

# ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

---

- Απαραίτητο στοιχείο κάθε σύγχρονης εφαρμογής.
- Απλά και κατανοητά interfaces.
- Είδη εικόνων:
  - Διτονικές (bitonal) (π.χ. έγγραφα, διαγράμματα, τεχνικά σχέδια, χάρτες)
  - Κλίμακας του γκριζου (gray scale) (π.χ. ακτινογραφίες, υπερηχογραφήματα)
  - Έγχρωμες (color) (επαγγελματικές, εκπαιδευτικές, ψυχαγωγικές εφαρμογές)

# ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

---

- Συνδυασμός με άλλους τομείς (π.χ. αναγνώριση προτύπων, εμπειρα συστήματα) για νέες εφαρμογές.
- *Παράδειγμα:* Αυτόματη ταυτοποίηση ατόμων (δακτυλικά αποτυπώματα ή φωτογραφία ή ανάλυση ίριδας) για συστήματα ασφαλείας.

# ΣΥΛΛΗΨΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

---

- Συνήθως με χρήση scanner (σαρωτή)
- Scanner: πηγή φωτός, χώρος τοποθέτησης εγγράφου, ανιχνευτής φωτός.
- Δημιουργία ηλεκτρικού σήματος σε αντιστοιχία με τη μορφή της εικόνας.
- Τελικό αποτέλεσμα: πίνακας εικονοστοιχείων (pixels)
- Μέγεθος και βάθος (bit depth) εικόνας
- Πυκνότητα (density) ή ανάλυση (resolution): αριθμός pixels ανά ίντσα

# ΣΥΛΛΗΨΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

---

- Ανάλυση ανάλογη μονάδας εξόδου που προορίζεται η εικόνα (π.χ. 70dpi για οθόνη, 600dpi για εκτυπωτές laser, 1000dpi για offset printing).
- Άλλες συσκευές σύλληψης για εικόνες υψηλής ανάλυσης: κάμερες, video digitizers, frame grabbers.

# ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

---

- *Παράδειγμα:* σύλληψη σελίδας A4 για διάφορες αναλύσεις και βάθη εικόνας (χωρίς συμπίεση)

Ανάλυση (dpi)	Διτονική (MB)	Κλίμακας του γκριζου με 4-6 bits/pixel (MB)	Έγχρωμη με 32-128 bits/pixel (MB)
200	0.48	1.9-7.7	15-61
300	1.09	4.4-17.4	35-140
400	1.93	7.7-30.9	62-247

# ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

---

- Ειδικά για σύλληψη εγγράφων: μετατροπή εικόνας σε κείμενο (κώδικας ASCII) μέσω OCR.
- Ειδικά για γραμμικά σχήματα: διανυσματοποίηση γραφικών αντικειμένων (μέχρι και 200:1 βελτίωση)
- Σε άλλες περιπτώσεις συμπίεση: συνήθως συνδυασμός τεχνικών (π.χ. κωδικοποίηση εντροπίας, μετασχηματισμού, διανυσματικός κβαντισμός).

# ΠΡΟΤΥΠΟ JPEG

---

- ISO πρότυπο (1992)
- Σχεδιάστηκε από την ομάδα JPEG (Joint Photographic Experts Group) και την ITU.
- Πρότυπο συμπίεσης εικόνων συνεχούς τόνου (κλίμακας γκρίζου ή έγχρωμων).
- Συνδυασμός DCT (Discrete Cosine Transform), διανυσματικού κβαντισμού, περιορισμού επαναλαμβανόμενων χαρακτήρων και κωδικοποίησης Huffman.
- Με απώλειες (διάφοροι λόγοι ποιότητας-συμπίεσης) ή χωρίς.

# ΠΡΟΤΥΠΟ JPEG

---

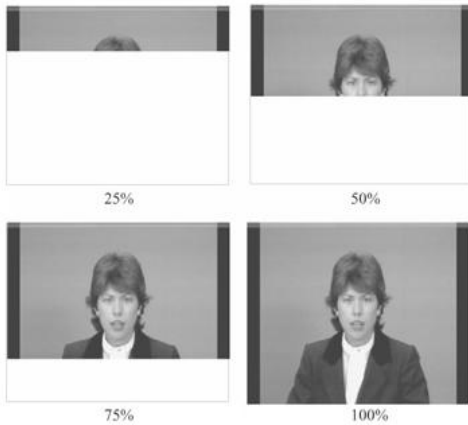
- Τέσσερις τρόποι λειτουργίας:
  - Διαδοχική κωδικοποίηση (sequential encoding): με απώλειες, μία μόνο σάρωση (συνηθέστερος)
  - Προοδευτική κωδικοποίηση (progressive encoding): με απώλειες, διαδοχικά περάσματα
  - Κωδικοποίηση χωρίς απώλειες (lossless encoding): πλήρως αντιστρέψιμο αποτέλεσμα
  - Ιεραρχική κωδικοποίηση (hierarchical encoding): διάφορα επίπεδα ευκρίνειας.



# ΠΡΟΤΥΠΟ JPEG

---

sequential encoding



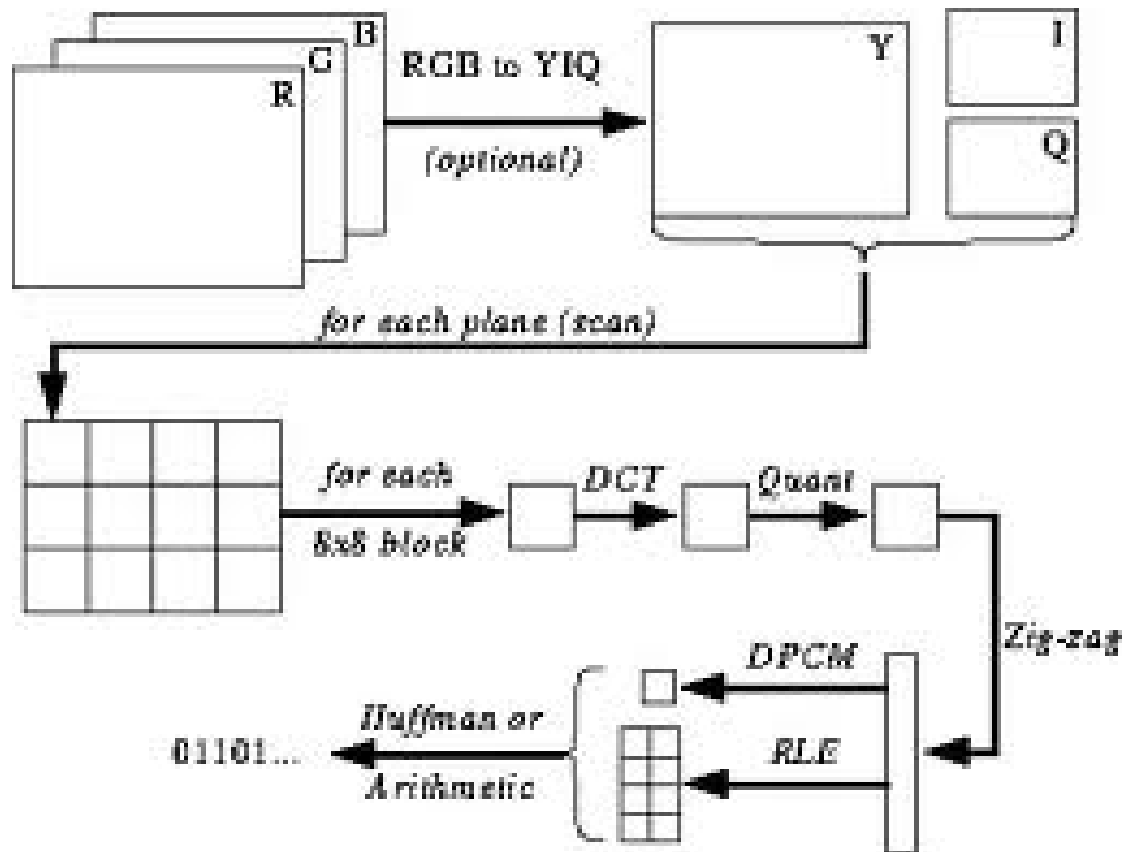
progressive encoding



hierarchical encoding



# ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ



# ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

---

- *Προετοιμασία τμημάτων (data blocks):* οι μετασχηματισμοί που ακολουθούν εφαρμόζονται σε τμήματα  $8 \times 8$  pixels (σε συνιστώσες φωτεινότητας και χρωματικότητας)
- *Κωδικοποίηση πηγής (DCT και κβαντισμός):*
  - εφαρμόζεται ο DCT σε κάθε block
  - κανονικοποιούνται οι συντελεστές βάσει πίνακα κβαντισμού (quantization table)
  - DC όρος (μηδενική συχνότητα) δεν επηρεάζεται
  - DPCM στους συντελεστές (προβλεπόμενο λάθος τμήματος: DC τιμή προηγούμενου τμήματος)

# ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

---

Μετασχηματισμός DCT

$$DCT_{uv} = \frac{1}{\sqrt{2N}} C_u C_v \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} p_{xy} \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right]$$

όπου

$$C_u C_v = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ για } u, v = 0$$

$$C_u C_v = 1 \text{ αλλιώς}$$

# ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

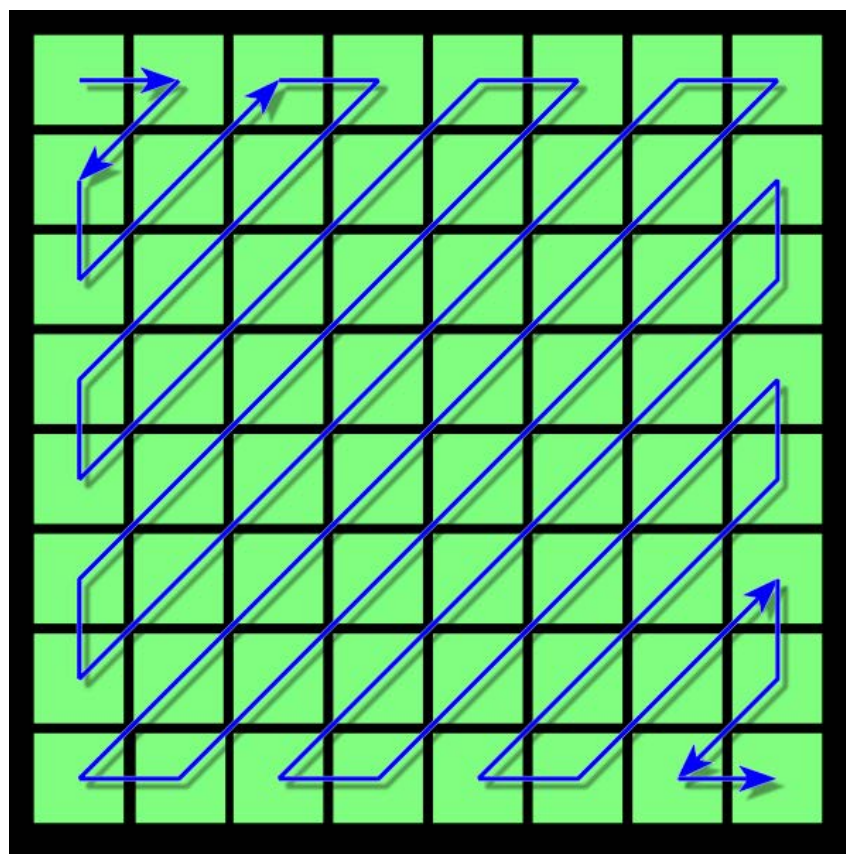
---

- *Κωδικοποίηση εντροπίας (περιορισμός επαναλαμβανόμενων χαρακτήρων, κωδικοποίηση Huffman):*
  - zig-zag διάταξη των κβαντισμένων συντελεστών (μεγιστοποίηση πιθανότητας εμφάνισης ίδιων γειτονικών τιμών)
  - κωδικοποίηση Huffman ή αριθμητική κωδικοποίηση

# ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

---

zig-zag σάρωση



# ΠΡΟΤΥΠΟ JPEG

---

- Αποτέλεσμα ανάλογο απαιτήσεων ποιότητας και συμπίεσης.
- Υψηλή ποιότητα: συμπίεση 10:1 ως 20:1
- Μέτρια ποιότητα: συμπίεση 30:1 ως 50:1
- Κακή ποιότητα: συμπίεση 60:1 ως 100:1
- Ποιότητα βασίζεται στην ανθρώπινη παρατήρηση.
- JPEG αλλοιώνει εικόνα με μη αντιληπτό τρόπο
- Απλές εικόνες (διτονικές, σχέδια, κείμενο) δε συμπιέζονται καλά
- Αποσυμπίεση: σχεδόν ίδιος χρόνος (συμμετρία)

# ΑΠΕΙΡΟΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

---

- Καινούργια, πολλά υποσχόμενη τεχνολογία
- Συμπίεση χωρίς απώλειες
- Τα απειροστικά τμήματα είναι επαναλαμβανόμενα συστήματα συναρτήσεων (Iterated Function Systems)
- Είναι μορφή διανυσματικού κβαντισμού
- Ισχυρό σημείο: αύξηση ανάλυσης
- Αργή συμπίεση – γρήγορη αποσυμπίεση
- Πατενταρισμένη τεχνολογία



# ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

---

- Αναγέννηση απειροστικής γεωμετρίας: Benoit B. Mandelbrot της IBM (“The Fractal Geometry of Nature”)
- Επαναλαμβανόμενα συστήματα συναρτήσεων (IFS): Michael Barnsley του Georgia Tech (“Fractals Everywhere”)
- Απειροστικά μαθηματικά → δημιουργία φυσικών εικόνων
- Φυσική εικόνα → περιγραφή IFS ? (άλυτο πρόβλημα)
- Πρώτη πατέντα λογισμικού (Barnsley 1988) (για εικόνες τεχνητά κατασκευασμένες)

# ΜΟΝΤΕΛΟ IFS

---

- Θεωρία επαναλαμβανόμενης συνάρτησης (Heinz-Otto Peitgen) → MRCM (Multiple Reduction Copying Machine)
- Πολλές ρυθμίσεις φακών → πολλές κόπιες σε επανάληψη (σύστημα)
- Κάθε ρύθμιση φακού μειώνει αρχικό μέγεθος (συστολικές συναρτήσεις)
- Λειτουργεί με βρόχο ανάδρασης: κάθε έξοδος βαθμίδας είναι είσοδος στην επόμενη (επαναλαμβανόμενο)
- IFS: ομάδα συστολικών μετασχηματισμών

# ΑΠΩΛΕΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

---

- Συνήθεις εικόνες (στάνταρ ανάλυση ψηφιακής κάμερας, σαρωτή): με μεγέθυνση δεν αυξάνεται η λεπτομέρεια
- Απειροστικές εικόνες: κάθε επανάληψη δημιουργεί λεπτομέρεια (οσαδήποτε επίπεδα ανάλυσης) → **δεν** έχουν κλίμακα
- Ουσιαστικά αναπτυγμένη μορφή παρεμβολής (χρήσιμο για εκτυπώσεις σε συσκευές υψηλής ανάλυσης ή για δημιουργία γραφικών)
- Απειροστική συμπίεση εικόνας → μέσο για αύξηση ανάλυσης

# ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

---

- Ουσία συμπίεσης: αναζήτηση κυρίαρχου μπλοκ για κάθε μπλοκ περιοχής ώστε η διαφορά να είναι ελάχιστη
- Χωρισμός εικόνας σε μπλοκ περιοχών
- Μορφοποίηση ομάδας κυρίαρχων μπλοκ
- Επιλογή τύπων μετασχηματισμών
- Επιλογή μέτρου απόστασης μεταξύ μπλοκ
- Μέθοδος ταιριάσματος μπλοκ περιοχών στο κυρίαρχο μπλοκ

# ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΚΒΑΝΤΙΣΜΟ

---

- Μπλοκ περιοχών και κυρίαρχα μπλοκ στον VQ είναι ίδιου μεγέθους ≠ Κυρίαρχα μπλοκ στα IFS είναι μεγαλύτερα
- Κυρίαρχα μπλοκ αντιγράφονται απευθείας στον VQ ≠ Στα IFS υποβάλλονται σε ρύθμιση φωτεινότητας και αντιστάθμισης
- Στον VQ αποθηκεύεται και το codebook ≠ Στα IFS δημιουργείται κατά τις επαναλήψεις (εικονικό)
- Στον VQ το ίδιο codebook χρησιμοποιείται για πολλές εικόνες ≠ Στα IFS κάθε εικόνα έχει δικό της virtual codebook

# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

---

- Τυπικές τιμές συμπίεσης: 4:1 έως 100:1
- Έγχρωμες εικόνες συμπιέζονται περισσότερο από τις ασπρόμαυρες
- Μέγεθος αρχείου εξαρτάται από πλήθος μετασχηματισμών PIFS
- *Παράδειγμα:* μια εικόνα  $256 \times 256 \times 8$  συμπιέζεται κατά JPEG έως συντελεστή 14,63 ενώ απειροστικά έως 19,69 (όχι εξωπραγματικό)

# ΠΟΙΟΤΗΤΑ: ΑΠΕΙΡΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙΟΝ JPEG

---

- Μέθοδοι μέτρησης ποσοστού λάθους σε συμπιεσμένες εικόνες (επιτροπή κωδικοποίησης):
  - Λόγος σήματος προς θόρυβο (SNR)
  - Μέθοδος ελάχιστων τετράγωνων (LSE)
  - Απόλυτη τιμή λάθους
- Για μικρή συμπίεση το JPEG είναι καλύτερο, για μεγάλη τα IFS (όριο περίπου 40:1)
- SNR ίσως όχι καλό μέτρο (υποστηρικτές απειροστικής συμπίεσης)
- Ζητούμενο: ακρίβεια και αντικειμενικότητα ως προς την εντύπωση που δίνεται στον άνθρωπο

# ΜΟΡΦΕΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΕΙΚΟΝΑΣ

---

- **Δεν** υπάρχει ενιαία μορφή (format) αποθήκευσης
- TIFF (Tagged Image File Format):
  - Aldus και Microsoft (1987), για ανταλλαγή εικόνων (ανεξαρτήτως υλικού)
  - Για σύνολα εικόνων (π.χ. παραλλαγές της ίδιας) με κεφαλίδα (header) για καθορισμό παραμέτρων
  - Υποστηρίζει διάφορα χρωματικά μοντέλα (δυναμικό, gray scale, palettes, RGB, CMYK)
  - Υποστηρίζει διάφορα είδη συμπίεσης (PackBits RLE, LZW, Fax Group 3 και 4, JPEG)



# ΜΟΡΦΕΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΕΙΚΟΝΑΣ

---

- JPEG: δεν αντιστοιχεί σε ενιαίο format. (JIF (JPEG Interchange Format) και TIFF 6.0)
- BMP (Bitmap):
  - Εγγενές format των MS Windows
  - Μοντέλο χρώματος: RGB
  - Χωρίς συμπίεση
  - Πληροφορίες επικεφαλίδας: μέγεθος, βάθος χρώματος (1, 4, 8, 24), διάταξη χρωμάτων
  - Τρόπος αποθήκευσης ανεξάρτητος συσκευής εξόδου

# ΜΟΡΦΕΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΕΙΚΟΝΑΣ

---

- GIF (Graphics Interchange Format):
  - CompuServe (1987) για ανταλλαγή εικόνων μέσω **δικτύου**
  - GIF87a: αρχικό πρότυπο
  - Αλγόριθμος συμπίεσης LZW (Lempel-Ziv-Welch) (διανυσματική τεχνική χωρίς απώλειες). Συμπίεση 4:1 αλλά για εικόνες με bit depth μόνο 8.
  - GIF89a: δεύτερη παραλλαγή (επιπλέον χαρακτηριστικά όπως διαφανείς GIF)
  - GIF24: τρίτη παραλλαγή (υποστηρίζει χρώμα 24 bits, χρησιμοποιεί τεχνική συμπίεσης PNG)

# ΣΥΜΠΙΕΣΗ LZW

---

String εισόδου= /ABC/AB/ABB/ABD/ABE

Χαρακτήρας εισόδου	Κωδικός εξόδου	Νέα τιμή κωδικού	Νέο String
/A	/	256	/A
B	A	257	AB
C	B	258	BC
/	C	259	C/
AB	256	260	/AB
/	B	261	B/
ABB	260	262	/ABB
/A	261	263	B/A
BD	257	264	ABD
/	D	265	D/
ABE	260	266	/ABE
EOF	E		

# ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗ LZW

Κωδικοί εισόδου: / A B C 256 B 260 261 257 D 260 E

Είσοδος/Νέος κωδικός	Παλιός κωδικός	STRING/Εξοδος	Χαρακτήρας	Νέα εγγραφή πίνακα
/	/	/		
A	/	A	A	256 = /A
B	A	B	B	257 = AB
C	B	C	C	258 = BC
256	C	/A	/	259 = C/
B	256	B	B	260 = /AB
260	B	/AB	/	261 = B/
261	260	B/	B	262 = /ABB
257	261	AB	A	263 = B/A
D	257	D	D	264 = ABD
260	D	/AB	/	265 = D/
E	260	E	E	266 = /ABE

# ΜΟΡΦΕΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΕΙΚΟΝΑΣ

---

- Πλεονεκτήματα GIF:
  - Χωρίς απώλειες για bit depth 8
  - Ιδανικός για εικόνες με πολλές ακμές, γωνίες
  - Χρησιμοποιείται ευρέως κι ελεύθερα
- Μειονεκτήματα GIF:
  - Όχι κατάλληλο για εικόνες πολλών χρωμάτων (εκτός GIF24)
  - Μικροί λόγοι συμπίεσης
  - Δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κινούμενη εικόνα
  - Δεν είναι ανεξάρτητος από την ανάλυση

# ΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑ

---

- Εικόνες: πίνακες από pixels.
- Καμιά πληροφορία για δομή κι αντικείμενα.
- Προγράμματα επεξεργασίας εικόνας:
  - Αλλαγή χρώματος pixels
  - Αποκοπή, αντιγραφή, επικόλληση ομάδων pixels
  - Υπέρθυση κειμένου
  - Εφαρμογή φίλτρων
  - Εφαρμογή γεωμετρικών μετασχηματισμών
  - Μετατροπή από ένα format σε ένα άλλο

# ΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑ

---

- Οι λειτουργίες αυτές εφαρμόζονται σε pixels.
- Απαραίτητη η ανθρώπινη μεσολάβηση (αντίληψη της δομής).
- Γραφικά: περιέχουν πληροφορία που αφορά τη δομή (συλλογή αντικειμένων).
- Είτε δημιουργούνται εξ αρχής στον υπολογιστή είτε με τεχνικές αναγνώρισης προτύπων προκύπτουν από εικόνες.

# ΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑ

---

- Αναπαράσταση γραφικών:
  - Γεωμετρικά Μοντέλα (Geometric Models): συλλογή 2-D ή 3-D δομικών σχημάτων (geometric primitives). Εικόνα προκύπτει με σύνθεση αυτών με μετασχηματισμό, μετακίνηση και συνδυασμό. Πρότυπα: GKS (Graphics Kernel System, ISO 1985), PHIGS (Programmer's Hierarchical Interactive Graphic System, ISO 1989a), OpenGL (OpenGL Architecture Review board, 1993)



# ΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑ

---

- Αναπαράσταση γραφικών (συνέχεια):
  - Στερεά Μοντέλα (Solid Models): μοντελοποίηση στερεών. Κατασκευαστική Γεωμετρία (Constructive Geometry): ένωση, διαφορά και τομή βασικών στερεών. Αλλιώς: περιστροφή 2-D καμπυλών.
  - Φυσικά Μοντέλα (Physically Based Models): φυσικά αριθμητικά μοντέλα περιγραφής δυνάμεων, πιέσεων, καταπονήσεων αντικειμένων.
  - Εμπειρικά Μοντέλα (Empirical Models): τεχνικές βασισμένες σε παρατήρηση και εμπειρία. Π.χ. fractals για μοντελοποίηση βουνών, σύννεφων κλπ

# ΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑ

---

- Αναπαράσταση γραφικών (συνέχεια):
  - Σχεδιαστικά Μοντέλα (Drawing Models): νοητή κινητή σχεδιαστική κεφαλή. Κινήσεις κι ενέργειες κεφαλής δημιουργούν εικόνα (π.χ. PostScript).

# FORMATS ΓΡΑΦΙΚΩΝ

---

- Πρότυπο ISO CGM (Computer Graphics Metafile) αλλά κάθε σχεδιαστικό πακέτο δικό του format.
- Χειρισμοί σε εικόνες γραφικών:
  - Δομικές (εισαγωγή, αφαίρεση αντικειμένων)
  - Σκίαση (shading) αντικειμένων
  - Χαρτογράφηση: αντιστοίχιση εικόνας σε επιφάνεια αντικειμένου (π.χ. texture mapping)
  - Αλλαγή φωτισμού
  - Rendering (μετατροπή μοντέλου σε εικόνα)