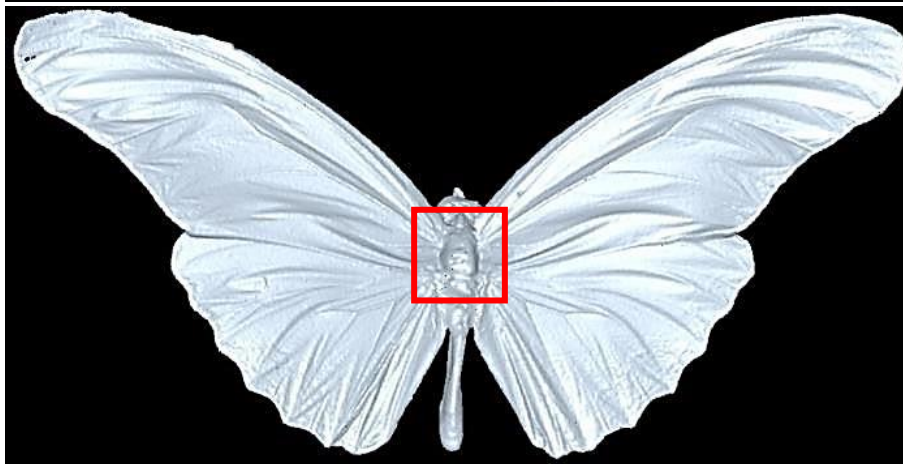
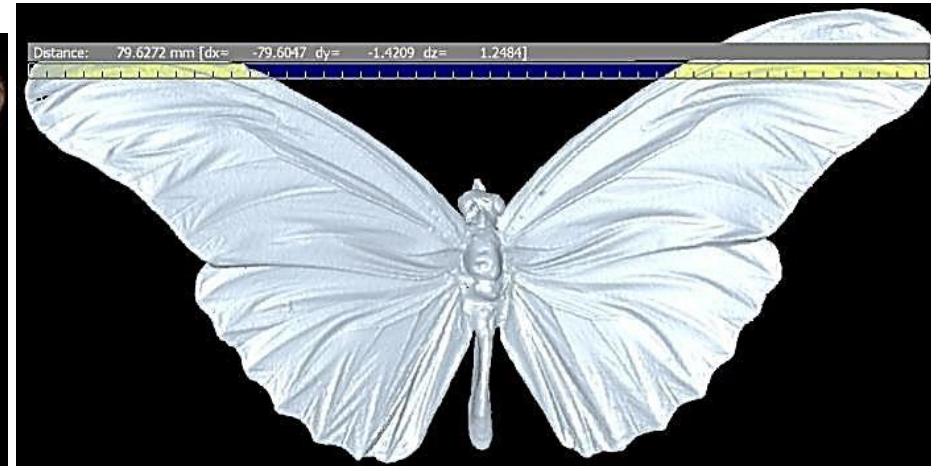
R,G,B → 1 byte x 3

$12.216.174 \times 15 = 183.242.610 \text{ bytes} = 174.75 \text{ MB} = 0.17\text{GB}$



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

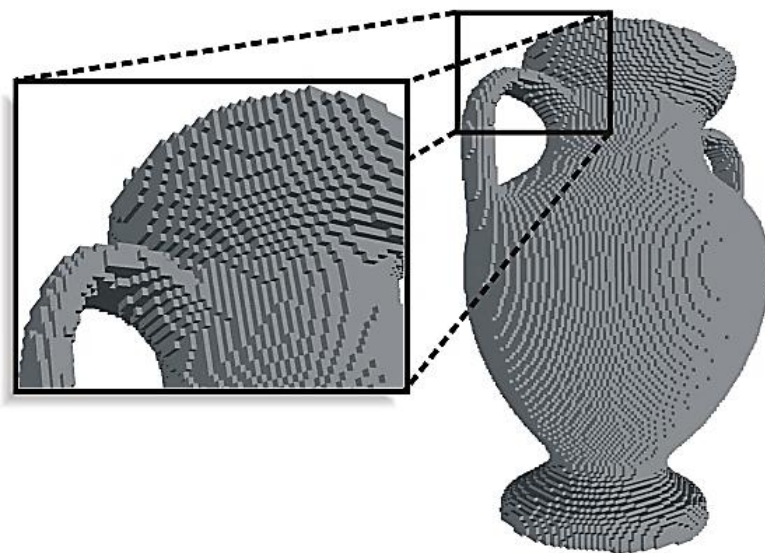
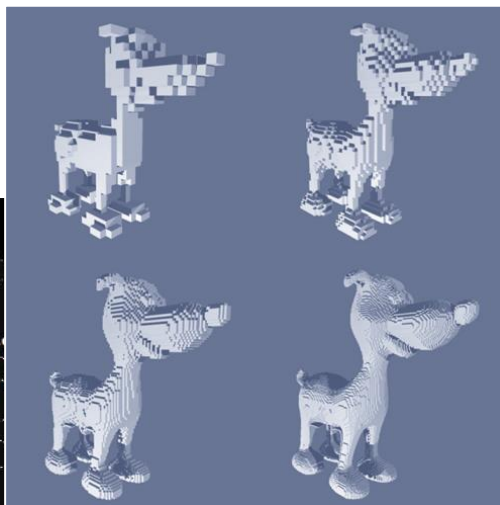
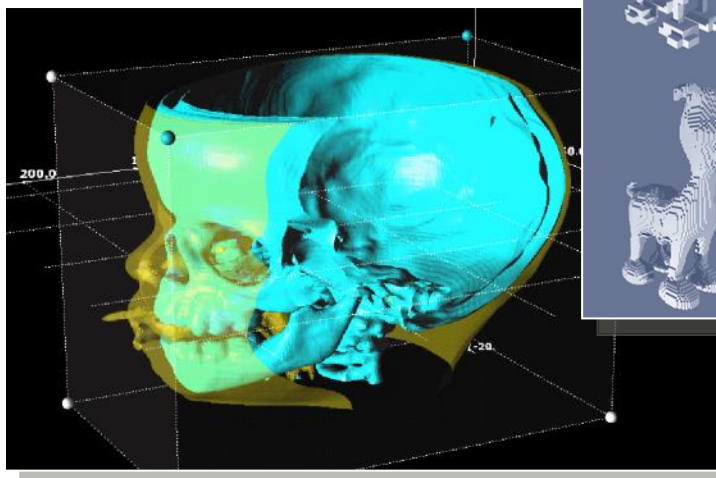
### ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Ογκομετρικά στοιχεία – Volumetric Pixels (Voxels)

Αντίστοιχο του pixel αλλά διαθέτει τρεις διαστάσεις (καταλαμβάνει κάποιο χώρο – διαθέτει όγκο)

Αναπαριστά ένα **κύβο** σε έναν **διακριτό 3Δ χώρο**

Εφαρμόζεται κυρίως στην οπτικοποίηση ιατρικών δεδομένων





## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

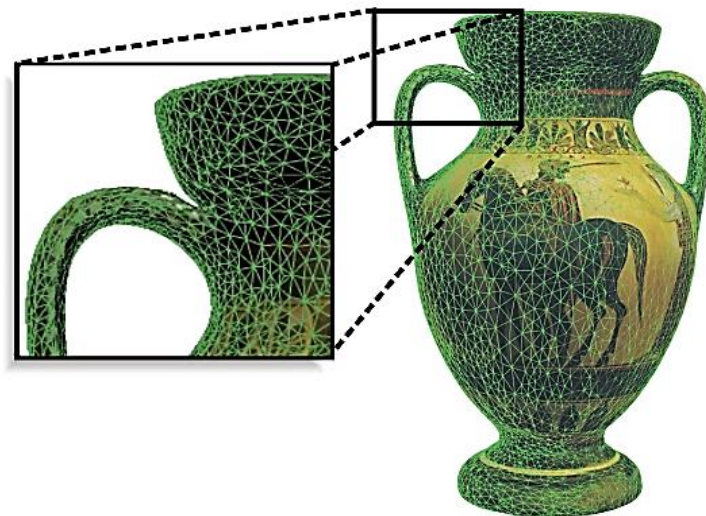
Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Μη-κανονικοποιημένο δίκτυο τριγώνων - Τριγωνικό Πλέγμα – Triangulated Mesh

Γιατί τρίγωνα;

- Τα τρίγωνα έχουν το χαρακτηριστικό να ορίζουν **πάντα μία επίπεδη περιοχή** ακόμα και όταν βρίσκονται σε ένα 3Δ καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων.
- Ένα οποιοδήποτε 3Δ σχήμα μπορεί **να προσεγγισθεί με μεγάλη ακρίβεια** με ένα πεπερασμένο πλήθος τριγώνων.
- Αποτελεί την **πλέον διαδεδομένη τεχνική** για την προβολή 3Δ μοντέλων



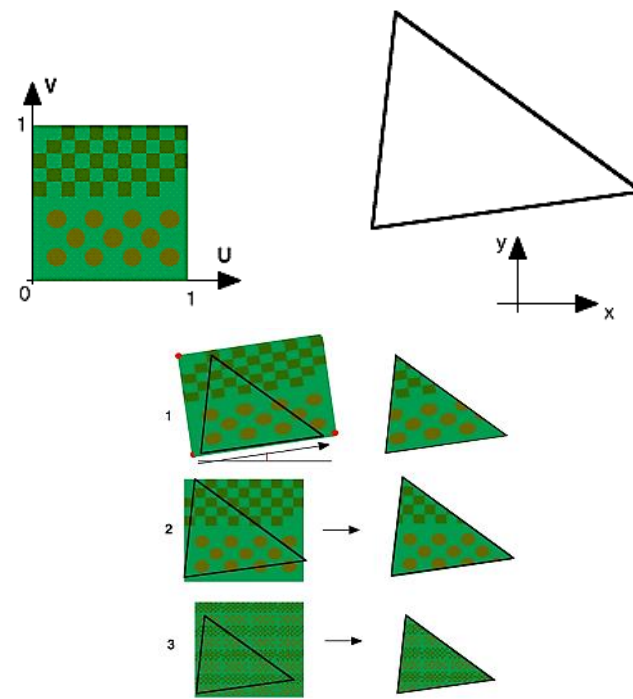
## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3D ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Πληροφορία Υφής και Χαρτογράφηση της (Texture Mapping)

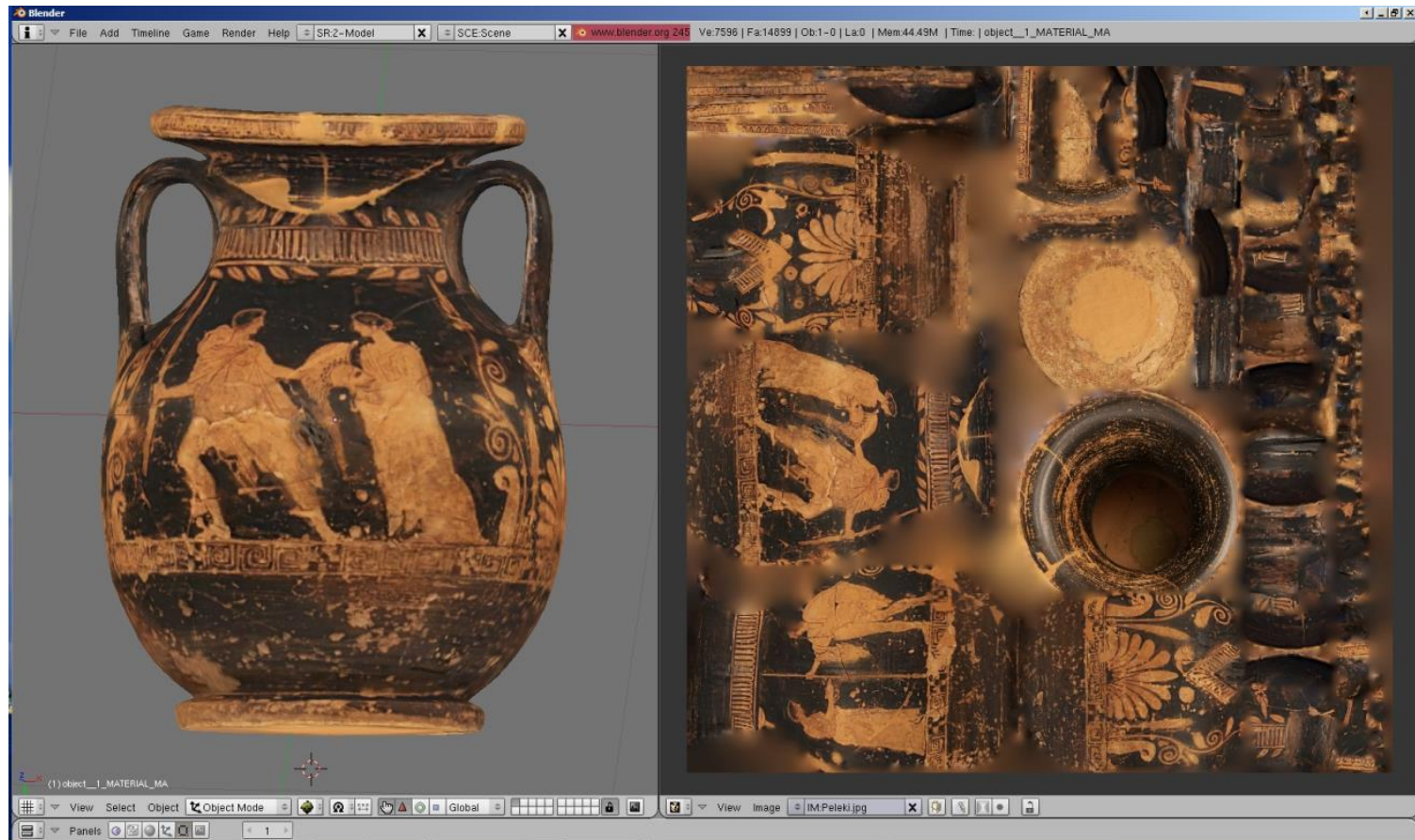
Η διαδικασία κατά την οποία εφαρμόζεται μια υφή (texture) πάνω σε ένα αντικείμενο έτσι ώστε να δοθεί μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση του υλικού από το οποίο αποτελείται το αντικείμενο.



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

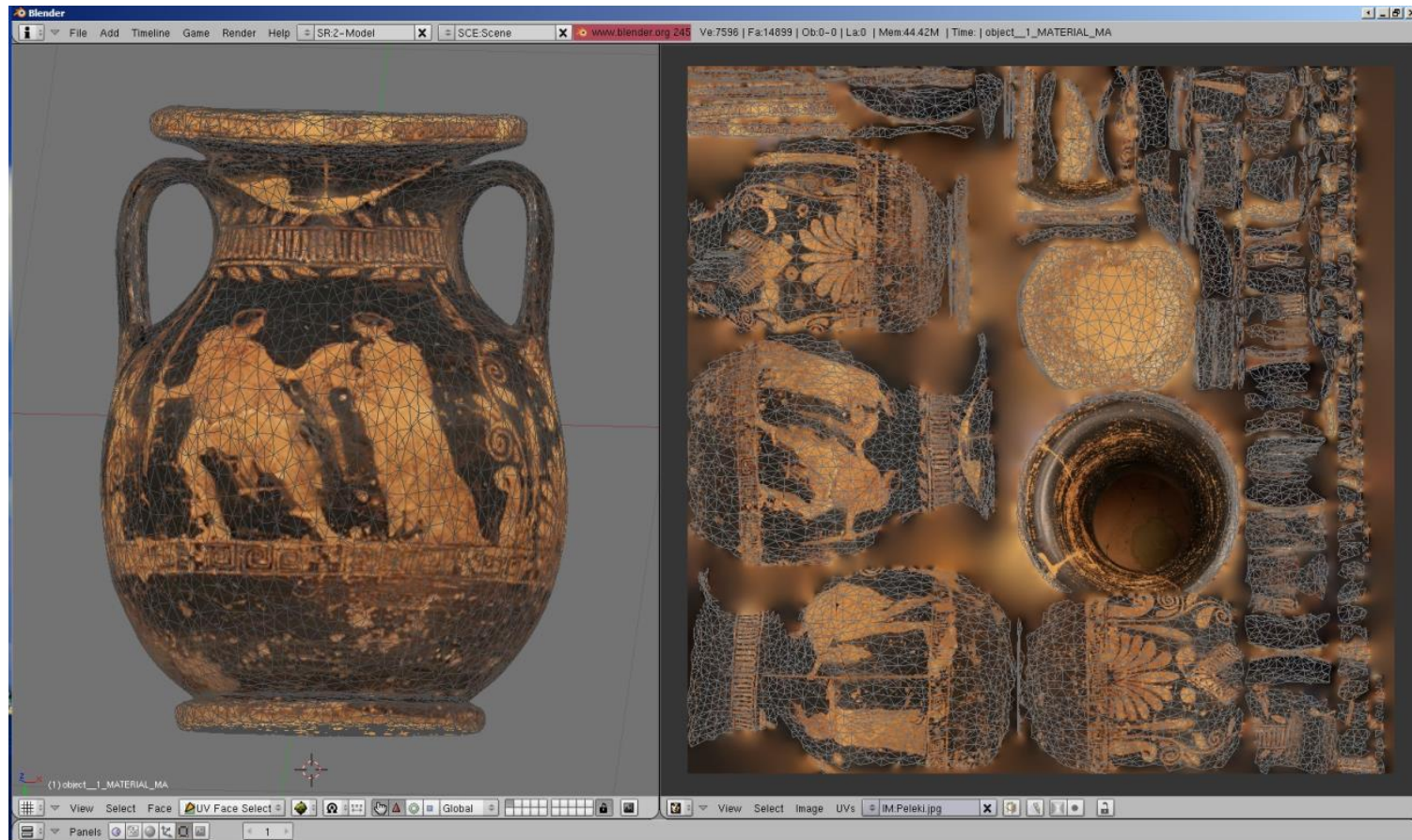




# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Πληροφορία Υφής και Χαρτογράφηση της (Texture Mapping)

Ανθρώπινος Εγκέφαλος:

Δύο βασικές διαδρομές επεξεργασίας της οπτικής πληροφορίας

- Η διαδρομή του 'ΠΟΥ;' (Where?)
- Η διαδρομή του 'ΤΙ;' (What?)
- Εκφράζοντας την πληροφορία υφής ως κάποιο ειδικό βάρος (συνιστώσα) στην δημιουργία ενός μέτρου ρεαλισμού μιας εικονικής πραγματικότητας
- Αποτελέσματα πειραμάτων έδειξαν

## ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΥΦΗΣ > ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ

Dongsik Cho, Jihye Park, Gerard Jounghyun Kim, Sangwoo Hong, Sungho Han, Seungyong Lee, "The Dichotomy of Presence Elements: The Where and What", Proc. IEEE Virtual Reality 2003, p.p. 273

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

## Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### Πολυγωνικό Πλέγμα – Polygon Mesh

Γιατί όχι και τετράπλευρα ; (Quadrilaterals)

#### Πλεονεκτήματα

1. Πάντα ορίζουν ένα επίπεδο
2. Οποιοδήποτε σχήμα μπορεί να περιγραφεί από ένα πλήθος τριγώνων.

#### Τρίγωνα

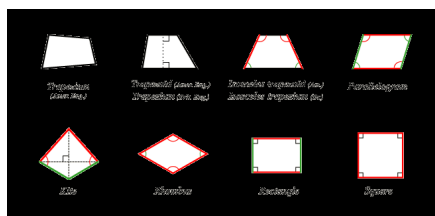


#### Μειονεκτήματα

1. Το πλήθος των τριγώνων που μπορεί να χρειαστούν για την περιγραφή ενός αντικειμένου μπορεί να είναι πολύ μεγάλο
2. Απαιτούν περισσότερο αποθηκευτικό χώρο

1. Αναπαράσταση της ίδιας περιοχής με ένα τετράπλευρο (quad) αντί για δύο τρίγωνα
2. Ιδανικό σχήμα για τη χαρτογράφηση της πληροφορίας υψής

#### Τετράπλευρα



1. Δεν ορίζουν πάντα ένα επίπεδο στο χώρο
2. Σε κάποιες περιπτώσεις είναι αδύνατο να περιγράψεις βασικά 3D σχήματα (π.χ. πυραμίδα)

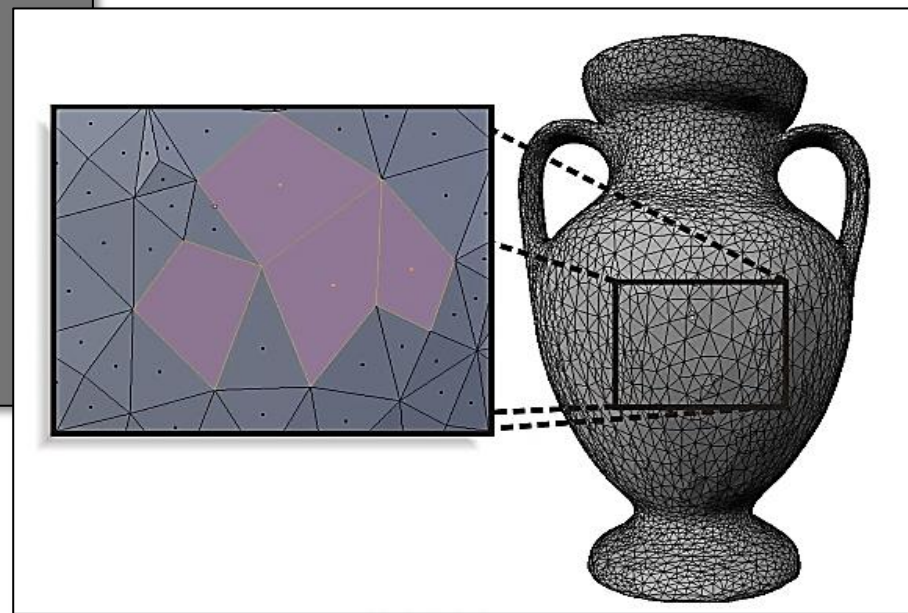
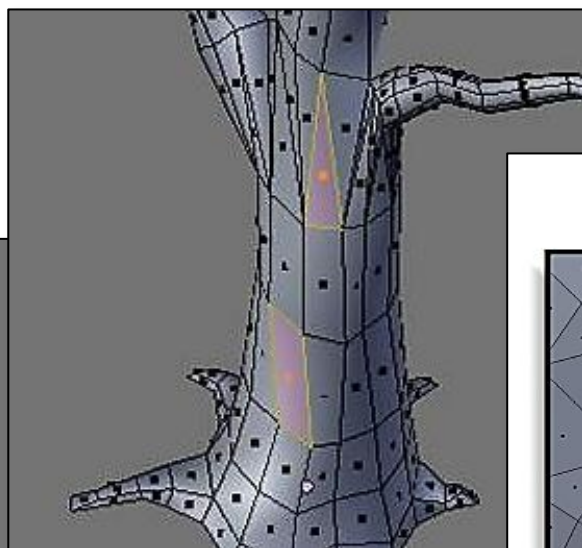
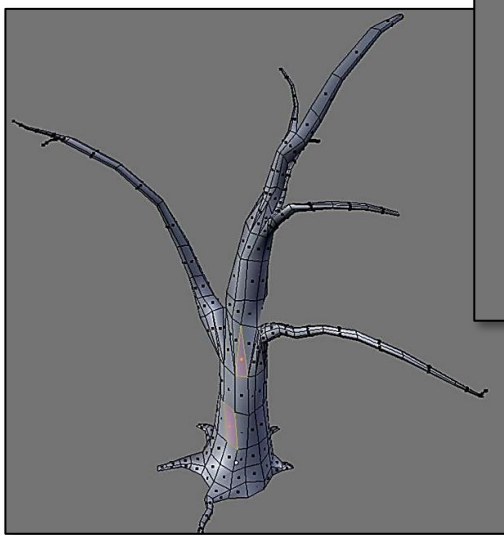
## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

**ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**

Πολυγωνικό Πλέγμα – Polygon Mesh

Συνδυασμός των δύο τεχνικών μοντελοποίησης





## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

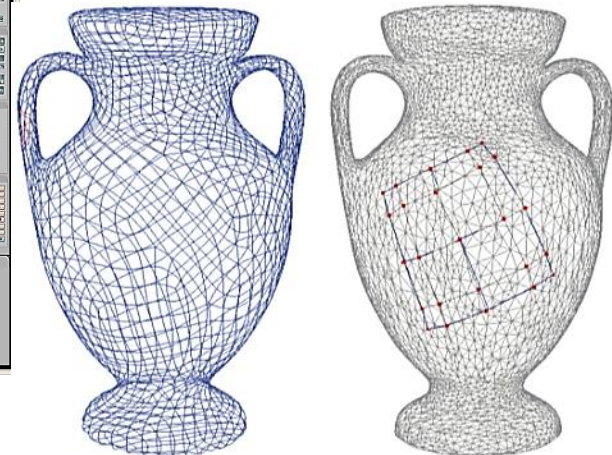
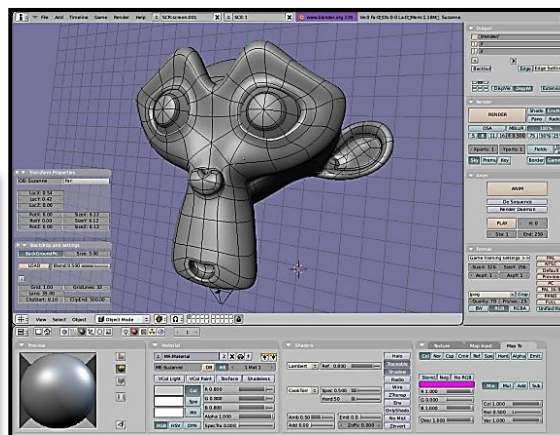
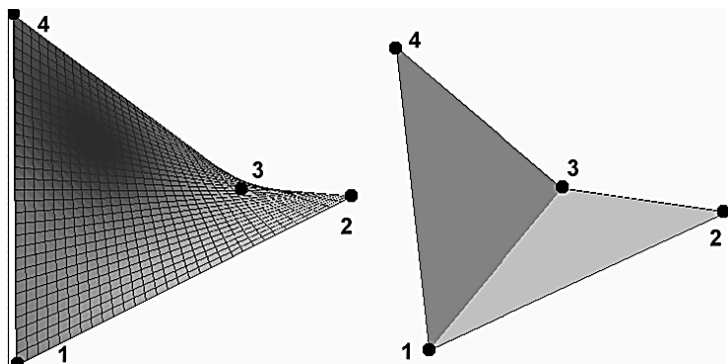
ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Παραμετρικές Επιφάνειες

Περιγραφή της γεωμετρίας με χρήση καμπύλων π.χ. **Basic Splines**

Δυνατότητα περιγραφής ομαλών καμπύλων επιφανειών → Λιγότερα σημεία ελέγχου

Ειδικοί αλγόριθμοι αναλαμβάνουν την μετάφραση ενός τριγωνικού πλέγματος ή ενός νέφους σημείων σε παραμετρικές καμπύλες





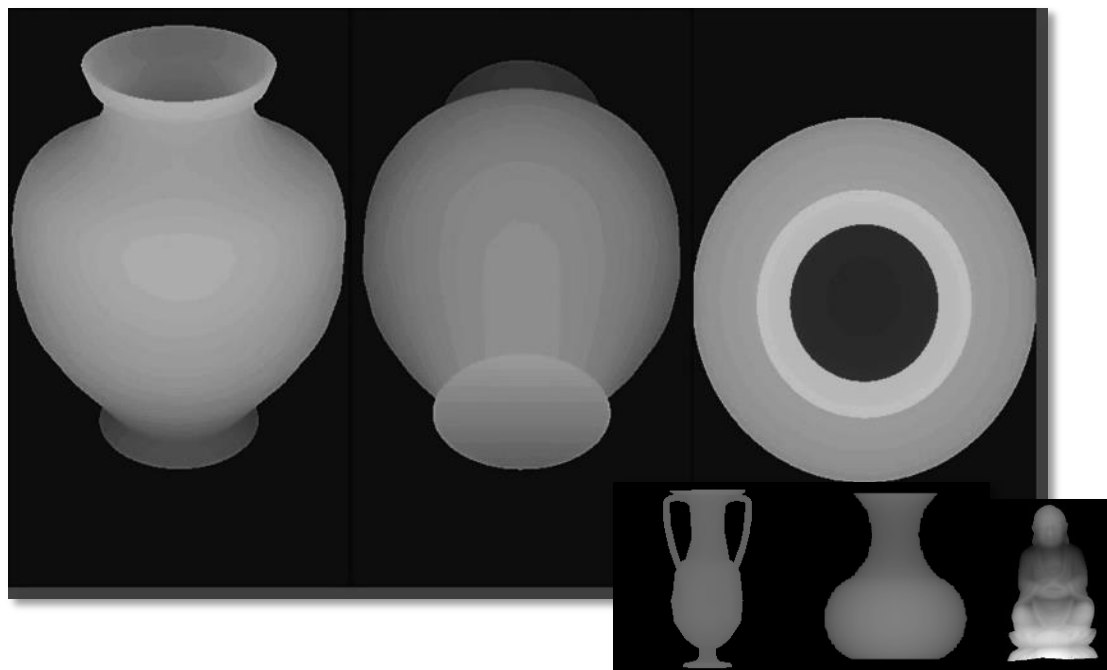
## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

### Χάρτης Βάθους – Z Buffer

- Τεχνική χρήσης φωτοσκίασης για την απεικόνιση της τρίτης διάστασης
- Σημεία που βρίσκονται κοντά στο εικονικό θεατή απεικονίζονται φωτεινά



στ. Χάρτης Βάθους και ανακατασκευή 3Δ επιφάνειας

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Σε προγραμματιστικό επίπεδο

Τι είναι η Open Graphics Library;



- Είναι ένα API (Application Programming Interface) γραφικών, δηλαδή ένα σύνολο (βιβλιοθήκη) έτοιμων συναρτήσεων που βοηθούν στη σχεδίαση και το χειρισμό γραφικών σε υπολογιστή

Γιατί OpenGL;

- Είναι διαδεδομένη σε όλες τις μεγάλες πλατφόρμες (MacOS, iOS, Android, Unixoids (Linux), Windows)
- Υποστηρίζεται σε επίπεδο hardware από όλες τις γνωστές κάρτες γραφικών
- Είναι αρκετά ισχυρή και μας επιτρέπει ένα μεγάλο εύρος ενεργειών σε γραφικά με μοναδικό περιορισμό την υπάρχουσα υπολογιστική ισχύ

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

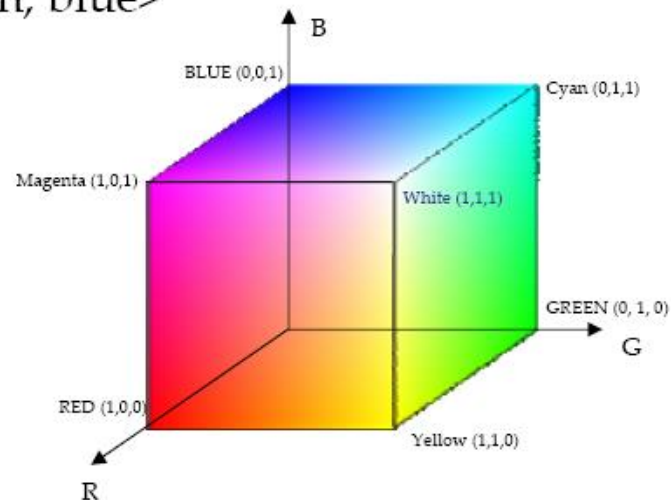
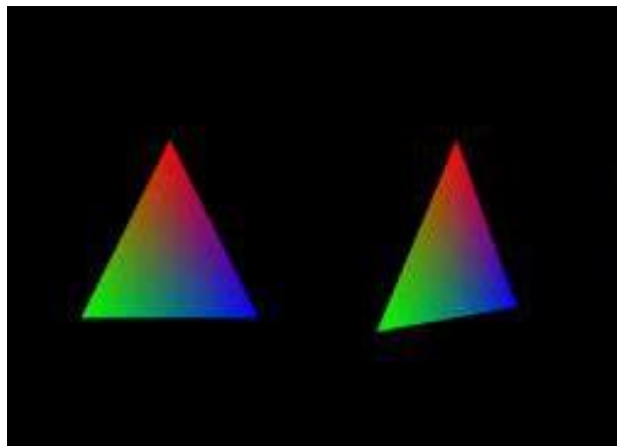
Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Σε προγραμματιστικό επίπεδο

```
glBegin(GL_TRIANGLES);
  glColor3f(1.0, 0.0, 0.0); // red
  glVertex3f(-4.0, -2.0, 0.0);
  glColor3f(0.0, 1.0, 0.0); // green
  glVertex3f(4.0, -2.0, 0.0);
  glColor3f(0.0, 0.0, 1.0); // blue
  glVertex3f(0.0, 5.0, 0.0);
glEnd();
```

<red, green, blue>



# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Σε προγραμματιστικό επίπεδο

Άλλα γνωστά APIs (Application Programming Interface) γραφικών

### DirectX – Direct3D

- Δημιουργία της Microsoft και διαθέσιμο μόνο για συστήματα που λειτουργούν με Microsoft Windows
- Αποτελεί τη βάση για τα γραφικά στις παιχνιδομηχανές της Microsoft (XBOX, XBOX 360)
- Υλοποίηση σε hardware στις κάρτες γραφικών
- Κώδικας για τη σχεδίαση ενός τριγώνου:

```

/* A 3-vertex polygon definition */
D3DLVERTEX v[3];
/* Vertex established */
v[0]=D3DLVERTEX( D3DVECTOR(0.f, 5.f, 10.f), 0x00FF0000, 0, 0, 0 );
/* Vertex established */
v[1]=D3DLVERTEX( D3DVECTOR(0.f, 5.f, 10.f), 0x0000FF00, 0, 0, 0 );
/* Vertex established */
v[2]=D3DLVERTEX( D3DVECTOR(0.f, 5.f, 10.f), 0x000000FF, 0, 0, 0 );
/* Function call to draw the triangle */
pDevice->DrawPrimitive( D3DPT_TRIANGLELIST, D3DFVF_LVERTEX, v, 3, 0 );

```

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Virtual Reality Modeling Language (VRML)

(OO - αντικειμενοστραφής) Γλώσσα μοντελοποίησης εικονικής πραγματικότητας

Για την περιγραφή 3Δ διαδραστικών κόσμων και αντικειμένων για χρήση στον Παγκόσμιο Ιστό

Σε ASCII ή UTF8 αρχεία, επέκταση .wrl

Χρήση Java ή Javascript σεναρίων για έλεγχο συμπεριφοράς αντικειμένων

Υποστηρίζεται η μεταφόρτωση σε μορφή gzip



# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

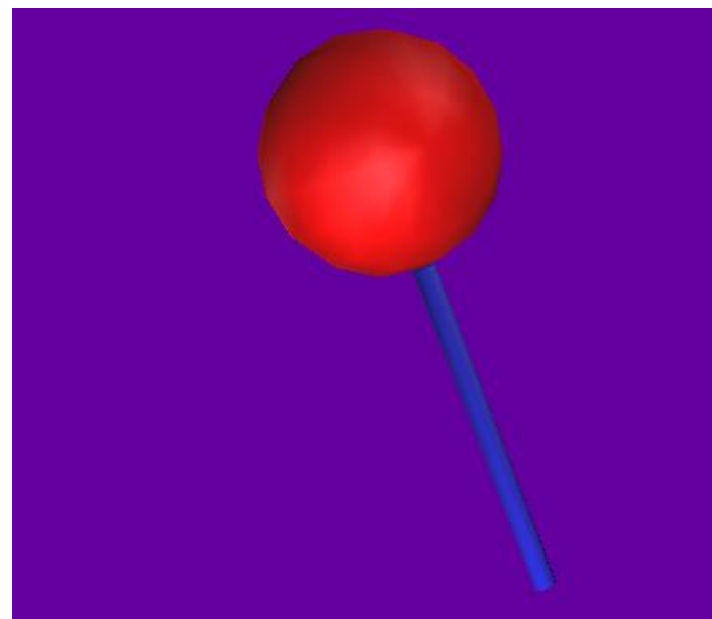
Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

ΒΑΣΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ 3Δ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

## Virtual Reality Modeling Language (VRML)

```
#VRML V2.0 utf8
# Draw a blue cylinder - a first node specifying an object
# Radius and height can be floating numbers
Shape {
  geometry Cylinder (
    radius 0.1
    height 3.0
  )
  appearance Appearance {
    material Material ( diffuseColor 0 0 1 )
  }
}

Transform {
  # Move the pen up - a second node specifying a translation
  # and a sphere
  translation 0 2 0
  children [
    Shape {
      geometry Sphere {}
    }
  ]
}
```

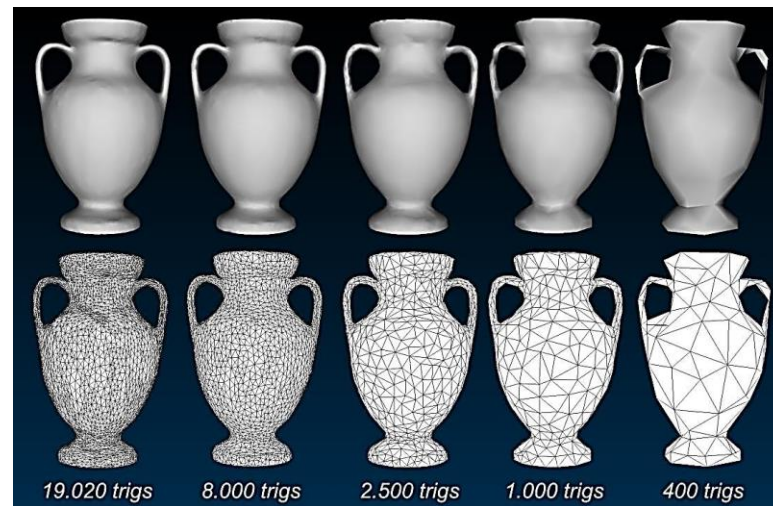


## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

### Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

#### Μοντέλα πολλαπλών αναλύσεων

- Έξυπνη μείωση (αποδεκατισμός) της πολυπλοκότητας ενός τριγωνικού πλέγματος → Αλγοριθμικά
- Αποφυγή σπατάλης υπολογιστικών πόρων  
Προβολή 3D μοντέλου σε **πραγματικό χρόνο**
- Αναπαράσταση πολύπλοκων γεωμετριών σε πραγματικό χρόνο
- Διαδοχική μεταφόρτωση των 3D μοντέλων μέσω διαδικτυο



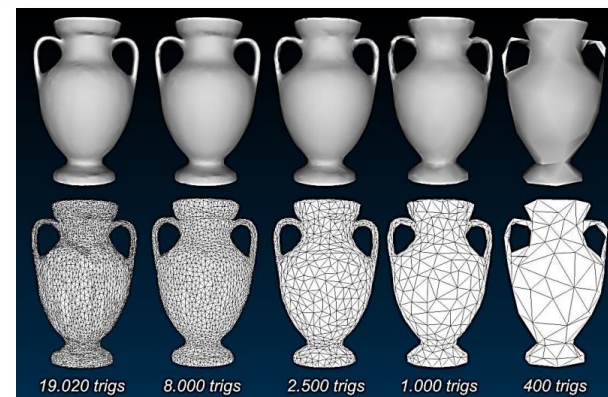
## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

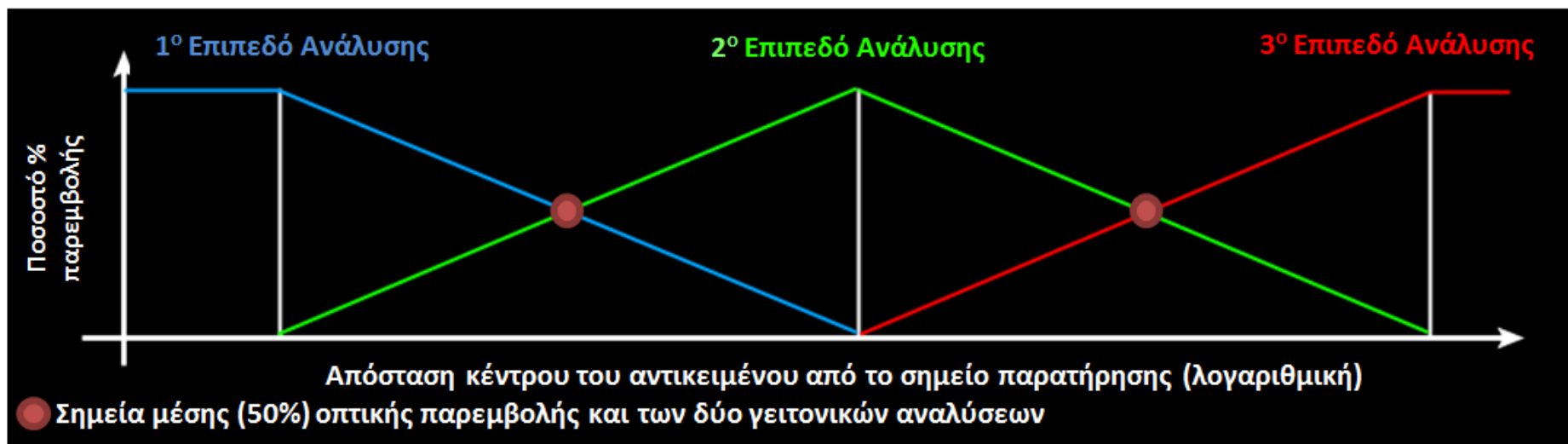
Μοντέλα πολλαπλών αναλύσεων

Εφαρμογή σε γραφικά πραγματικού χρόνου

- Επιλεκτική απεικόνιση διαδοχικά απλούστερων εκδόσεων του ίδιου αντικείμενου όσο αυτό απομακρύνεται από τον παρατηρητή
- Η επιλογή της ανάλυσης του μοντέλου μπορεί να υπολογισθεί από την περιοχή που καλύπτει το αντικείμενο στην εικόνα



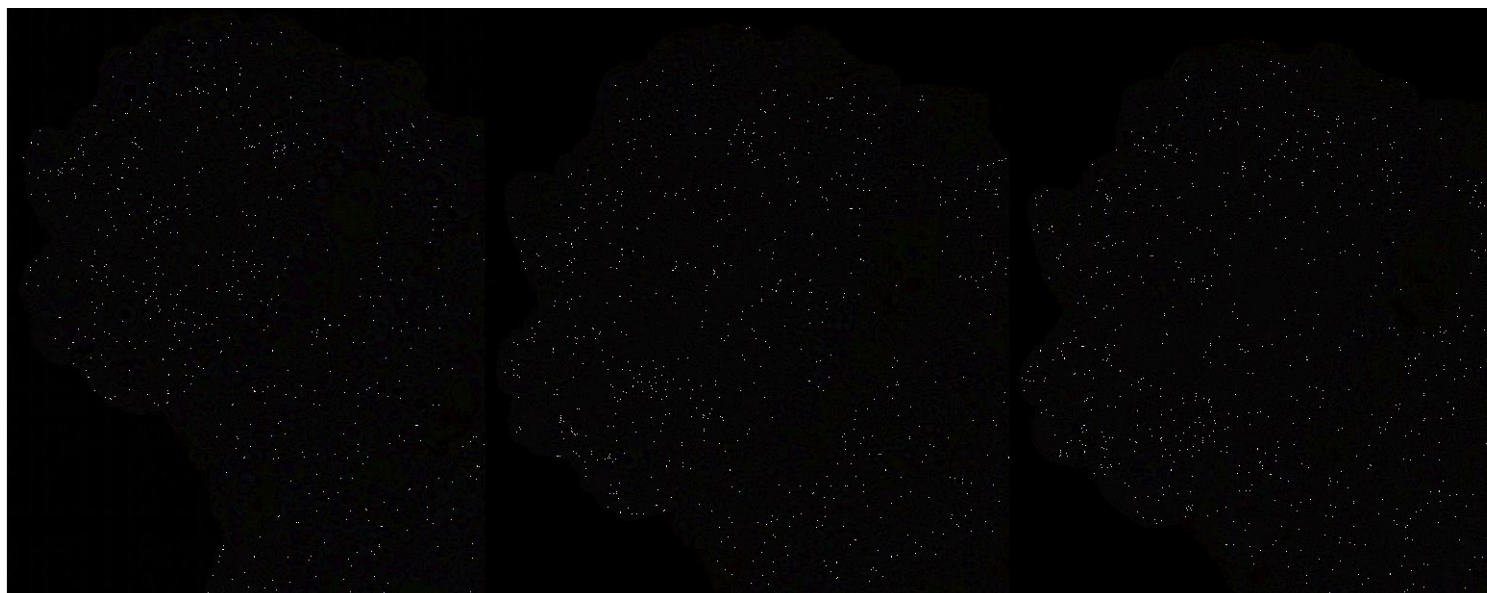
Μικρότερο προβαλλόμενο αντικείμενο → μικρότερη ανάλυση μοντέλου



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

Προοδευτική βελτίωση της ποιότητας γεωμετρίας → Διαδίκτυο → Τμηματική μεταφόρτωση



1η χρονική περίοδος

2η χρονική περίοδος

3η χρονική περίοδος



## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

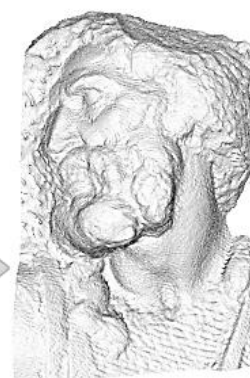
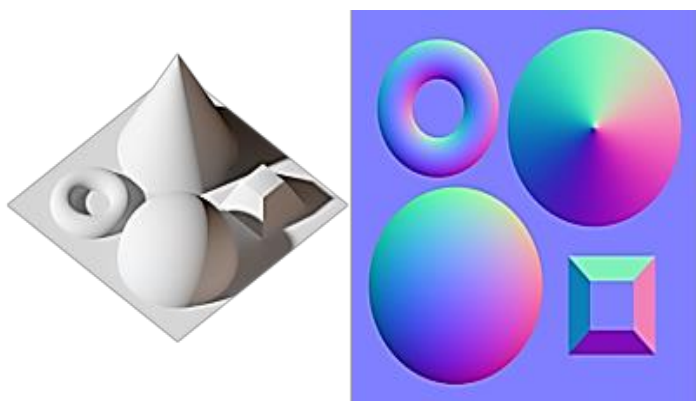
Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### Normal mapping

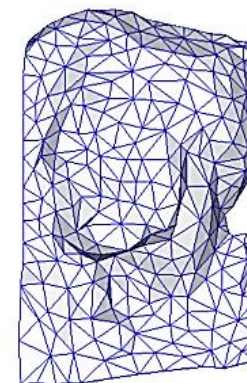
Προσομοίωση φωτισμού και ανάγλυφου της επιφάνειας

**Απεικόνιση λεπτομερειών** χωρίς να χρειάζεται να υπάρχει υψηλής πυκνότητας τριγωνικό πλέγμα **χωρίς να προσθέτουμε δυναμικά επιπλέον τρίγωνα ή τετράπλευρα.**

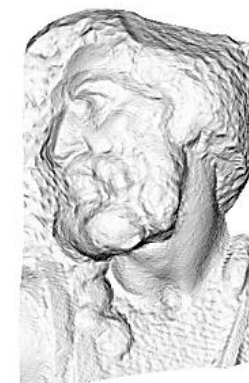
Εξαγάγουμε από το υψηλής ανάλυσης μοντέλο μια ψηφιογραφική εικόνα όπου αντικαθιστούμε για **κάθε μία χρωματική συνιστώσα R,G,B** τις τρεις τιμές **X,Y,Z** που φέρει το διάνυσμα επιφάνειας (normal vector).



original mesh  
4M triangles



simplified mesh  
500 triangles



simplified mesh  
and normal mapping  
500 triangles



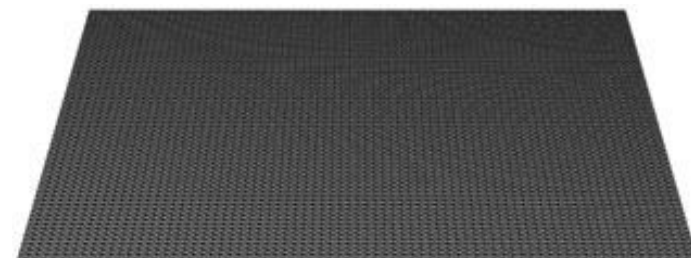
## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### Displacement mapping

Εναλλακτική μέθοδος μετατόπισης κορυφών της γεωμετρίας ενός μοντέλου σε συγκεκριμένα σημεία που ορίζονται και πάλι από μία ψηφιογραφική εικόνα (χάρτης βάθους).

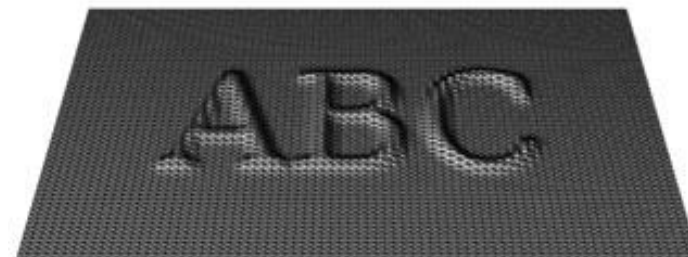
Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνετε και πάλι η υψηλή αίσθηση βάθους και λεπτομέρειας στην επιφάνεια ενός γεωμετρικά απλού μοντέλου.



ORIGINAL MESH



DISPLACEMENT MAP



MESH WITH DISPLACEMENT

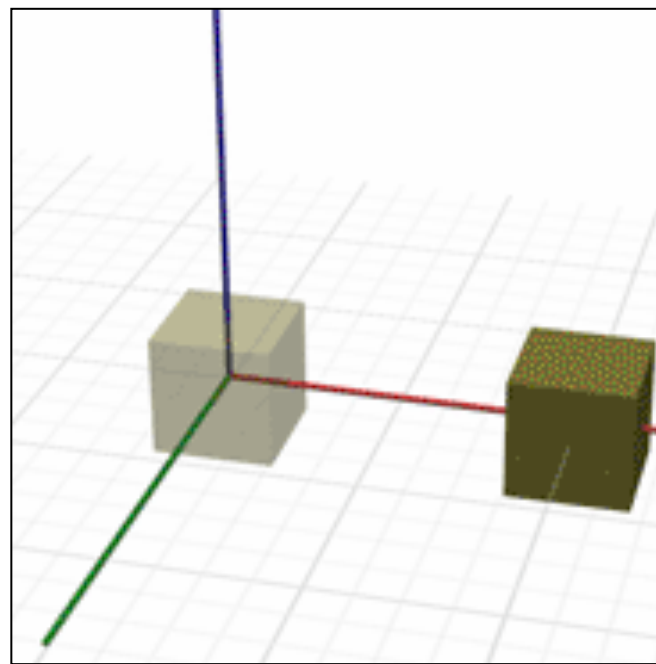
# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

## Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### Συσχετισμένοι μετασχηματισμοί (Affine Transforms)

#### Μετατόπιση

$$T_{\vec{u}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & u_x \\ 0 & 1 & 0 & u_y \\ 0 & 0 & 1 & u_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{aligned} x' &= x + u_x \\ y' &= y + u_y \\ z' &= z + u_z \end{aligned}$$

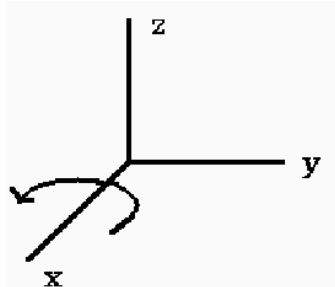


## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

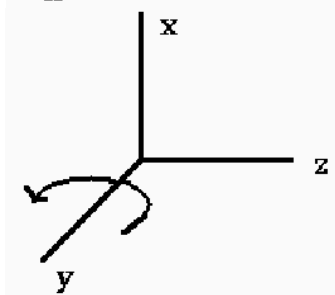
## Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

## Συσχετισμένοι μετασχηματισμοί (Affine Transforms)

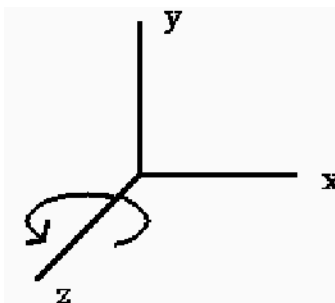
## Περιστροφή



$$R_{x,\theta} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{cases} x' = x \\ y' = y \cdot \cos\theta - z \cdot \sin\theta \\ z' = y \cdot \sin\theta + z \cdot \cos\theta \end{cases}$$



$$R_{y,\theta} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{cases} x' = z \cdot \sin\theta + x \cdot \cos\theta \\ y' = y \\ z' = z \cdot \cos\theta - x \cdot \sin\theta \end{cases}$$



$$R_{z,\theta} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{cases} x' = z \cdot \sin\theta + x \cdot \cos\theta \\ y' = x \cdot \sin\theta + y \cdot \cos\theta \\ z' = z \end{cases}$$

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

## Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### Συσχετισμένοι μετασχηματισμοί (Affine Transforms)

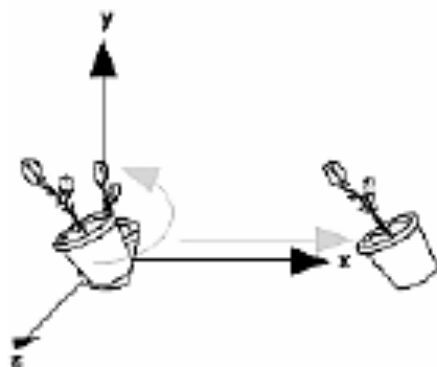
Η σειρά με την οποία θα εκτελεστεί μια ακολουθία μετασχηματισμών παίζει σημαντικό ρόλο.

Σύνθετοι μετασχηματισμοί μπορούν να προκύψουν από το συνδυασμό των βασικών γεωμετρικών μετασχηματισμών. Η σειρά πολλαπλασιασμού μπορεί να είναι οποιαδήποτε.

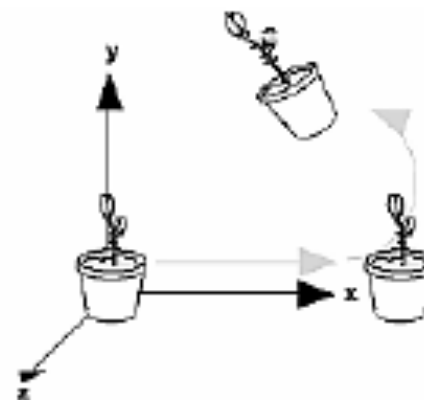
Έτσι ο αντίστροφος ενός σύνθετου μετασχηματισμού της μορφής

$$C = C_1 \cdot C_2 \dots C_{n-1} \cdot C_n$$

$$C^{-1} = C_n^{-1} \cdot C_{n-1}^{-1} \dots C_2^{-1} \cdot C_1^{-1}$$



Rotate then Translate



Translate then Rotate

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

## Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### Συσχετισμένοι μετασχηματισμοί (Affine Transforms)

#### Κλιμάκωση

$$S_{S_x, S_y, S_z} = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{array}{l} x' = x \cdot S_x \\ y' = y \cdot S_y \\ z' = z \cdot S_z \end{array}$$



# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

## Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

### Συσχετισμένοι μετασχηματισμοί (Affine Transforms)

#### Στρέβλωση

Στρέβλωση σε τρεις διαστάσεις –  $a, b$  παράμετροι στρέβλωσης κατά τους αντίστοιχους άξονες

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

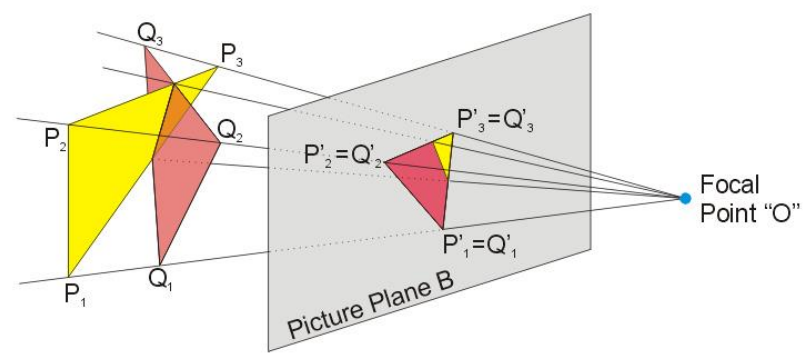
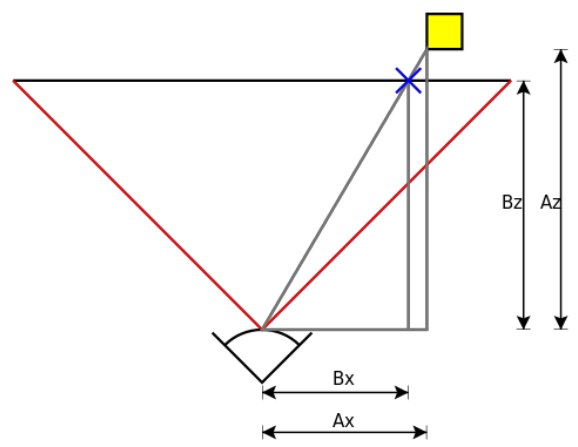
$$SH_{xy}(a,b) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a & 0 \\ 0 & 1 & b & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

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

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

## Γραφικά Υπολογιστή (computer graphics):

Προβολή του 3D μοντέλου σε ένα 2D μέσω  
Perspective Projection (Προοπτική προβολή) :



Για τον υπολογισμό της συντεταγμένης στον άξονα x της 2D προβολής  $B_x = A_x \frac{B_z}{A_z}$

$B_x$  η τιμή της συντεταγμένης στον άξονα x της 2D προβολής

$A_x$  η τιμή της συντεταγμένης στον άξονα x του 3D μοντέλου

$B_z$  η τιμή της εστιακής απόστασης (απόσταση ανάμεσα "O" και στο επίπεδο της εικόνας)

$A_z$  η τιμή της απόστασης (άξονας z) του 3D μοντέλου

Ομοίως και για τον άξονα y

