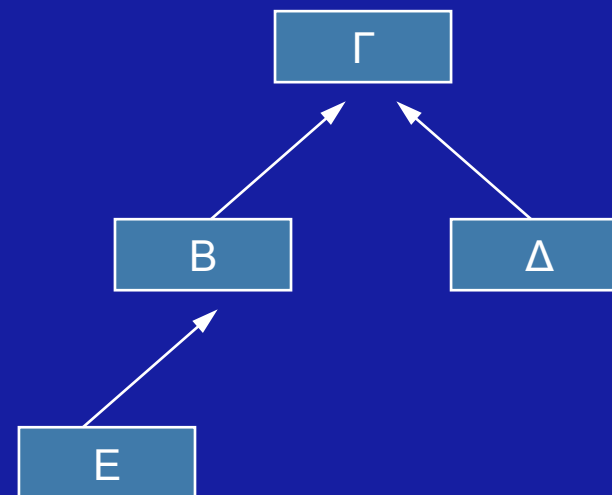


Εισαγωγή

- “Μιά εικόνα αξίζει 1000 λέξεις”:
 - Ανθρώπινο οπτικό κανάλι: 30-40 Mbits/s (=64-85 M λέξεις /min με 4 γράμματα/λέξη, 7bits/γράμμα).
 - Γραπτό κείμενο: 600-1200 λέξεις/min.
 - 100.000 αποδοτικότερη επικοινωνία ανθρώπου-Η/Υ μέσω γραφικών.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1: σύγκριση κειμένου - εικόνας

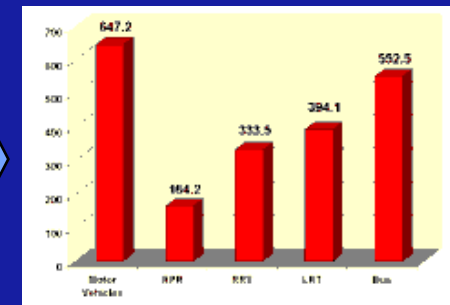
- Ο Ε είναι παιδί του Β
- Ο Β είναι παιδί του Γ και πατέρας του Ε
- Ο Δ είναι παιδί του Γ



Παράδειγμα 2

#	Time Stamp	User ID	URL	Response Time	Response Code	Reply Size
1	15-Mar-01 09:05:37	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	12	200	1023
2	15-Mar-01 09:05:38	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	1	200	4106
3	15-Mar-01 09:05:38	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	1	200	1117
4	15-Mar-01 09:05:39	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	1004
5	15-Mar-01 09:05:39	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	776
6	15-Mar-01 09:05:39	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	884
7	15-Mar-01 09:05:39	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	1	200	6373
8	15-Mar-01 09:05:40	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	1	200	3814
9	15-Mar-01 09:05:40	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	1	200	7745
10	15-Mar-01 09:05:45	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	1	200	3635
11	15-Mar-01 09:05:46	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	1	200	2445
12	15-Mar-01 09:05:47	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	1023
13	15-Mar-01 09:05:48	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	1117
14	15-Mar-01 09:05:48	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	4106
15	15-Mar-01 09:05:48	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	884
16	15-Mar-01 09:05:49	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	776
17	15-Mar-01 09:05:49	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	6373
18	15-Mar-01 09:05:49	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	1	200	7745
19	15-Mar-01 09:05:49	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	1004
20	15-Mar-01 09:05:50	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	3814
21	15-Mar-01 09:05:51	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	50942	200	1034
22	15-Mar-01 09:05:55	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	3635
23	15-Mar-01 09:05:56	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	0	200	2445
24	15-Mar-01 09:06:00	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	91187	200	1034
25	15-Mar-01 09:07:58	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	1	200	3635
26	15-Mar-01 09:08:48	192_168_1_8...	GET http://Aky/s...	1	200	3635

Μηχανισμός
δημιουργίας
γραφικών



Σκοπός του Μαθήματος

- Εισαγωγή στις τεχνολογίες παραγωγής συνθετικής εικόνας
- Ανάλυση των βασικών μεθόδων απεικόνισης 2D δεδομένων
- Εισαγωγή στις δομές και μεθόδους περιγραφής 3D δεδομένων
- Παρουσίαση των βασικών αλγορίθμων 3D απεικόνισης

Αντικείμενο των Γραφικών Υπολογιστών

- Η παραγωγή διδιάστατης εικόνας σε οποιοδήποτε μέσο από διανυσματικά δεδομένα και ψηφιακή εικόνα

Περιοχές που έχουν σχέση με την εικόνα:

- Γραφικά (Computer Graphics).
- Επεξεργασία εικόνων (Image Processing).
- Τεχνητή όραση (Computer Vision).

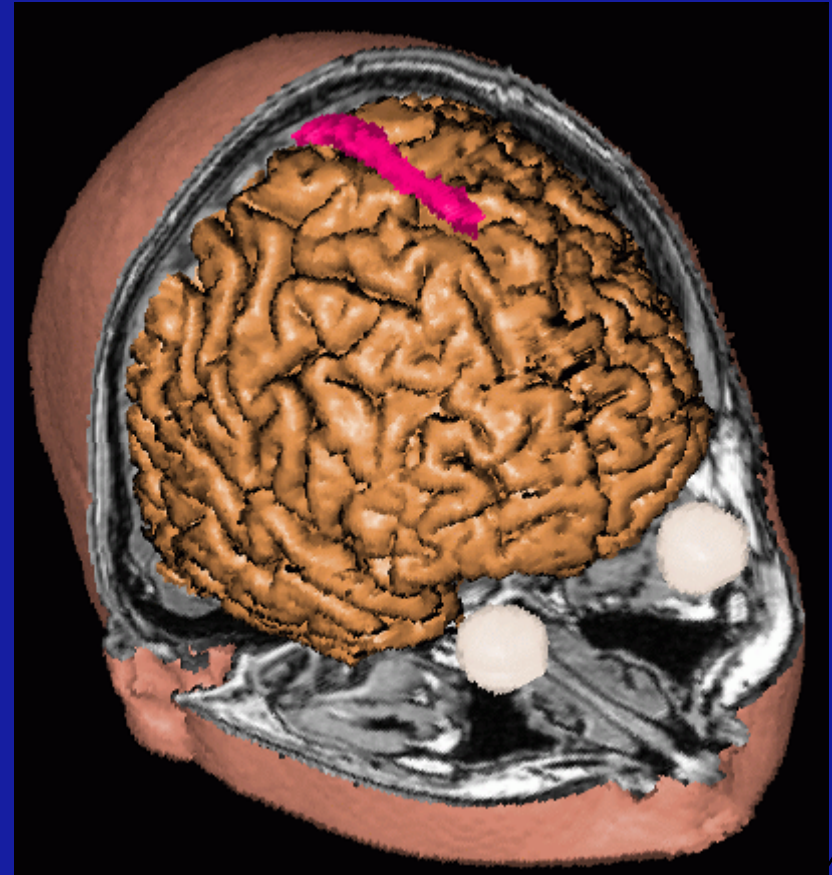
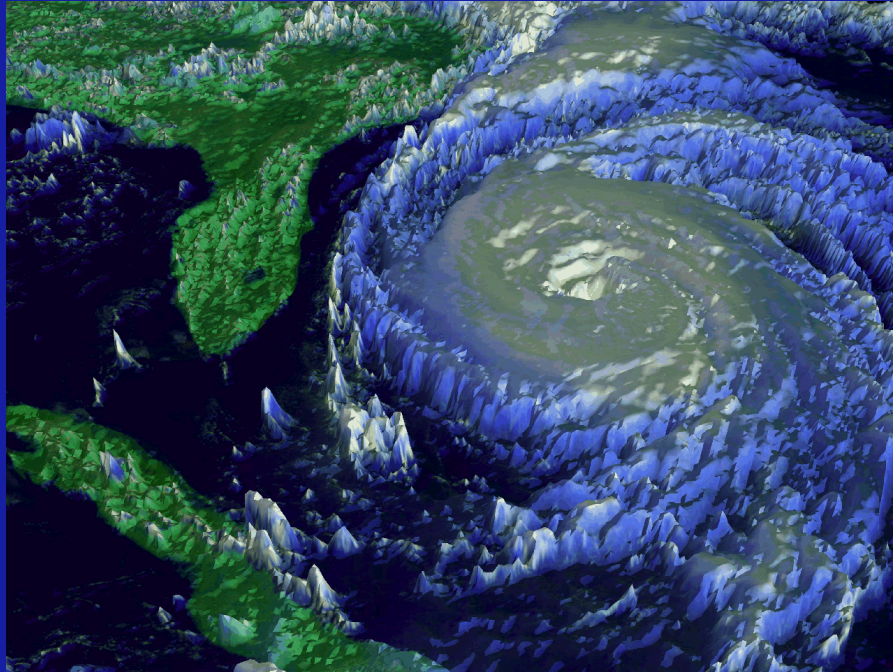
Σημαντικοί Σταθμοί

- Sketchpad (1963): Αλληλεπίδραση μέσω γραφικών
 - Διανυσματική οθόνη, light pen.
- Πλεγματική οθόνη (τέλη δεκαετίας `60): εμφάνιση επιφανειών
 - Εναυσμα για αλγόριθμους απόκρυψης & φωτισμού επιφανειών.
- Αλγόριθμοι ρεαλιστικής παράστασης.
- Παράλληλη επεξεργασία / ειδικά κυκλώματα (δεκαετίες '80 & '90).

Εφαρμογές

- Σχεδίαση (CAD):
 - Μηχανολογία, Αρχιτεκτονική, Πολεοδομία, Ηλεκτρονική κ.α.
- Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).
- Προσομοιωτές πτήσεως.
- Συνθετικές ταινίες & διαφημίσεις.
- Γραφική αλληλεπίδραση με χρήστη (GUI).
- Ιατρικές εφαρμογές (π.χ. voxels για τομογραφία).
- Οπτικοποίηση μεγάλων συνόλων δεδομένων και προσωμοίωση
- Τέχνη (π.χ. με fractals).
- Παιχνίδια.
- Απεικόνιση και εκτύπωση σύνθετου κειμένου
- User Interfaces και Web
- Κινηματογραφικά εφέ και συνθετικές ταινίες

Οπτικοποίηση δεδομένων



Εικονικοί κόσμοι



Παιχνίδια



Ταινίες



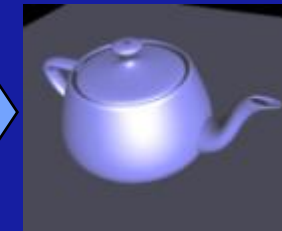
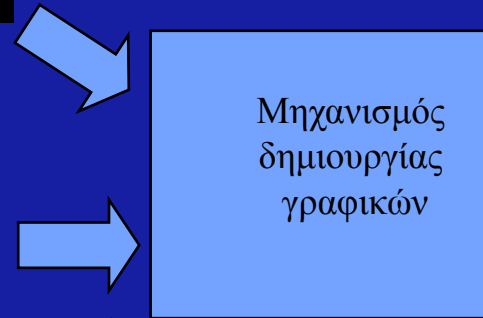
Διεπαφές ανθρώπου υπολογιστή / επαυξημένη πραγματικότητα



Γραφικά και Επεξεργασία Εικόνας

Τα Γραφικά Υπολογιστών (computer graphics) δεν θα πρέπει να συγχέονται με την Επεξεργασία Εικόνας (imaging – image processing/analysis) παρότι συχνά χρησιμοποιούνται συνδυασμένα.

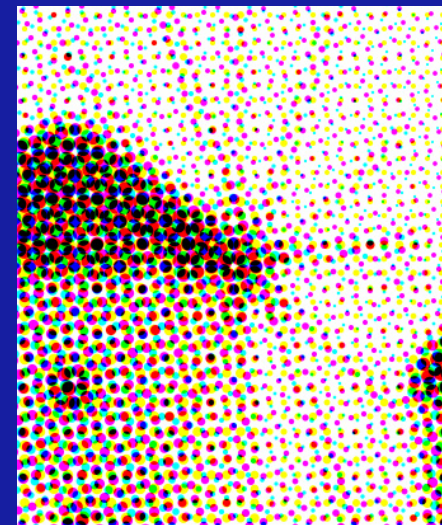
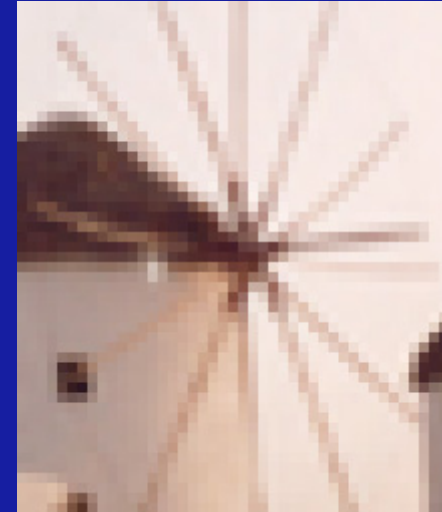
Γραφικά: Η δημιουργία διδιάστατης ή τριδιάστατης εικόνας σε οποιοδήποτε μέσο από διανυσματικά δεδομένα και την περιγραφή τους.



Ψηφιακή Εικόνα

Είναι η χωρικά και χρωματικά κβαντισμένη οπτική πληροφορία

- Τα χρώματα αποδίνονται ως πεπερασμένος αριθμός συνδυασμών βασικών χρωματικών συνιστωσών
- Οι διαφορετικές τιμές χρώματος διατάσσονται πάνω σε ένα κανονικό πλέγμα από εικονοστοιχεία (pixels)
- Το πλέγμα αυτό είναι στη συνηθέστερη περίπτωση ορθογώνιο
- Ο όρος ψηφιακή εικόνα περιλαμβάνει τόσο την απεικόνιση σε ενεργό μέσο όπως η οθόνη, όσο και σε έντυπο υλικό

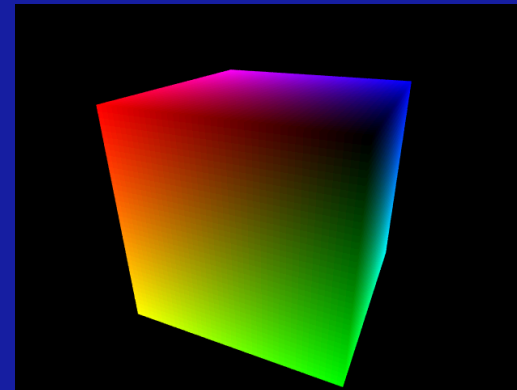


Αναπαράσταση Ψηφιακής Εικόνας

- Αναπαρίσταται σε ψηφιακή μορφή ως πίνακας (είτε κατά γραμμές είτε κατά στήλες)
- Σε κάθε θέση είναι αποθηκευμένη η φωτεινότητα ή η χρωματική πληροφορία σε διακριτή, κβαντισμένη μορφή
- Μονοχρωματικά συστήματα απεικόνισης: pixel = ακέραιος αριθμός = φωτεινότητα του pixel (συνήθως 1 byte: 256 διαβαθμίσεις του γκρι)
- Η κωδικοποίηση του χρώματος σε εικόνες που προορίζονται για οθόνη (ενεργή απεικόνιση) : Μοντέλο RGB
- Δεν είναι το μοναδικό μοντέλο αναπαράστασης χρώματος
 - Καταλληλότερο για οδήγηση συσκευών εκπομπής φωτός
 - Γρήγοροι υπολογισμοί λόγω γραμμικής αντιστοιχίας με τη μετρούμενη (αντικειμενική) ένταση.

Κωδικοποίηση Χρώματος

- Συνηθισμένη απόδοση χρωμάτων: 8 bits ανά χρωματικό κανάλι, δηλαδή 24 bits ανά pixel (RGB)
- Σπανιότερα αποθηκευόταν με ευκρίνεια 12 ή 16 bits ανά κανάλι
- Λόγοι:
 - Θόρυβος ψηφιοαναλογικής μετατροπής
 - Απαιτήσεις σε μνήμη γραφικών (ακριβές)
 - Ανεπαρκείς επιδόσεις επεξεργαστών
- 2^{24} χρώματα είναι αρκετά;
 - Δυναμικό εύρος εντάσεων του ματιού: διακρίνονται οι διαβαθμίσεις
- Σήμερα:
 - Ακρίβεια 32 bits
 - Αποθήκευση ως float αντί για integers



Παλέτες Χρωμάτων

- Παλιά: η αποθήκευση εικόνων γινόταν με τη χρήση μιας παλέτας: Οικονομία μνήμης γραφικών
- Παλέτα χρωμάτων = προκαθορισμένος πίνακας από το υλικό ή την εφαρμογή που περιέχει τη χρωματική πληροφορία που θα σταλεί στην έξοδο προς την οθόνη
- Η ψηφιακή εικόνα περιέχει αριθμούς αναφοράς (IDs) στην προκαθορισμένη παλέτα που αντιστοιχούν στα χρώματα (έμμεση κωδικοποίηση χρώματος)

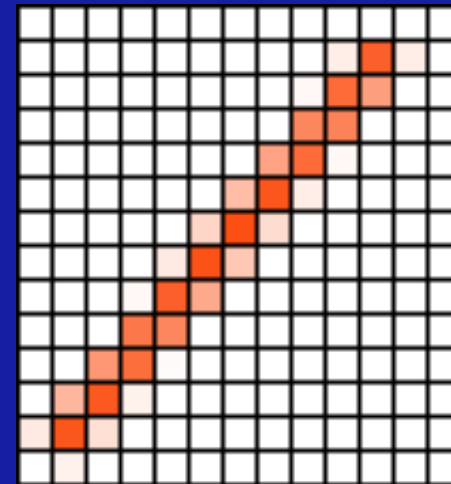
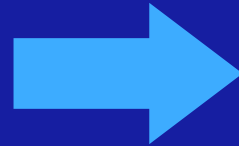
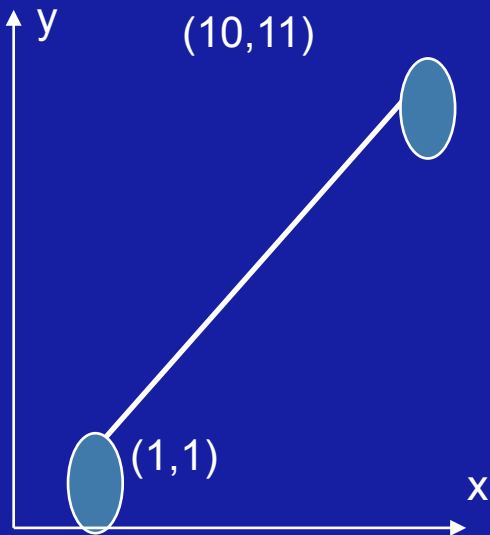
Παραδείγματα:

- GIF format (παλέτα 256 χρωμάτων)
- Προσαρμογέας γραφικών CGA (2 παλέτες 4 χρωμάτων) και EGA (16/64 χρώματα)
- Ο όρος “true color” επινοήθηκε για την περιγραφή των εικόνων με μια απευθείας αναπαράσταση των χρωμάτων με φωτεινότητα ανά κανάλι, σε αντιδιαστολή με την τεχνική της παλέτας

Είδη Γραφικών

Διδιάστατα (επίπεδα) γραφικά

- Είναι η δημιουργία και μετατροπή σε ψηφιακή εικόνα επίπεδων διανυσματικών σχημάτων και συμβόλων (glyphs)
- Η διαδικασία αυτή αποκαλείται «Rasterization», από το raster που είναι η πλεγματική μορφή μιας εικόνας

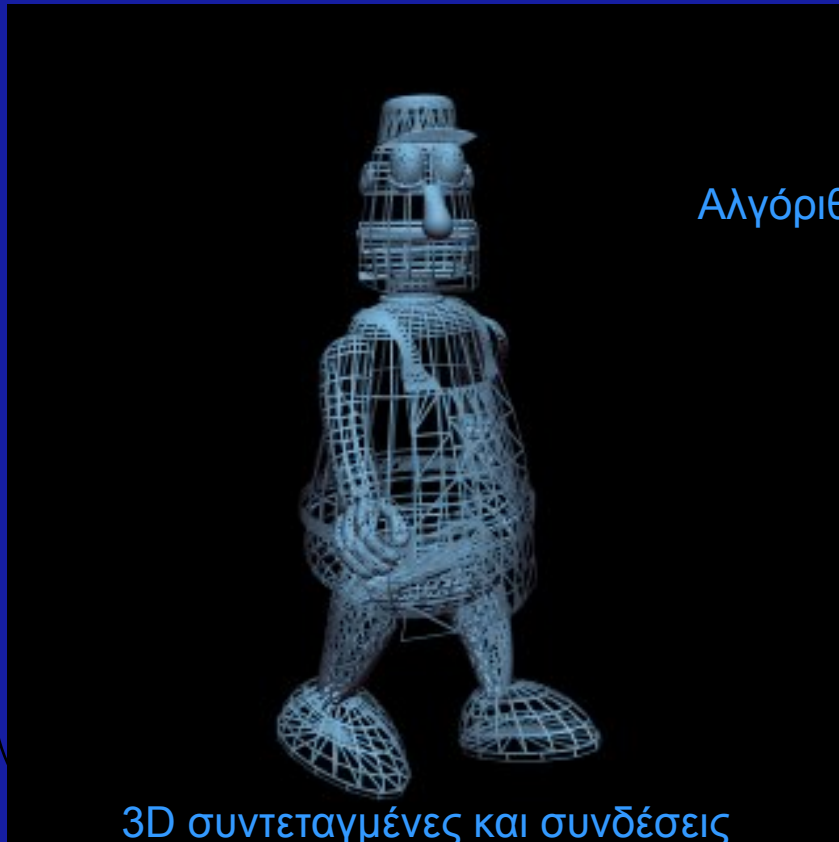


Απεικόνιση γραμμής

Είδη Γραφικών

Τριδιάστατα γραφικά

- Είναι οι μέθοδοι περιγραφής, προβολής και μετατροπής σε ψηφιακή εικόνα τριδιάστατων αντικειμένων
- Η παραγωγή 3D εικόνας είναι πολύ ευρύτερος τομέας από τα 2D γραφικά με αρκετά σύνθετες διαδικασίες



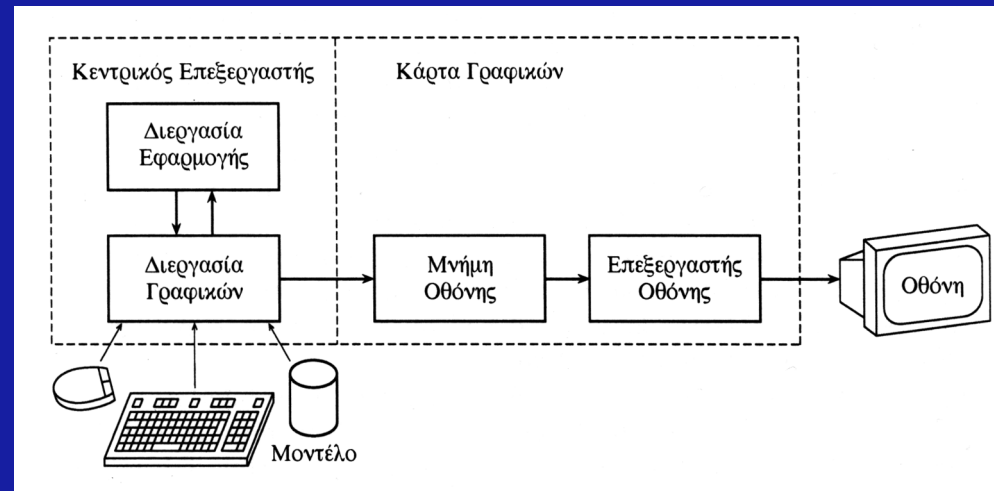
Αλγόριθμοι απεικόνισης



Τεχνολογία Γραφικών

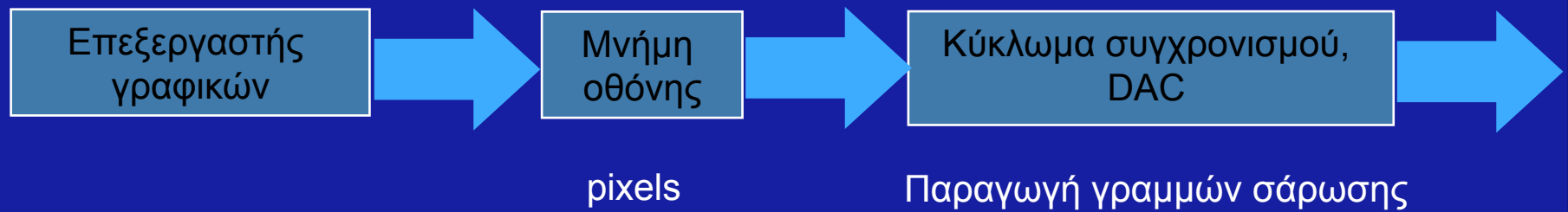
Για την παραγωγή γραφικών χρησιμοποιούνται:

- Συσκευές Εξόδου (οθόνες, εκτυπωτές κλπ)
- Συσκευές Εισόδου (ποντίκι, γραφική ταμπλέτα, συσκευές VR κλπ)
- Μονάδες Επεξεργασίας (Ειδικό επεξεργαστές ως και render farms)



Συσκευές Εξόδου Οπτικής Πληροφορίας

A) Προσαρμογείς οθόνης (Display adapters)



B) Οθόνες

- Καθοδικού Σωλήνα (CRT)
- LCD (επίπεδες)

Προσαρμογέας Οθόνης

Δεδομένα εισόδου

Geometry Processing Unit(s) (GPU)

Raster processor

Texture & Lighting Unit(s) (TLU)

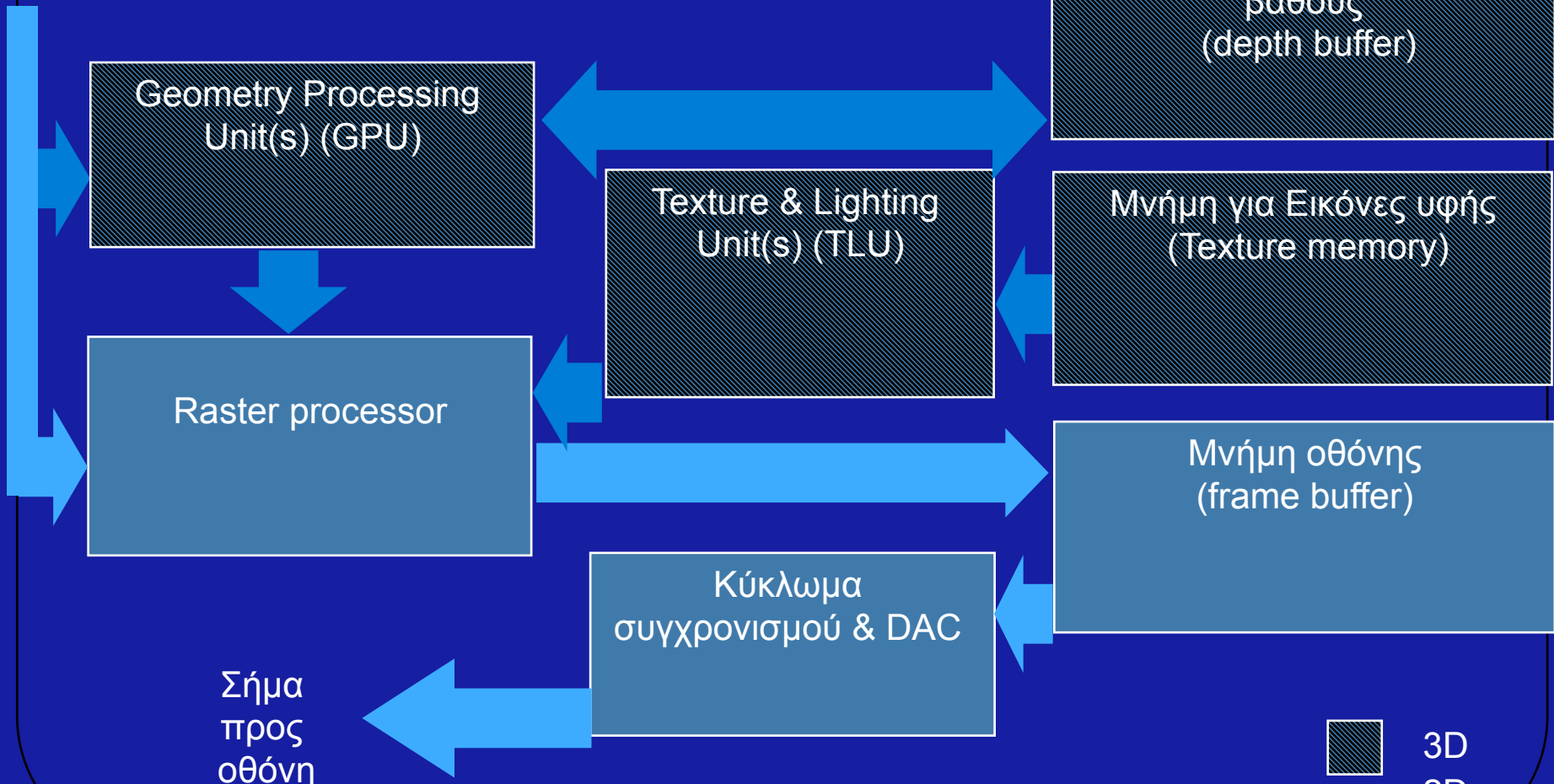
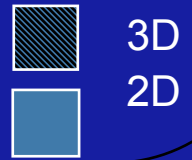
Μνήμη για πληροφορία βάθους (depth buffer)

Μνήμη για Εικόνες υφής (Texture memory)

Μνήμη οθόνης (frame buffer)

Κύκλωμα συγχρονισμού & DAC

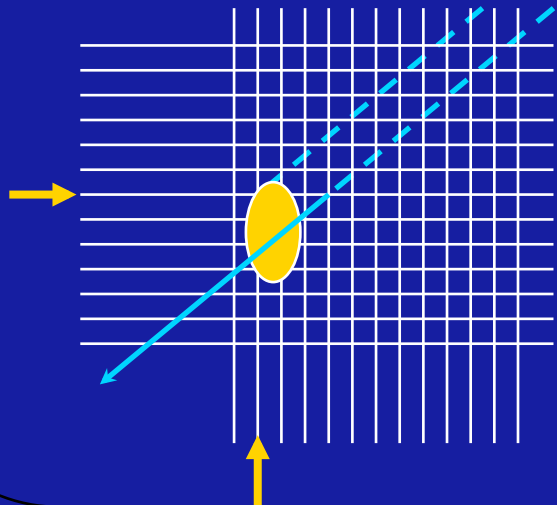
Σήμα προς οθόνη



Οθόνη CRT και LCD

Χαρακτηριστικά CRT

- Ρυθμός ανανέωσης (Hz)
- Μέγιστη ανάλυση (σε pixels)
- Κόκκος πλέγματος (dot pitch σε mm)
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά



Χαρακτηριστικά LCD

- Ορατό εύρος (σε μοίρες)
- Ανάλυση (σε pixels)
- Χρόνος μηδενισμού pixel (σε ms)
- Αντίθεση μαύρου

Σύγκριση CRT - LCD

CRT

- + Γρήγορη ανανέωση εικόνας
- + Πιστή απόδοση χρωμάτων
- + Μεγάλη ορατή επιφάνεια
- + Μεγάλη ανάλυση
- + Σχετικά χαμηλό κόστος
- Μεγάλος όγκος
- Ακτινοβολία
- Γεωμετρική παραμόρφωση

LCD

- + Καλή ευκρίνεια
- + Άριστη γεωμετρία
- + Μικρός όγκος και βάρος
- + Χαμηλή ακτινοβολία
- Απώλεια τονικότητας σε χαμηλές και υψηλές εντάσεις
- Αργή ανανέωση pixels
- Κατευθυντικότητα

ΕΚΤΥΠΩΤΕΣ

- Dot-matrix (ακίδας)
- Inkjet και bubble jet (ψεκασμού)
- Θερμικοί
- Laser

Έγχρωμη εκτύπωση με χρήση αφαιρετικού χρώματος:

Π.χ. θαλασσί μπογιά αφαιρεί κόκκινη συνιστώσα προσπίπτοντος λευκού φωτός.

Αποτέλεσμα: $(R+G+B) - R = G+B = \text{θαλασσί}$

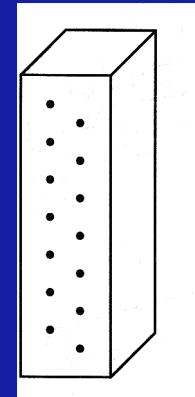
Χαρακτηριστικά

- Ανάλυση (σε dpi)
- Ταχύτητα (σε σελ/min)
- Παλέτα συνδυασμών χρωμάτων, βασικά χρώματα (CMYK μοντέλο)

Dot-Matrix: Αρχή Λειτουργίας

Κεφαλή με ακίδες σε 1 ή περισσότερες στήλες:

- Η κάθε ακίδα σχηματίζει κουκίδα πιέζοντας τη μελανοταινία που παρεμβάλλεται πάνω στο χαρτί
- Αύξηση ανάλυσης με πολλαπλές σαρώσεις (αργή) ή πολλαπλές στήλες ακίδων
- Χρώμα με έγχρωμες μελανοταινίες
- Κακή στοίχιση
- Χαμηλή Ανάλυση
- Θόρυβος
- Δυνατότητα διπλο(τριπλο)τύπων



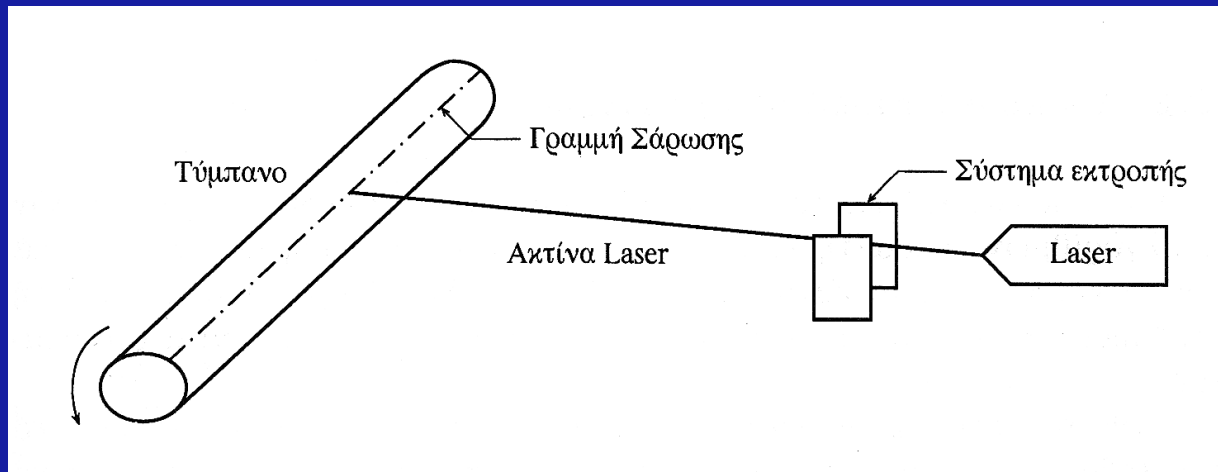
Inkjet: Αρχή Λειτουργίας

Κεφαλή με συστοιχίες από μικροσκοπικούς πιεζοηλεκτρικούς (ή ηλεκτροστατικούς) εκτοξευτές μελάνης:

- Πολύ εκτυπωτές μπορούν να ελέγξουν τις αποχρώσεις των χρωμάτων μεταβάλλοντας τη ροή της μελάνης στον κάθε εκτοξευτή
- Αύξηση ανάλυσης με πολλαπλές σαρώσεις (αργή)
- Χρώμα με διαφορετικά δοχεία μελανιού και πολλαπλούς εκτοξευτές

Laser: Αρχή Λειτουργίας

- Τύμπανο με ειδική επίστρωση φορτίζεται πριν την περιστροφή του
- Ακτίνα Laser σαρώνει οριζόντια το τύμπανο καθώς αυτό περιστρέφεται αποφορτίζοντας περιοχές που δε θα τυπωθούν
- Μελάνι φορτισμένο αντίθετα επικολλάται ηλεκτροστατικά στον κύλινδρο στις φορτισμένες περιοχές και στη συνέχεια επικάθεται στο χαρτί
- Χρώμα με πολλαπλά τύμπανα (CMYK)



Συσκευές Εισόδου

- Στα Γραφικά χρησιμοποιούνται έμμεσα για εισαγωγή συντεταγμένων και πλοήγηση μέσω γραφικών interfaces όλες οι κλασικές συσκευές όπως ποντίκι, πλήκτρα, joysticks, γραφικές ταμπλέτες κλπ.
- Επιπρόσθετα, υπάρχουν ειδικές συσκευές για την εισαγωγή τριδιάστατων συντεταγμένων:
- 3D ποντίκια (χαμηλή ακρίβεια – σχετικές θέσεις μόνο)
- Ψηφιοποιητές αφής και *space trackers* (καλή ακρίβεια, ένα σημείο τη φορά)
- 3D scanners (γρήγορη σάρωση χώρου, περιορισμοί στο αντικείμενο σάρωσης)
- *Motion trackers* – πολύκαναλικοί αισθητήρες (καταγραφή σχετικής κίνησης σε πραγματικό χρόνο – χρήση σε animations)

3D Ψηφιοποιητές

- Χειροκίνητοι, Laser, Stereo, Pattern



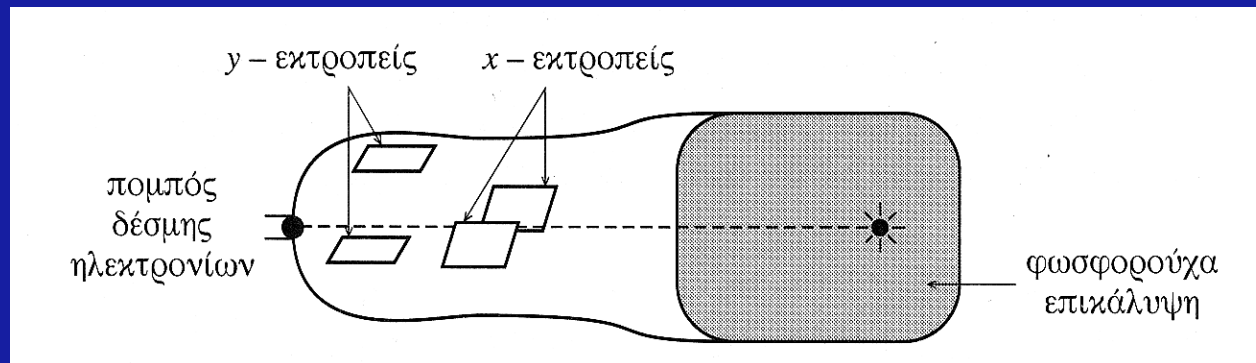
Ψηφιοποίηση Κίνησης (Motion Capture)

- Αισθητήρες με/χωρίς καλώδιο, αυτόματος προσδιορισμός κίνησης



Συσκευές Εξόδου

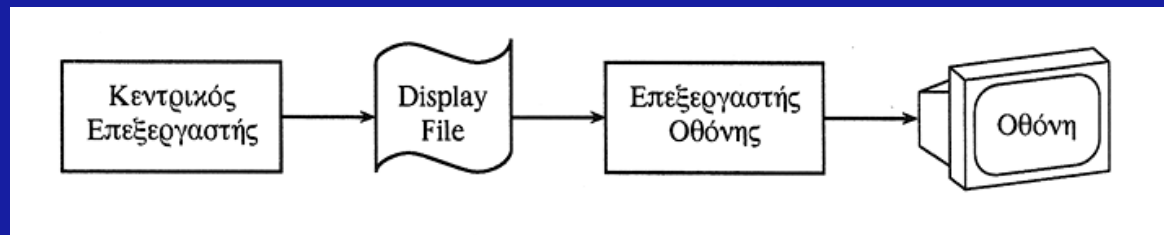
- Χωρίζονται σε οθόνες και εκτυπωτές.
- Κλασική τεχνολογία οθόνης:



- Ανάγκη φρεσκαρίσματος 50-110 Hz (από απαίτηση 30 καρέ / sec για animation).
- Εγχρωμες οθόνες: 3 δέσμες (RGB)

Διανυσματική Οθόνη

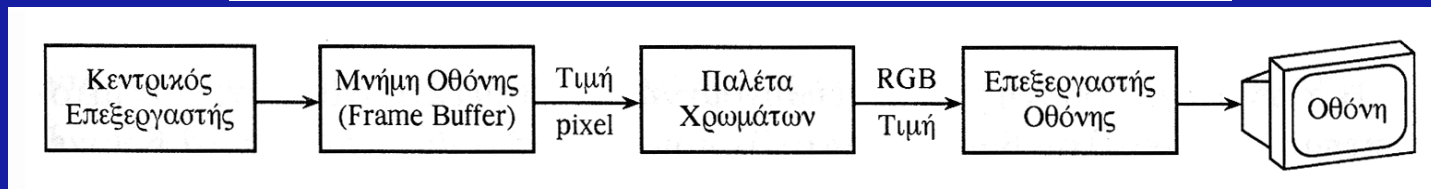
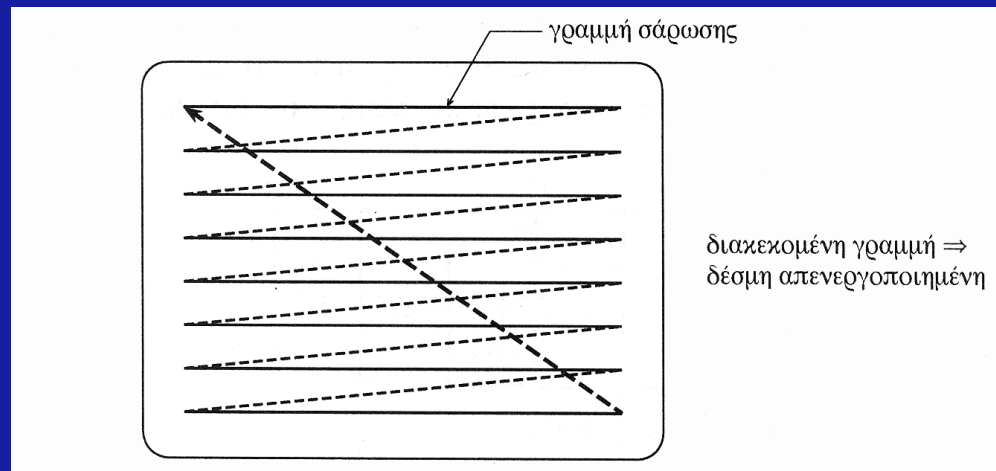
- Σχεδιασμός (γραμμικών) αντικειμένων με κατάλληλη μετακίνηση δέσμης ηλεκτρονίων.
- Εντολές της μορφής: `point(x,y)`, `line(x1,y1,x2,y2)` στο `display-file`.
- Ανάγκη φρεσκαρίσματος περιορίζει μέγιστο αριθμό εντολών του `display-file`:



- Αδυναμία παράστασης επιφανειών, αλλά όχι ταύτιση (aliasing).

Πλεγματική Οθόνη

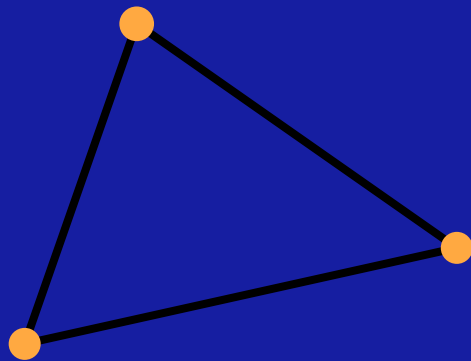
- 2Δ πλέγμα ανεξάρτητα χρωματιζόμενων pixels.
- Φρεσκάρισμα σε σταθερά διαστήματα από Μνήμη Οθόνης κατά γραμμές σάρωσης.
- Δυνατότητα παράστασης οποιασδήποτε εικόνας.
- Αποδέσμευση φρεσκαρίσματος από δημιουργία εικόνας (τεχνολογία VRAM):



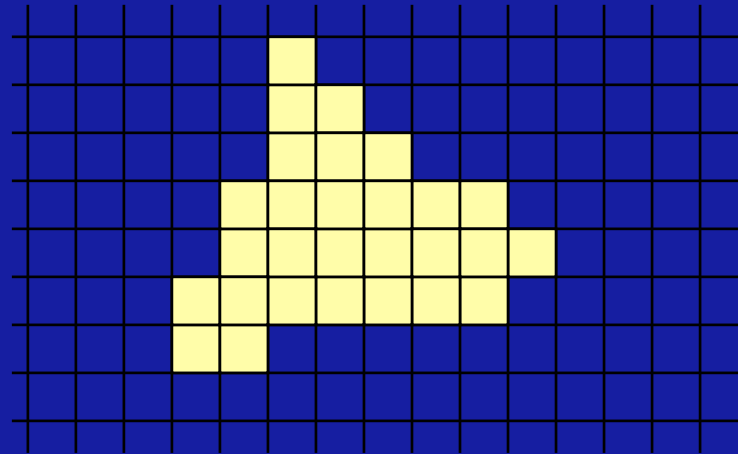
Διανυσματικά/ψηφιακά γραφικά

Διαχωρισμός διανυσματικών - ψηφιακών (bitmap) γραφικών.

- Διανυσματικά γραφικά : αναπαράσταση με σημεία (vertices), γραμμές ή καμπύλες στο επίπεδο ή χώρο (και πολλές άλλες πληροφορίες)
- Ψηφιακά γραφικά : αναπαράσταση με διδιάστατο (ή και n-διάστατο) πίνακα. Κάθε θέση (pixel) αντιστοιχεί σε φωτεινότητα της εικόνας.



Διανυσματικό



Ψηφιακό

Διανυσματικά/ψηφιακά γραφικά



Διανυσματικά/ψηφιακά γραφικά



Διανυσματικά/ψηφιακά γραφικά

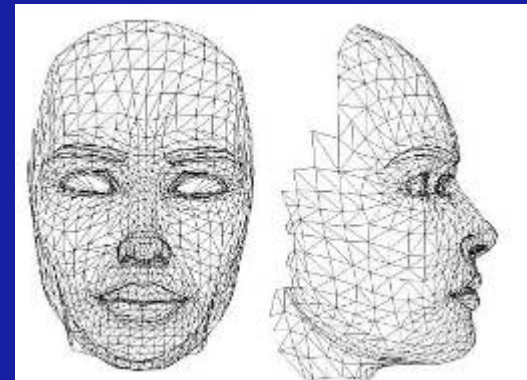
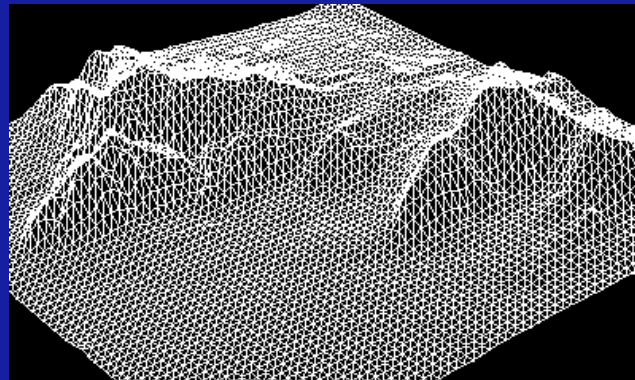
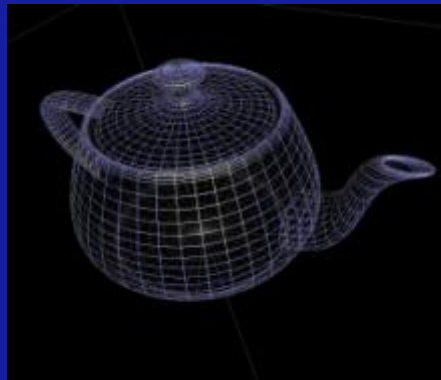
Ποια μορφή είναι καλύτερη; Εξαρτάται την εφαρμογή.

- Τα διανυσματικά γραφικά επιδέχονται μεγαλύτερες επεμβάσεις (μεγέθυνση / σμίκρυνση χωρίς αλλοιώσεις, μετασχηματισμούς, κίνηση, διαφορετικές οπτικές γωνίες)
- Καταλαμβάνουν γενικότερα λιγότερο χώρο
- Δεν μπορούν να περιγράψουν μια πραγματική εικόνα όμως με ακρίβεια.

Αναπαράσταση 3D αντικειμένων

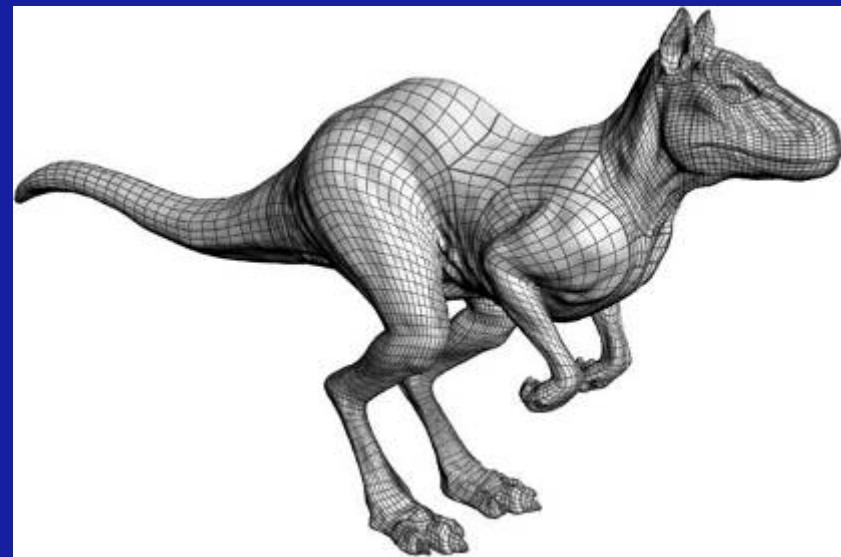
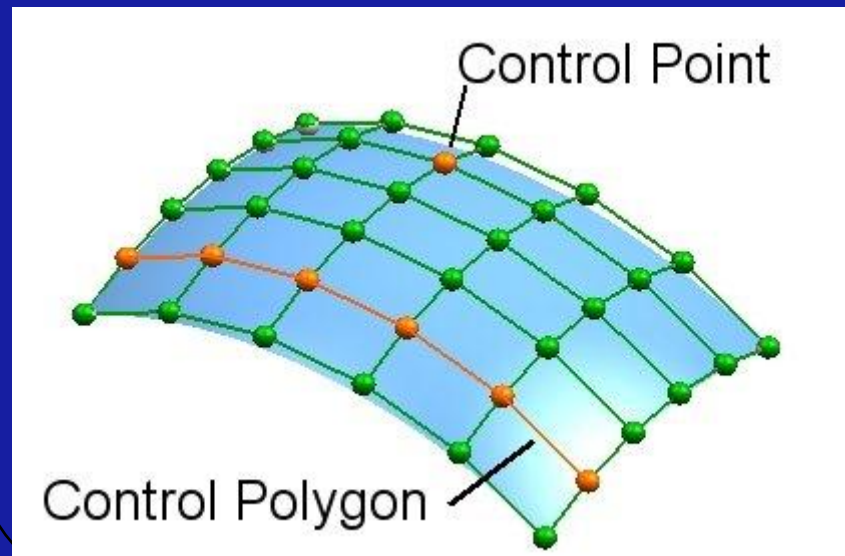
Τρεις κύριες μορφές:

- **Πολύγωνα (polygon-based)** : Αναπαριστούν μόνο την επιφάνεια των αντικειμένων με ένα αριθμό πολυγώνων. Συνήθως χρησιμοποιείται το τρίγωνο σαν «μονάδα» (γιατί;).



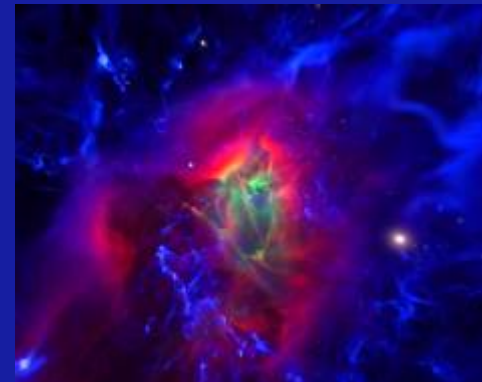
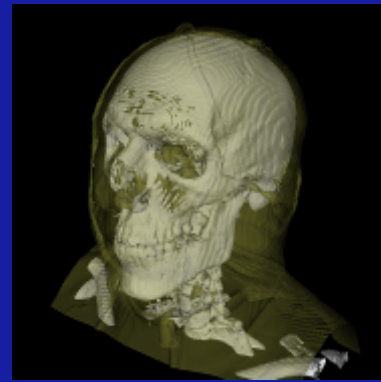
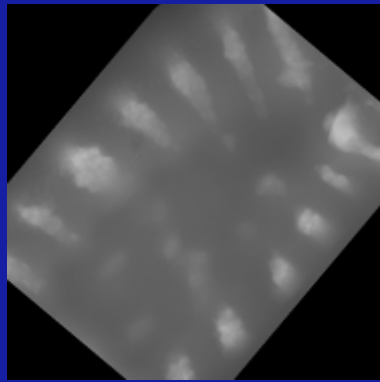
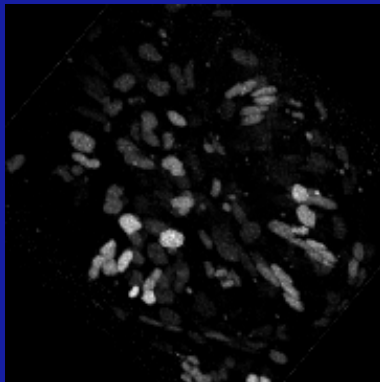
Αναπαράσταση 3D αντικειμένων

- **Παραμετρικές επιφάνειες (parameterised surfaces)** : Περιγραφή επιφάνειας με συναρτήσεις. Αλλάζοντας τις παραμέτρους προσεγγίζουμε περισσότερο ή λιγότερο την επιφάνεια.



Αναπαράσταση 3D αντικειμένων

- **Voxels (pixels σε 3 διαστάσεις)** : Επέκταση της διδιάστατης ψηφιακής εικόνας. Αναπαρίσταται με 3διάστατο πίνακα, κάθε θέση του οποίου περιέχει μια τιμή που εκφράζει ένα συγκεκριμένο σημείο του χώρου (παράδειγμα φωτεινότητα, πυκνότητα).



Αναπαράσταση 3D αντικειμένων

Ποια είναι καλύτερη μορφή;

- Πολύγωνα (polygon-based)
 - Πολύ έρευνα, ευρύτατη εφαρμογή.
 - Απαιτεί μεγάλο αριθμό πολυγώνων για ακριβή αναπαράσταση (μπορούμε να το αποφύγουμε αυτό τώρα)
 - Μεγάλη επιτάχυνση από επεξεργαστές γραφικών

Αναπαράσταση 3D αντικειμένων

Ποια είναι καλύτερη μορφή;

- Παραμετρικές επιφάνειες (parameterised surfaces)
 - Μικρές απαιτήσεις σε μνήμη
 - Καλύτερη προσέγγιση επιφάνειας μοντέλου
 - Οι μετασχηματισμοί (πχ περιστροφή, κίνηση) είναι ευκολότεροι
 - Μόλις τώρα άρχισε η υποστήριξη από επεξεργαστές γραφικών
 - Πολλά υποσχόμενη τεχνολογία

Αναπαράσταση 3D αντικειμένων

Ποια είναι καλύτερη μορφή;

- Voxels (pixels σε 3 διαστάσεις)
 - Τεράστιες απαιτήσεις σε μνήμη και υπολογιστική ισχύ
 - Δεν υπάρχουν ακόμα πολλοί εξειδικευμένοι επεξεργαστές
 - Πολύ ακριβής αναπαράσταση τριδιάστατων δεδομένων (ιδιαίτερα για βιοιατρικά δεδομένα)
 - Θέμα ανοικτής έρευνας

Πηγές 3D δεδομένων

Από πού προέρχονται τα τριδιάστατα δεδομένα;

- Σημεία/Πολύγωνα
 - Προγράμματα κατασκευής γραφικών (3D modeling) όπως Maya, 3D Studio.
 - Τριδιάστατα scanners



Πηγές 3D δεδομένων

Από πού προέρχονται τα τριδιάστατα δεδομένα;

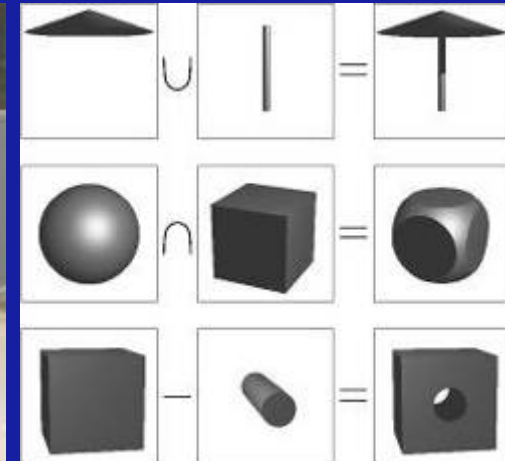
- Παραμετρικές επιφάνειες
 - Προγράμματα κατασκευής γραφικών (3D modeling) όπως Maya, 3D Studio.
 - Μαθηματικές συναρτήσεις, πχ $f(x,y) = \sin(x)+\cos(y)$



Πηγές 3D δεδομένων

Από πού προέρχονται τα τριδιάστατα δεδομένα;

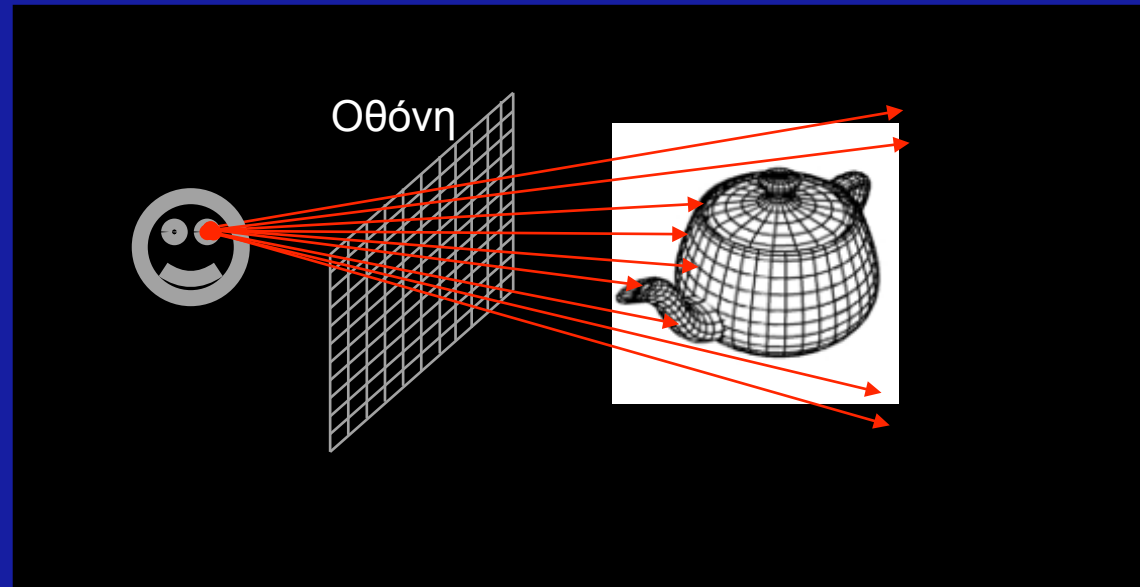
- Voxels
 - Αξονικοί τομογράφοι/μαγνητικές τομογραφίες
 - Ηλεκτρονικά/οπτικά μικροσκόπια
 - Constructive Solid Geometry
 - Διάφορα πειράματα



Απεικόνιση 3D γραφικών

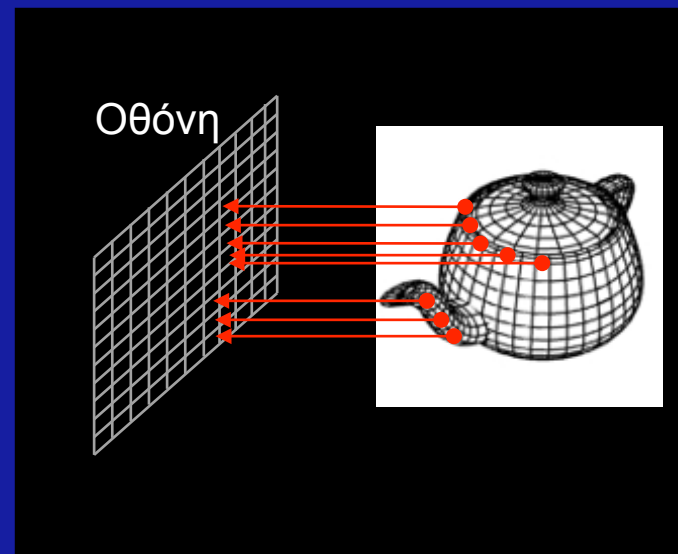
Δύο κύριες μορφές:

- Ray Tracing : «Ρίχνουμε» ακτίνες από το μάτι του θεατή προς το αντικείμενο. Βάφουμε το pixel που συναντά η ακτίνα με το χρώμα του σημείου του αντικειμένου που καταλήγει η ακτίνα (αν καταλήγει).



Απεικόνιση 3D γραφικών

- Ψηφιοποίηση αντικειμένου (rasterisation) : Αντίστροφη διαδικασία. Διατρέχουμε τα τριδιάστατα δεδομένα, τα ψηφιοποιούμε και τα προβάλλουμε στην οθόνη.



Απεικόνιση 3D γραφικών

Ποια είναι η καλύτερη;

- Ray Tracing
 - Δοσμένου χρόνου παράγει το καλύτερο δυνατό οπτικό αποτέλεσμα
 - Όχι ιδιαίτερα αλληλεπιδραστική μέθοδος (μεγάλη υπολογιστική ισχύ)
 - Όχι μεγάλη υποστήριξη από εξειδικευμένους επεξεργαστές αλλά μπορεί να παραλληλοποιηθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό (rendering farms)
 - Μέχρι τώρα η επιλογή για κινηματογράφο/τηλεόραση (αυτό θα αλλάξει)
- Rasterisation
 - Παράγει καλά αποτελέσματα, αλληλεπιδραστικά
 - Μεγάλη υποστήριξη από εξειδικευμένους επεξεργαστές (GPU)
 - Καλή αξιοποίηση αλγόριθμων επιτάχυνσης
 - Η επιλογή για παιχνίδια / αλληλεπιδραστικές εφαρμογές

Πόσος χρόνος;

Όσον αφορά το χρόνο σύνθεσης μιας εικόνας υπάρχουν 2 κατηγορίες

- Γραφικά Πραγματικού χρόνου (real time rendering)
- Προϋπολογισμένα γραφικά (off-line rendering)

Γραφικά πραγματικού χρόνου

- Κάθε καρέ συντίθεται αμέσως πριν απεικονιστεί
- Δυνατότητα σύνθεσης ~60 καρέ το δευτερόλεπτο
- Συνήθως χρησιμοποιεί rasteration (επιτάχυνση από GPU)
- Δύσκολο να επιτύχεις καλή πιστότητα (φωτορεαλισμό)
- Υποστηρίζει αλληλεπίδραση
- Κυρίως χρησιμοποιείται στα παιχνίδια



Προϋπολογισμένα γραφικά

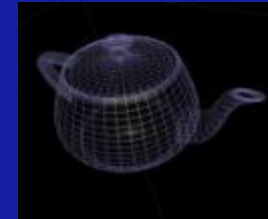
- Συνθέτουμε όλα τα καρέ της ταινίας και μετά τα απεικονίζουμε
- Ο χρόνος υπολογισμού κάθε καρέ δεν είναι σημαντικός
- Συνήθως χρησιμοποιεί raytracing
- Πολύ καλή προσέγγιση φωτορεαλισμού
- Δεν υποστηρίζει αλληλεπίδραση
- Κυρίως εφαρμόζεται στις ταινίες/τηλεόραση



Διαδικασία παραγωγής συνθετικής εικόνα

Τρία νοητά στάδια:
Εφαρμογής (application)
Επεξεργασία γεωμετρίας (geometry)
Ψηφιοποίηση γεωμετρίας (rasteriser)

Η διασωλήνωση (pipeline) λαμβάνει το μοντέλο και πληροφορίες που περιγράφουν την σκηνή και εξάγει την τελική εικόνα στην οθόνη



Εφαρμογή



Γεωμετρία



Ψηφ/ποίηση



Διαδικασία παραγωγής συνθετικής εικόνας

Στάδιο εφαρμογής (application)

Παίρνει σαν είσοδο το τριδιάστατο μοντέλο, εφαρμόζει υψηλού επιπέδου λειτουργίες

- Απόκρυψη μη ορατών τμημάτων/βελτιστοποίηση
- Ανίχνευση συγκρούσεων
- Κίνηση
- Τεχνητή νοημοσύνη (AI)
- Ορίζει κάμερα, φωτισμό, προβολή τελική εικόνας

και μεταφέρει το μοντέλο υπό μορφή πολυγώνων στο στάδιο γεωμετρίας



Εφαρμογή



Γεωμετρία



Ψηφ/ποίηση



Διαδικασία παραγωγής συνθετικής εικόνας

Στάδιο γεωμετρίας (geometry stage)

Παίρνει σαν είσοδο την λίστα πολυγώνων και τις παραμέτρους της σκηνής και

- Μετακινεί/μετασχηματίζει το μοντέλο
- Τοποθετεί την κάμερα
- Υπολογίζει τον φωτισμό των πολυγώνων
- Αφαιρεί όσα πολύγωνα δεν είναι ορατά στο τελικό παράθυρο
- Προβάλλει το μοντέλο από τρεις σε δύο διαστάσεις

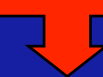
και μεταφέρει το μοντέλο στο στάδιο ψηφιοποίησης



Εφαρμογή



Γεωμετρία



Ψηφ/ποίηση

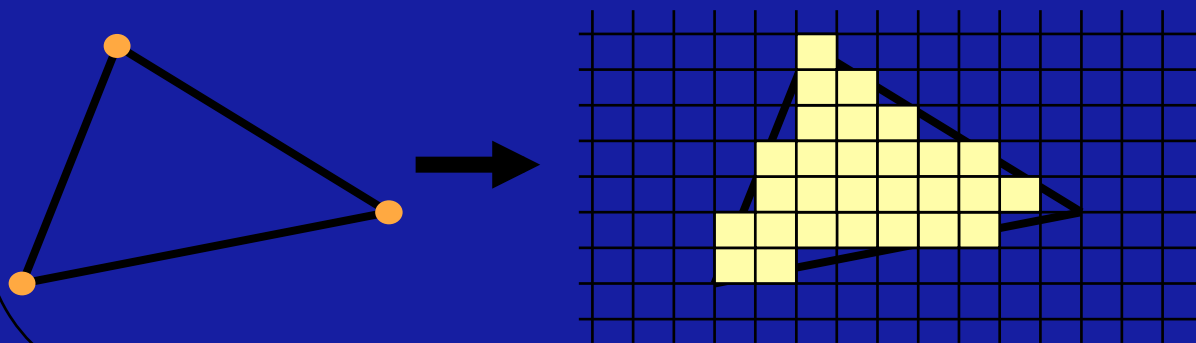


Διαδικασία παραγωγής συνθετικής εικόνας

Στάδιο ψηφιοποίησης (rasteriser stage)

Παίρνει σαν είσοδο την λίστα κορυφών (vertices) και τις παραμέτρους της σκηνής και τις παραμέτρους της σκηνής και

- Ψηφιοποιεί τα πολύγωνα παράγοντας pixel τελικής εικόνας
- Εφαρμόζει φωτισμό, υφές και άλλες λειτουργίες
- Απορρίπτει pixel που δεν φαίνονται και εξάγει την τελική εικόνα στην οθόνη



Εφαρμογή



Γεωμετρία

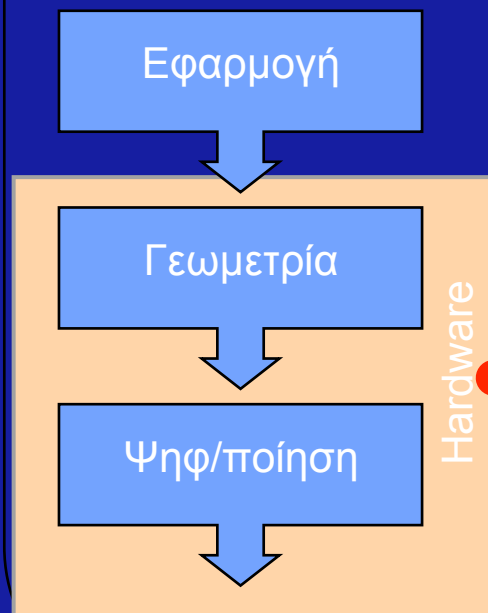


Ψηφ/ποίηση



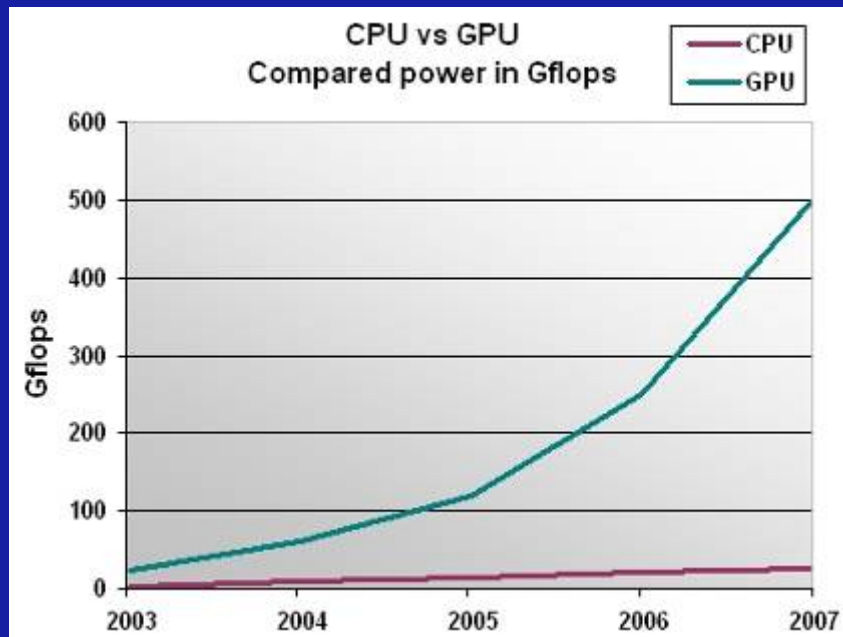
Επεξεργαστές γραφικών

Τα στάδια μπορούν να υλοποιηθούν με λογισμικό. Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν υλοποιήσεις σε υλικό που επιταχύνουν δραματικά την διασωλήνωση (General Processing Units - GPUs).



Επεξεργαστές γραφικών

Η GPU περιέχει εξειδικευμένα κυκλώματα υπολογισμού διανυσματικών και μαθηματικών κινητής υποδιαστολής και συνδέεται με μια πολύ γρήγορη μνήμη μέσω ενός πολύ γρήγορου καναλιού (memory bus)



	NVidia 8800Ultra	Core 2 Duo
Συχνότητα	612 MHz	3 GHz
Συχνότητα Μνήμης	1080 MHz	1333 MHz
Bus width	384 bit	128 bit
Bandwidth	103 GB/sec	25 GB/sec
Transistors	681 million	291 million
Υπολογισμοί	576 GFlops	17 GFlops