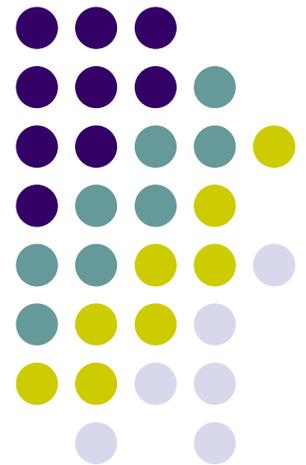


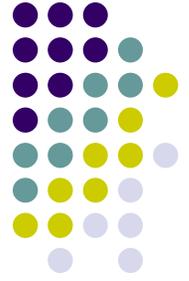
Συμπίεση και Μετάδοση Πολυμέσων: Συμπίεση Εικόνων



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας
Τηλεπικοινωνιών

Ευάγγελος Α. Κοσμάτος





Αναπαράσταση εικόνας

- Τύπος
 - Διτονικές εικόνες (bitonal) – μαύρο / άσπρο
 - Εικόνες συνεχούς τόνου (continuous tone)
 - Κλίμακα γκριζου (gray scale)
 - Έγχρωμες (color)
- Βασικά χαρακτηριστικά
 - Αριθμός γραφικών εικονοστοιχείων (pixels – picture elements)
 - Βάθος χρώματος: δυνατές τιμές (intensity values) που μπορεί να πάρει κάθε εικονοστοιχείο
- Δευτερεύοντα χαρακτηριστικά
 - Μέγεθος (βαθμός και αλγόριθμος συμπίεσης)
 - Μορφή αποθήκευσης (format)



ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

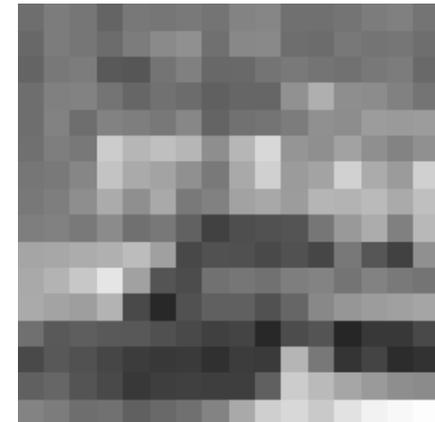
- Κάθε εικόνα αναπαρίστανται μέσω ενός ορθογωνίου πλέγματος από εικονοστοιχεία
- Aspect ratio: ο λόγος του πλάτους προς το ύψος του πλέγματος
 - χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό οθονών



128 X 128 pixels



64 X 64 pixels

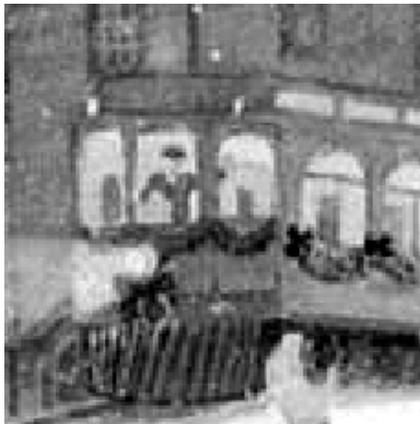


16 X 16 pixels

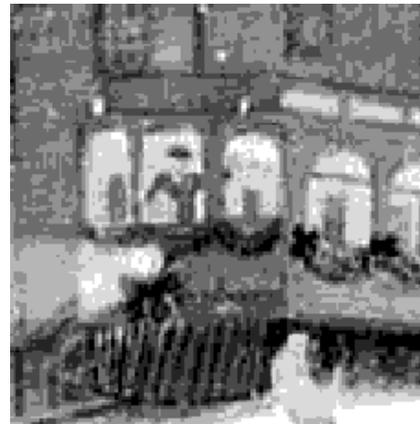


Βάθος χρώματος

- Συσχέτιση κάθε εικονοστοιχείου με ένα χρώμα μέσω ενός αριθμού από bits
 - Διτονική εικόνα: 1 bit/pixel
 - Μονόχρωμη εικόνα σε επίπεδα του γκρι: 8 bit/pixel
 - Έγχρωμη εικόνα: συνήθως 24 bit/pixel



**64 επίπεδα γκρι
(6 bits)**



**8 επίπεδα γκρι
(3 bits)**



**ασπρόμαυρη
(1 bit)**



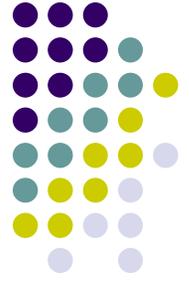
Παλέτα χρωμάτων

- Ο αριθμός των αποχρώσεων που μπορεί να αποδώσει κάθε εικονοστοιχείο εξαρτάται από τον αριθμό των bits που χρησιμοποιούνται εσωτερικά για την περιγραφή (αποθήκευση) του χρώματος
 - 1 bit --> άσπρο, μαύρο (bitonal)
 - 1 byte --> $2^8 = 256$ χρώματα (grayscale)
 - 2 byte --> $2^{16} = 65\,536$ χρώματα (high color)
 - 3 byte --> $2^{24} = 16\,777\,216$ χρώματα (true color)
- Το σύνολο των χρωμάτων από τα οποία αντλεί τα χρώματά της μια εικόνα ονομάζεται παλέτα



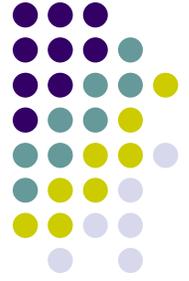
Μέγεθος εικόνας

- Ασπρόμαυρη εικόνα (βάθος χρώματος 1 bit) με ανάλυση 640 x 480 pixels απαιτεί 307 200 bits = 37,5 Kbytes μνήμης
- Εικόνα σε 256 αποχρώσεις του γκρι (απόδοση μέσω 1 byte – ανάλογα, τιμές από 0 έως 255) με ανάλυση 640 x 480 pixels απαιτεί 300 Kbytes μνήμης
- Έγχρωμη εικόνα με χρήση 8 bits για απόδοση χρωμάτων (256 επιλεγμένα χρώματα – ικανοποιητική ποιότητα) με ανάλυση 640 x 480 pixels απαιτεί επίσης 300 Kbytes μνήμης
- Έγχρωμη εικόνα με χρήση 24 bits:
 - 8 bits για απόδοση 256 αποχρώσεων του κόκκινου R- Red,
 - 8 bits για απόδοση 256 αποχρώσεων του πράσινου G -Green,
 - 8 bits για απόδοση 256 αποχρώσεων του μπλε B - Blue(16 777 216 διαφορετικά χρώματα – άριστη, “true color” ποιότητα) με ανάλυση 640 x 480 pixels απαιτεί 900 Kbytes μνήμης



Ευκρίνεια (ανάλυση) εικόνας

- Αναφέρεται στην πυκνότητα τοποθέτησης των εικονοστοιχείων όταν μιλάμε για εικόνες, ή στην πυκνότητα τοποθέτησης των κρυστάλλων φωσφόρου όταν μιλάμε για οθόνες
 - μετριέται σε pixels per inch ή dots per inch (ppi/dpi)
- Εάν μια εικόνα έχει ανάλυση **72 dpi**, τότε σε μια τετραγωνική ίντσα μπορεί να εμφανίσει
 $72 \times 72 = 5184$ pixels
- Όσο μεγαλύτερη είναι η ανάλυση μιας εικόνας τόσο περισσότερη πληροφορία (pixels) περιλαμβάνει



Χρωματικά Μοντέλα

- Δύο βασικές κατηγορίες μοντέλων:
 - Με βάση το πως δημιουργούνται από τις συσκευές εξόδου (οθόνες, εκτυπωτές)
 - Με βάση το πως τα αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι
- Συνήθη μοντέλα
 - RGB (Red-Green-Blue)
 - CRT και LCD οθόνες
 - CMY (Cyan-Magenta-Yellow)
 - Χρησιμοποιείται σε συσκευές εκτύπωσης, όπου τα χρώματα δημιουργούνται με τη χρήση μελανιών που αφαιρούν (απορροφούν) επί μέρους χρώματα
 - τα μοντέλα RGB και CMY είναι συμπληρωματικά
 - HSB (Hue-Saturation-Brightness)
 - Χροιά, κορεσμός, φωτεινότητα (ένταση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας)

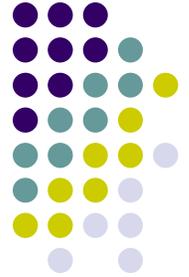


Μοντέλο RGB

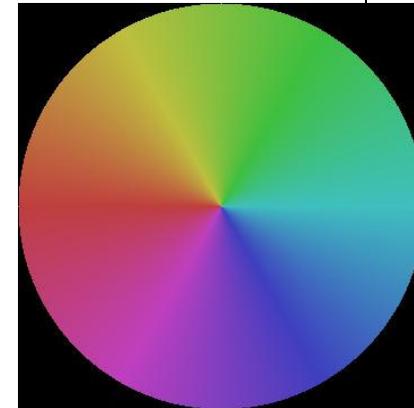
- Για την αναπαράσταση των χρωμάτων χρησιμοποιείται η κωδικοποίηση RGB (Red – Green – Blue)
 - "RRGGBB"
- Η τελική απόχρωση δίνεται από το ποσοστό συμμετοχής καθενός από τα τρία βασικά χρώματα (κόκκινο R, πράσινο G και μπλε B)
 - Σε εικόνες True Color το ποσοστό συμμετοχής εισάγεται σε δεκαεξαδική μορφή και κυμαίνεται από 00 (μηδενική συμμετοχή) μέχρι FF (πλήρης συμμετοχή)
 - White FFFFFFFF 
 - Cyan 00FFFF 
 - Black 000000 

δεκαδικός	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
δεκαεξαδικός	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

Μοντέλο HSB



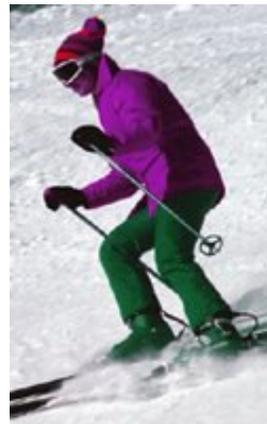
- Χροιά (Hue)
 - 0 μέχρι 360 μοίρες
 - Διάκριση ανάμεσα σε χρώματα όπως κόκκινο, πράσινο, κυανό κλπ
- Κορεσμός (Saturation)
 - Καθαρότητα φωτός (απουσία λευκού φωτός)
 - Απόσταση από το κέντρο του κύκλου



Κύκλος Χροιάς – Κορεσμού



Αρχική Χροιά



+300 μοίρες



Αρχικός Κορεσμός



-50



+50

Συμπίεση και Μετάδοση Πολυμέσων



Μοντέλο HSB

- Φωτεινότητα (Brightness)
 - Ένταση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
 - Φωτεινότητα 0 σημαίνει ότι τίποτα δεν είναι ορατό



Αρχική Φωτεινότητα

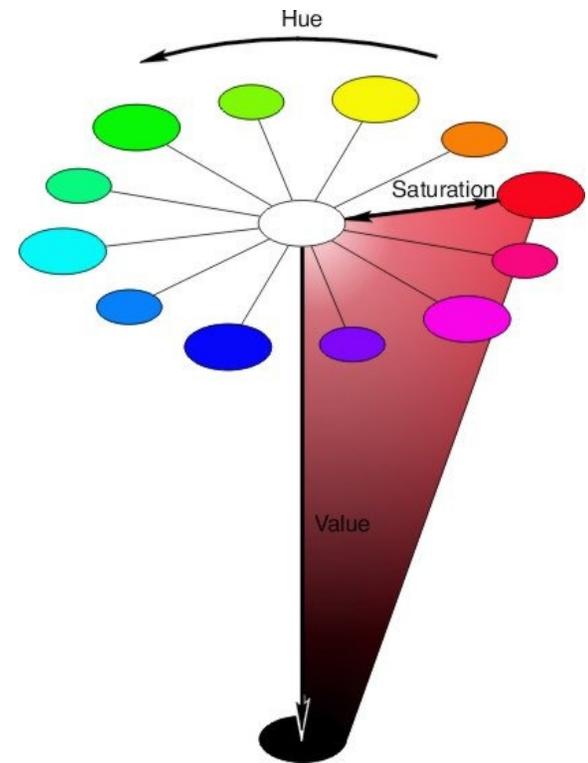
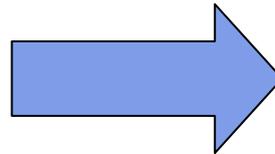
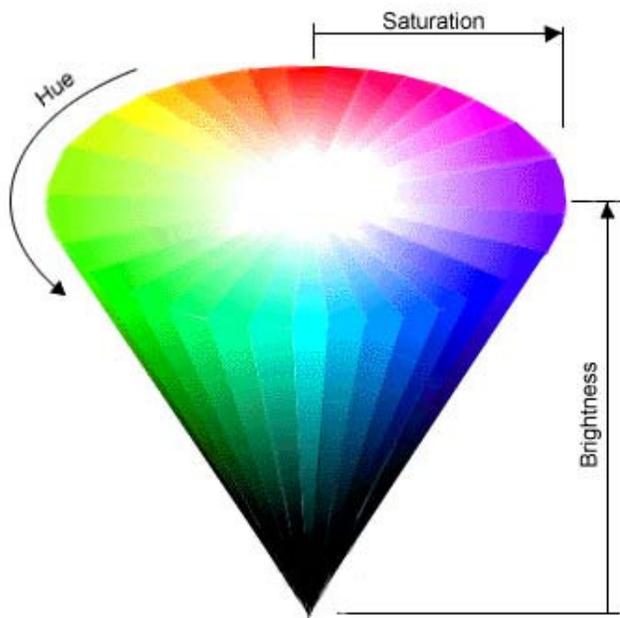
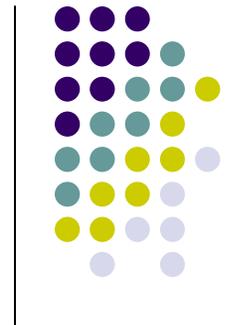


-50



50

Μοντέλο HSB

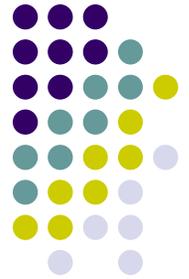


Μοντέλα με βάση την ανθρώπινη αντίληψη



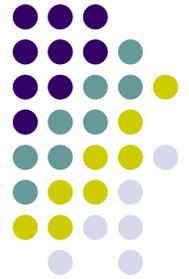
- Μετατροπή RGB σε YIQ
 - Ανθρώπινη όραση πιο ευαίσθητη στη φωτεινότητα παρά στα χρώματα
 - Διατήρηση συμβατότητας μεταξύ έγχρωμης και ασπρόμαυρης TV
 - Y: μεταφέρει την πληροφορία φωτεινότητας
 - I, Q: χρωματική πληροφορία, η οποία μπορεί να μεταδοθεί με μικρότερη ακρίβεια
- Σύστημα NTSC (Χρωματικό μοντέλο YIQ)
 - $Y = 0,30 \cdot R + 0,59 \cdot G + 0,14 \cdot B$
 - $I = 0,74 \cdot (R - Y) - 0,27 \cdot (B - Y) = 0,60 \cdot R + 0,28 \cdot G + 0,32 \cdot B$
 - $Q = 0,48 \cdot (R - Y) + 0,41 \cdot (B - Y) = 0,21 \cdot R + 0,52 \cdot G + 0,31 \cdot B$
- Σύστημα PAL (Χρωματικό μοντέλο YIQ)
 - $Y = 0,30 \cdot R + 0,59 \cdot G + 0,11 \cdot B$
 - $U = 0,493 \cdot (R - Y) = -0,15 \cdot R + 0,29 \cdot G + 0,44 \cdot B$
 - $V = 0,877 \cdot (R - Y) = 0,62 \cdot R - 0,52 \cdot G - 0,10 \cdot B$

Μορφή αποθήκευσης (format) ΕΙΚΟΝΩΝ



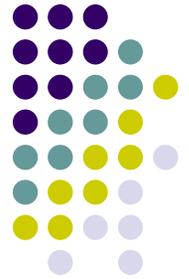
Τύπος Αρχείου	Περιγραφή
BMP	Standard Windows format (true color)
GIF	Graphics Interchange Format (8-bit)
TIFF	Tagged Image File Format (true color, χρησιμοποιεί μέθοδο συμπίεσης LZW)
JPG	Joint Photographic Experts Group (true color)
TGA	Targa (true color)
CDR	CorelDraw (διανυσματικός τρόπος αποθήκευσης)
DXF	Drawing Exchange Format (διανυσματικό τρόπο της Auto-CAD)

BMP (device independent BitMaP)



- Είναι η μορφή που υποστηρίζουν εγγενώς τα Windows για αυτό και συναντάται πολύ συχνά.
- Αποτελεί το πιο απλό format
 - δεν υποστηρίζει καμία δυνατότητα συμπίεσης
- Περιγράφει τα βασικά χαρακτηριστικά της εικόνας (διαστάσεις, χρωματικά κανάλια) και τον τρόπο με τον οποίο θα αποθηκευτούν τα bits που αναφέρονται στα pixel της εικόνας σε ένα αρχείο
- Ο τρόπος της αποθήκευσης είναι ανεξάρτητος της μονάδας εξόδου (ανάλυση οθόνης, βάθος χρώματος οθόνης κλπ).

GIF (Graphics Interchange Format)



- Χρησιμοποιεί διανυσματικό κβαντισμό για αναπαράσταση του συνόλου των χρωμάτων που περιέχει η πραγματική εικόνα
 - Παλέτα 256 χρωμάτων
- Οι λόγοι συμπίεσης που επιτυγχάνει είναι 4:1 αλλά περιορίζεται σε εικόνες βάθους χρώματος των 8bits (256 χρώματα)
- Υποστηρίζει περαιτέρω συμπίεση με βάση τον αλγόριθμο LZW (Lempel-Ziv- Welch).
- Transparent (διαφάνεια)
- Μπορεί να περιλάβει πολλές εικόνες σε ένα μόνο αρχείο οι εικόνες εναλλάσσονται με γρήγορο ρυθμό και δημιουργούν την ψευδαίσθηση της κίνησης (animated gif)

GIF (Graphics Interchange Format)



- Πλεονεκτήματα:
 - λειτουργεί χωρίς απώλειες για εικόνες βάθους 8bits
 - είναι ιδανικός για εικόνες με πολλές ακμές και γωνίες
 - γραμμικά σχέδια.
 - χρησιμοποιείται ευρέως και ελεύθερα (έχει αντικατασταθεί από το png)
- Μειονεκτήματα:
 - δεν είναι κατάλληλο για εικόνες με πολλά χρώματα
 - οι λόγοι συμπίεσης είναι μικροί και δεν ανταλλάσσονται με ποιότητα εικόνας
 - δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κινούμενη εικόνα
 - δεν είναι ανεξάρτητος από την ανάλυση της εικόνας



JPEG

GIF



GIF

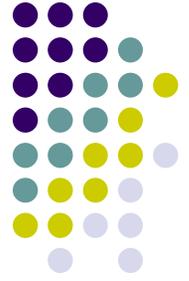


JPEG



Πρότυπο JPEG

- Σχεδιάστηκε από την ομάδα Joint Photographic Experts Group σε συνεργασία με την Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU-TS)
- Μπορεί να δώσει διαφορετικό αποτέλεσμα ανάλογα με τις απαιτήσεις που έχουμε για την ποιότητα της εικόνας και το λόγο συμπίεσης:
 - 10:1 έως 20:1 – υψηλή ποιότητα
 - 30:1 έως 50:1 – μέτρια ποιότητα
 - 60:1 έως 100:1 – κακή ποιότητα
- Είναι μορφή κωδικοποίησης με βάση την αντίληψη και βασίζεται στο γεγονός ότι:
 - Το μάτι είναι λιγότερο ευαίσθητο στις χρωματικές συνιστώσες (μικρότερη διακριτική ικανότητα) μιας εικόνα από ότι στη φωτεινότητα
 - Έχει πεπερασμένη διακριτική ικανότητα σε διαδοχικές αλλαγές της φωτεινότητας



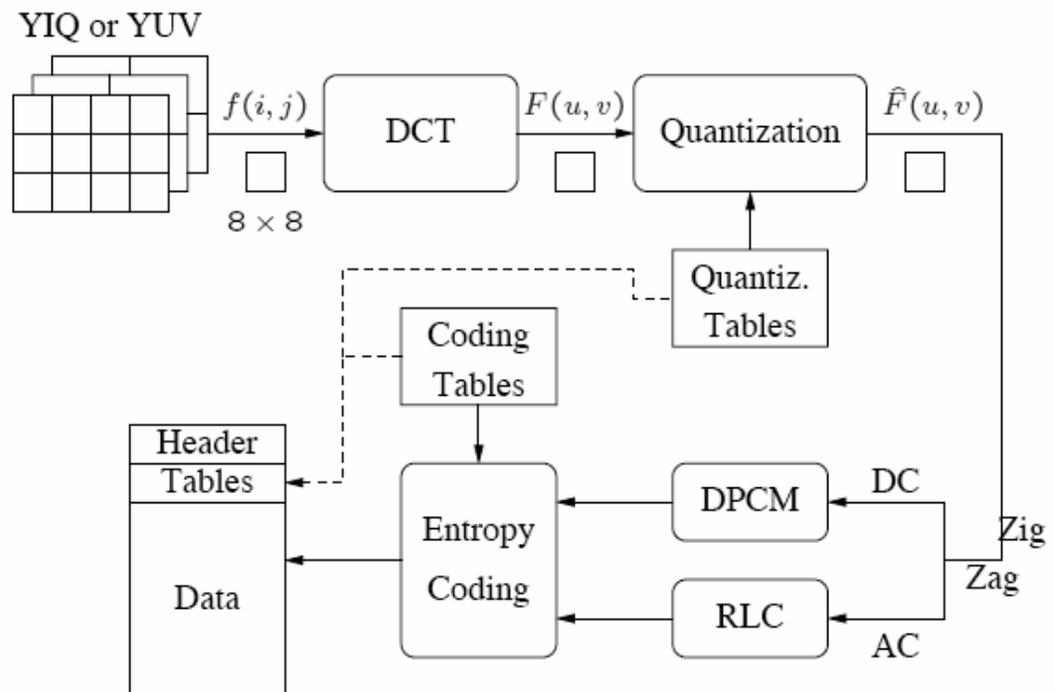
Πρότυπο JPEG

- Αποτελεί συνδυασμό διαφόρων τεχνικών συμπίεσης:
 - Μετασχηματισμού (DCT)
 - Στατιστική (Huffman)
 - Προβλεπτική (DPCM)
 - Μήκους διαδρομής (RLE)



Διαδικασία Συμπίεσης JPEG

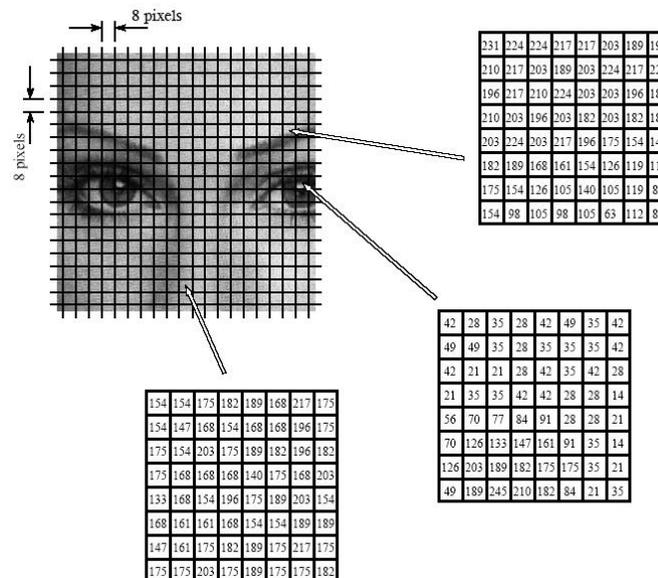
- Βασικά στάδια:
 - Προετοιμασία εικόνας / μπλοκ
 - Ευθύς μετασχηματισμός DCT
 - Κβαντισμός
 - Κωδικοποίηση εντροπίας
 - Δημιουργία πλαισίου (frame)





Προετοιμασία εικόνας / μπλοκ

- Προετοιμασία εικόνας:
 - Τα διάφορα χρωματικά κανάλια (π.χ. R,G,B ή Y, Cr, Cb) κωδικοποιούνται ως διαφορετικές εικόνες
 - Μετατροπή από RGB σε YUV (YIQ)
- Προετοιμασία μπλοκ
 - Η εικόνα χωρίζεται σε μπλοκ 8x8 pixels
 - Τα μπλοκ μεταδίδονται με πρώτο το πάνω αριστερά και τελευταίο το κάτω δεξιά

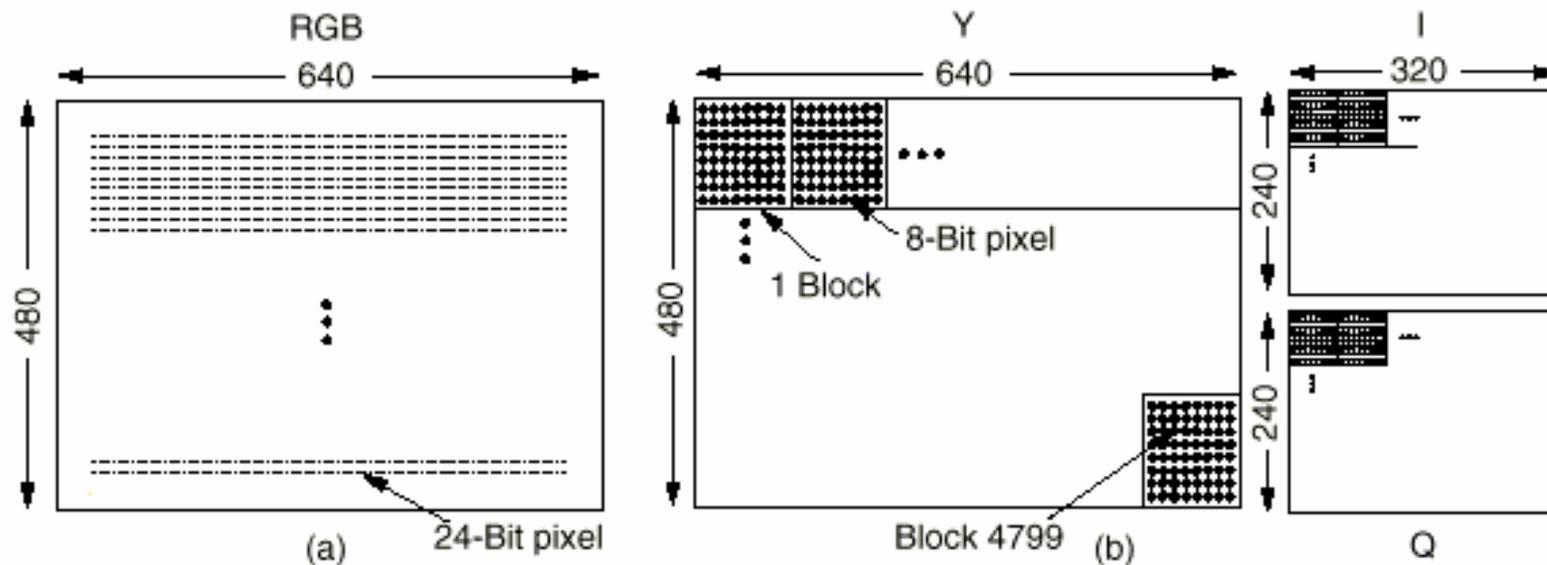


Η εικόνα χωρίζεται σε μπλοκ 8x8 pixels



Προετοιμασία εικόνας / μπλοκ

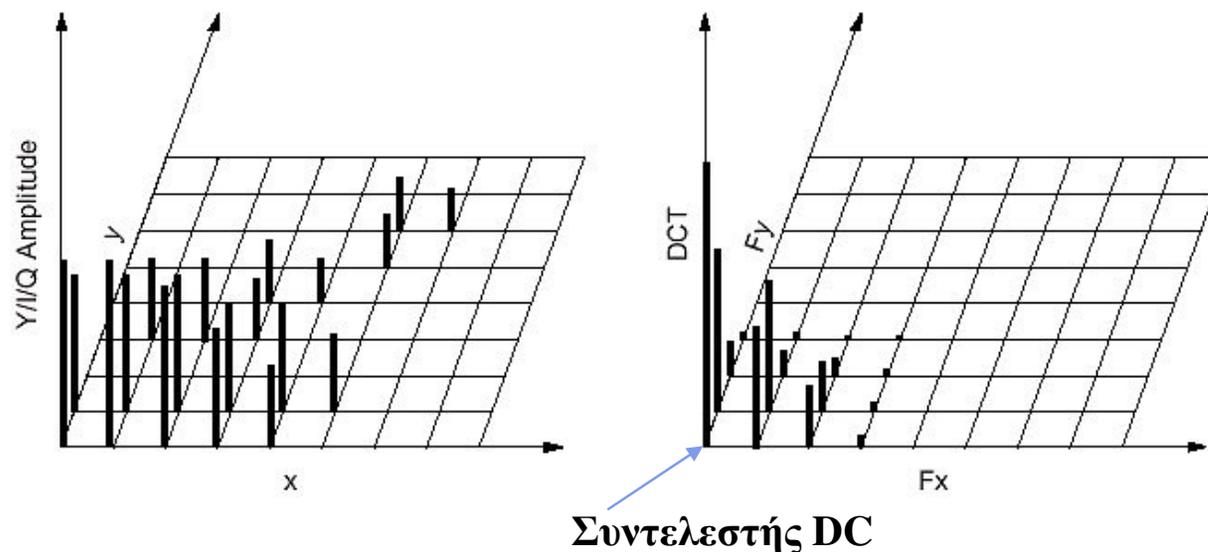
- Αρχική εικόνα: 640 x 480 RGB (24 bits/pixel) μετατρέπεται σε τρία επίπεδα:
 - **Y**: (640 x 480, 8-bit/pixel) Φωτεινότητα (Luminance)
 - **U, V**: (320 X 240 8-bits/pixel) Χρωματικό περιεχόμενο (Chrominance)

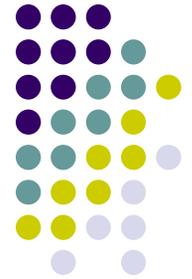




Ευθύς μετασχηματισμός DCT

- Σε κάθε μπλοκ (8X8 pixels) εφαρμόζεται μετασχηματισμός DCT:
 - Πριν την εφαρμογή του DCT από κάθε pixel του μπλοκ αφαιρείται η τιμή 128 (οπότε τελικά οι τιμές του μπλοκ θα λαμβάνουν τιμές στο διάστημα [-128 127] αντί στο διάστημα [0 255])
 - Ο συντελεστής $F(0,0)$ ονομάζεται DC.
 - Οι υπόλοιποι συντελεστές ονομάζονται AC.





Φαινόμενο του «μπλοκ»

- Η χρήση μπλοκ έχει το αρνητικό αποτέλεσμα ότι απομονώνει το μπλοκ από το γειτονικό του περιεχόμενο
 - σε υψηλούς λόγους συμπίεσης εμφανίζεται το φαινόμενο του «μπλοκ» (“blocky”)



Λόγος Συμπίεσης: 7.7



Λόγος Συμπίεσης: 33.9



Λόγος Συμπίεσης: 60.1



Κβαντισμός

- Το αποτέλεσμα του μετασχηματισμού DCT $F[u,v]$ διαιρείται με το σταθερό πίνακα $Q(u,v)$.
 - Ο πίνακας $Q(u,v)$ ονομάζεται πίνακας κβαντισμού.

Πίνακας Κβαντισμού $Q(u,v)$

1	1	2	4	8	16	32	64
1	1	2	4	8	16	32	64
2	2	2	4	8	16	32	64
4	4	4	4	8	16	32	64
8	8	8	8	8	16	32	64
16	16	16	16	16	16	32	64
32	32	32	32	32	32	32	64
64	64	64	64	64	64	64	64

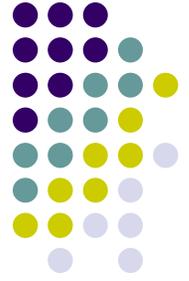
Αποτέλεσμα Μετασχηματισμού DCT $F[u,v]$

150	80	40	14	4	2	1	0
92	75	36	10	6	1	0	0
52	38	26	8	7	4	0	0
12	8	6	4	2	1	0	0
4	3	2	0	0	0	0	0
2	2	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

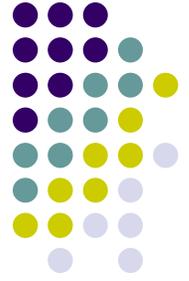
Αποτέλεσμα Κβαντισμού

150	80	20	4	1	0	0	0
92	75	18	3	1	0	0	0
26	19	13	2	1	0	0	0
3	2	2	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Κβαντισμός



- Το μάτι έχει διαφορετική ευαισθησία και διακριτική ικανότητα όσον αφορά τις χωρικές μεταβολές της φωτεινότητας (χωρικές συχνότητες):
 - Οι πίνακες κβαντισμού αντιπροσωπεύουν την ευαισθησία αυτή
 - Ο Πίνακας κβαντισμού $Q(u,v)$ δημιουργείται από φυσικοψυχολογικές μελέτες που έχουν στόχο την μεγιστοποίηση του λόγου συμπίεσης με παράλληλη ελαχιστοποίηση των απωλειών που είναι αντιληπτές από το μάτι.
 - Όσο μικρότερος είναι ο αντίστοιχος συντελεστής στον πίνακα κβαντισμού τόσο μεγαλύτερη θεωρείται η διακριτική ικανότητα του ματιού στη συγκεκριμένη συχνότητα
 - Ο Πίνακας κβαντισμού $Q(u, v)$ έχει μεγαλύτερες τιμές προς την κατεύθυνση του κάτω δεξιά άκρου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εισαγωγή μεγάλων απωλειών στις υψηλές χωρικές συχνότητες
 - Ο κβαντισμός αποτελεί την κύρια πηγή απώλειας πληροφορίας



Κωδικοποίηση

- Η κωδικοποίηση περιλαμβάνει τα εξής στάδια:
 - Διανυσματοποίηση του μπλοκ από τους κβαντισμένους συντελεστές με zig-zag scanning
 - Διαφορική κωδικοποίηση (Differential Pulse Code Modulation - DPCM) των συντελεστών DC γειτονικών μπλοκ
 - Κωδικοποίηση μήκους διαδρομής για τους AC συντελεστές κάθε μπλοκ
 - Huffman coding επί των συμβόλων που προέκυψαν από τη διαφορική κωδικοποίηση και την κωδικοποίηση μήκους διαδρομής



Διανυσματοποίηση του μπλοκ

- Η τεχνική zig-zag scanning μετατρέπει ένα 8x8 μπλοκ σε ένα 1x64 διάνυσμα
 - ομαδοποιεί τις χαμηλής συχνότητας συνιστώσες στην αρχή του διανύσματος

150	80	20	4	1	0	0	0
92	75	18	3	1	0	0	0
26	19	13	2	1	0	0	0
3	2	2	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0



Διαφορική κωδικοποίηση

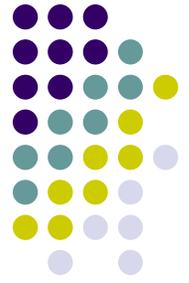
- Ο συντελεστής DC ενός μπλοκ έχει συνήθως μεγάλη τιμή και μπορεί να παίρνει διάφορες τιμές αλλά συνήθως έχει παρόμοια τιμή με τον συντελεστή DC του προηγούμενου μπλοκ
- Στην κωδικοποίηση JPEG χρησιμοποιώντας αυτό το φαινόμενο κωδικοποιούνται οι συντελεστές DC των διαδοχικών μπλοκ με διαφορική κωδικοποίηση (Differential Pulse Code Modulation - DPCM).

Παράδειγμα:

Αρχικοί συντελεστές DC: 150, 155, 149, 152, 144

Διαφορική κωδικοποίηση: 150, 5, -6, 3, -8

Κωδικοποίηση μήκους διαδρομής



- Το διάνυσμα 1×64 περιέχει πολλά μηδενικά
- Χρησιμοποιώντας Κωδικοποίηση μήκους διαδρομής (RLE) το διάνυσμα κωδικοποιείται με έναν αριθμό από ζεύγη (παράλειψη, τιμή) όπου η τιμή της παράλειψης είναι ο αριθμός των μηδενικών και η τιμή η επόμενη μη μηδενική τιμή.
- Για τη σήμανση του τέλους του μπλοκ χρησιμοποιείται το ζεύγος (0,0)
- Η πρώτη τιμή (DC συντελεστής) αγνοείται

Παράδειγμα:

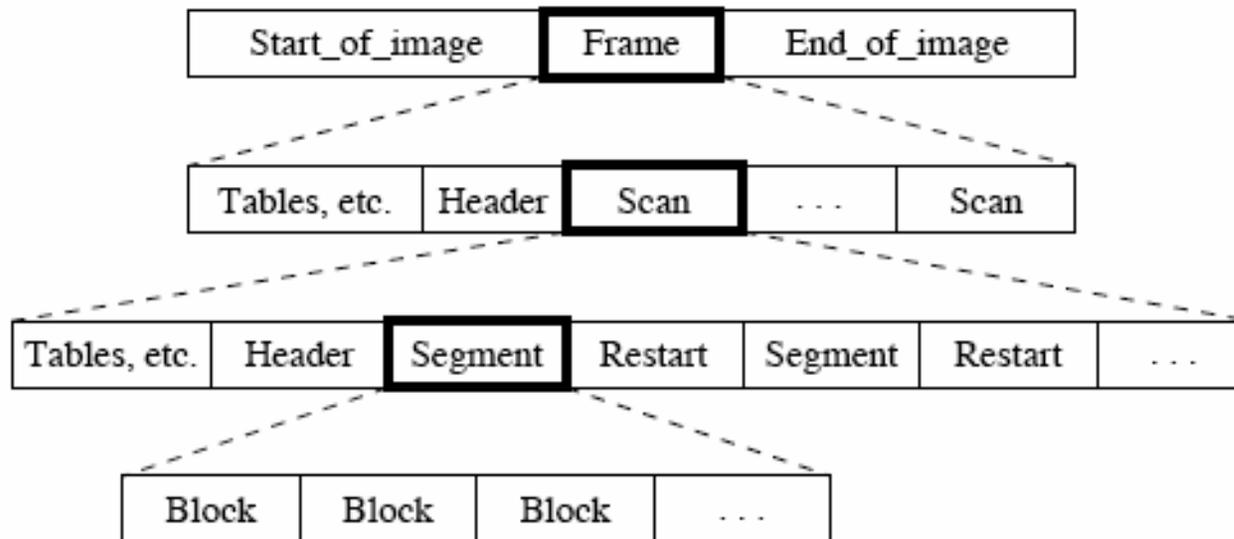
Αρχικό διάνυσμα: (32, 6, -1, 0, -1, 0, 0, 0, -1, 0, 0, 1, 0, 0, ..., 0)

Κωδικοποίηση μήκους διαδρομής: (0,6) (0,-1)(1,-1)(3,-1)(2,1)(0,0)

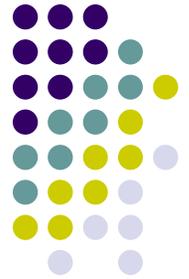


Πλαίσιο JPEG

- Ένδειξη αρχής και τέλους πλαισίου
- Επικεφαλίδες
 - Πληροφορίες ανάλυσης, μεγέθους
- Περιεχόμενα εικόνας
 - Μπλοκ από τα οποία αποτελείται



Μέθοδοι κωδικοποίησης JPEG



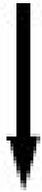
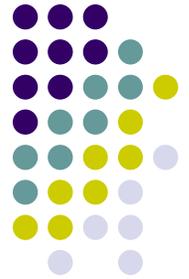
- Ακολουθιακή κωδικοποίηση (Sequential Mode)
 - Η default κωδικοποίηση
 - Κάθε εικόνα κωδικοποιείται με απλή σάρωση (από αριστερά προς τα δεξιά ή από πάνω προς τα κάτω)
 - αυτή που εξετάστηκε μέχρι τώρα
- Προοδευτική (Progressive Mode)
 - Επιλογή συντελεστών (spectral selection).
 - Επιλογή επιπέδων κβάντισης (Successive approximation). Τα MSB bits των συντελεστών DCT μεταδίδονται πρώτα και τα LSB ακολουθούν
- Ιεραρχική (Hierarchical Mode)
 - Μετάδοση χαμηλότερων αναλύσεων της εικόνας πρώτα
- Μη απωλεστική (Lossless Mode)
 - Δεν περιλαμβάνει κβαντισμό συντελεστών αλλά μόνο προβλεπτική κωδικοποίηση
 - Εφαρμόζεται σε κωδικοποίηση ιατρικών εικόνων όπου δεν επιτρέπεται η απώλεια πληροφορίας



Προοδευτική κωδικοποίηση

- Η προοδευτική κωδικοποίηση κατά την αποκωδικοποίηση εμφανίζει αρχικά χαμηλής ποιότητας εκδόσεις της εικόνας και στη συνέχεια συμπληρώνει τις λεπτομέρειες με κάθε νέο πέρασμα
- Χρήσιμη στους web browsers όπου ο χρόνος που απαιτείται για τη μεταφορά μιας εικόνας μπορεί να είναι μεγάλος
 - Ο χρήστης βλέπει μια αρχική εικόνα άμεσα
 - Αρχικά μεταδίδονται οι συντελεστές DC και μερικοί συντελεστές AC
 - Στη συνέχεια μεταδίδονται μερικοί επόμενοι συντελεστές AC coefficients, και η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να αποσταλούν και οι υπόλοιποι.

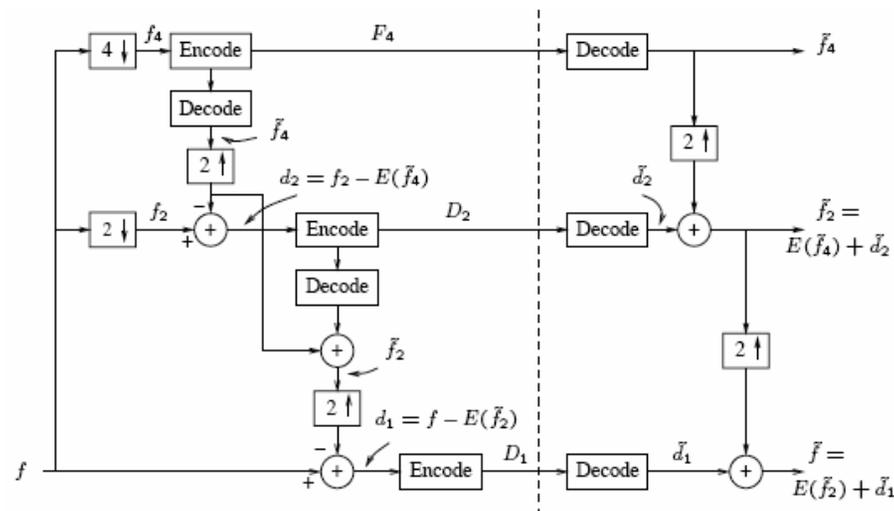
Ακολουθιακή και Προοδευτική κωδικοποίηση

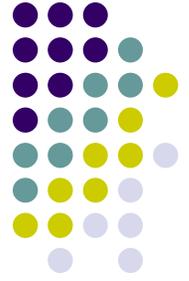




Ιεραρχική κωδικοποίηση

- Η εικόνα κωδικοποιείται σε ένα σύνολο από διαφορετικές αναλύσεις π.χ. 128x128, 256x256, 512x512
- Οι διαφορετικές αναλύσεις μεταδίδονται με πολλαπλά περάσματα με αυξανόμενη ανάλυση σε κάθε πέραςμα
- Η κάθε ανάλυση κωδικοποιείται ως το σύνολο των διαφορών που έχει από την αμέσως χαμηλότερη της ανάλυση και επομένως δεν έχουμε άσκοπη επανάληψη δεδομένων που ήδη έχουμε λάβει με την προηγούμενη εκδοχή της εικόνας.

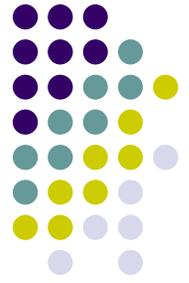




Πρότυπο JPEG2000

- Το JPEG2000 αποτελεί το τελευταίο πρότυπο της κοινότητας JPEG και είναι επέκταση του JPEG
 - Χρησιμοποιεί τεχνολογία wavelet
 - Καλύτερους λόγους συμπίεσης
 - Μικρότερες απώλειες
 - Υποστηρίζει μεγάλες εικόνες και εικόνες με πολλά στοιχεία
 - Κωδικοποίηση βάση περιοχής ενδιαφέροντος
 - Κωδικοποίηση εικόνων δημιουργημένων από υπολογιστές
 - Βελτιώσεις στο υπάρχον JPG

Κωδικοποίηση βάση περιοχής ενδιαφέροντος



(a)



(b)



(c)



(d)

- Η περιοχή με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον αποστέλλεται και αποκωδικοποιείται πρώτη