



Συστήματα Πολυμέσων

Ενότητα 7: Συμπύεση Εικόνας κατά JPEG

Θρασύβουλος Γ. Τσιάτσος
Τμήμα Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

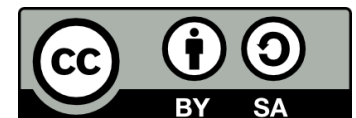


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Περιεχόμενα ενότητας

- Εισαγωγικά θέματα JPEG
- Συμπίεση κατά JPEG



Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση του JPEG που αποτελεί τον βασικό συμπιεστή συμπίεσης εικόνας





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Εισαγωγικά Θέματα - JPEG (Joint Photographic Expert Group)

Τι είναι το JPEG;

- Εξαιρετικά διαδεδομένο σχήμα συμπίεσης για **ακίνητη** εικόνα, τόσο μονόχρωμη (grayscale) όσο και έγχρωμη.
- Προσφέρει **σημαντικούς βαθμούς** συμπίεσης κρατώντας παράλληλα σε υψηλά επίπεδα την **ποιότητα** της εικόνας
- Χρησιμοποιείται εκτεταμένα για την συμπίεση αρχείων εικόνας που παρουσιάζονται και μεταφέρονται στο Διαδίκτυο.



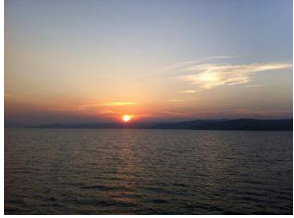
Το JPEG με δυο λόγια

- 1) Μετατροπή στον χρωματικό χώρο YCbCr
 - Y: Φωτεινότητα
 - Cb & Cr: Πληροφορία χρώματος - Χρωματικότητα
- 2) Υπο-δειγματοληψία χρώματος με το σχήμα 4:2:0
- 3) Επεξεργασία κάθε καναλιού Y, Cb ή Cr χωριστά ως εξής:
 - Φάση (α): Διαίρεση σε τμήματα (μπλόκ) μεγέθους 8x8 εικονοστοιχείων και εφαρμογή **μετασχηματισμού DCT** (Discrete Cosine Transform, διακριτός μετασχηματισμός συνημιτόνου) σε κάθε τμήμα
 - Φάση (β): **Κβάντωση** συντελεστών DCT
 - Φάση (γ): Περαιτέρω **Συμπίεση Εντροπίας** (πχ. RLE)



Το JPEG σχηματικά

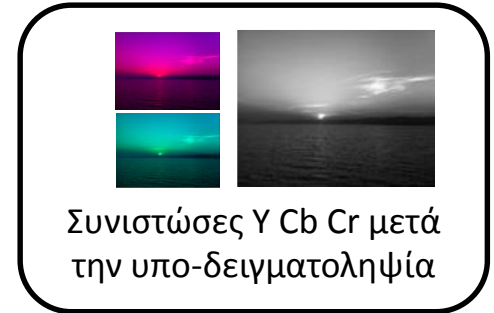
Αρχική εικόνα



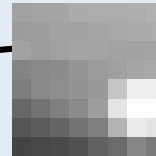
Μετατροπή στον
χρωματικό χώρο
YCbCr



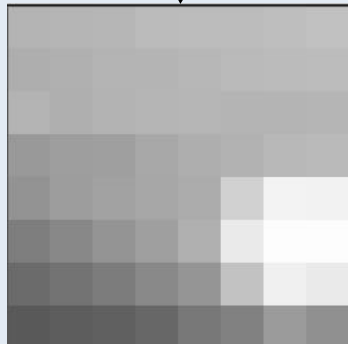
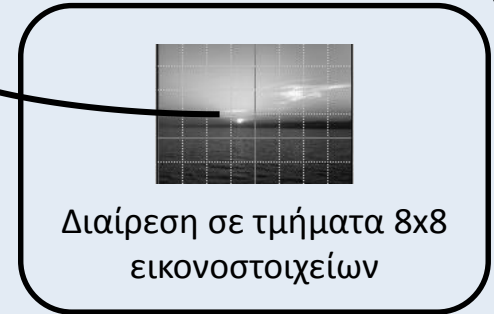
Υπο-δειγματοληψία
χρώματος με το
σχήμα 4:2:0



Επεξεργασία κάθε καναλιού
Y, Cb ή Cr χωριστά



Τμήμα 8x8 εικονοστοιχείων



DCT

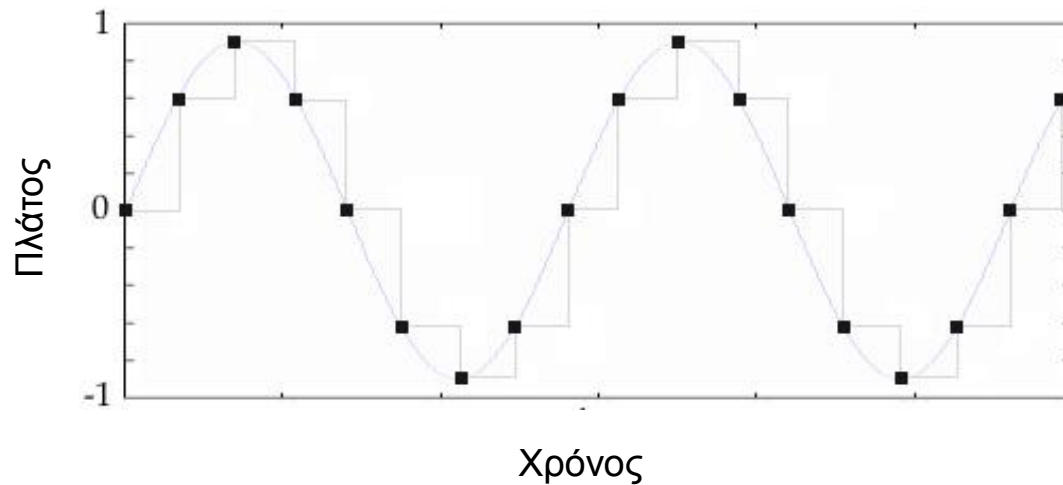
Κβάντωση
συντελεστών
DCT

Περαιτέρω
συμπίεση

Έξοδος: Ροή
ψηφιακών
δεδομένων
...1001110011...

Μετασχηματισμός: Από το πεδίο του χρόνου...

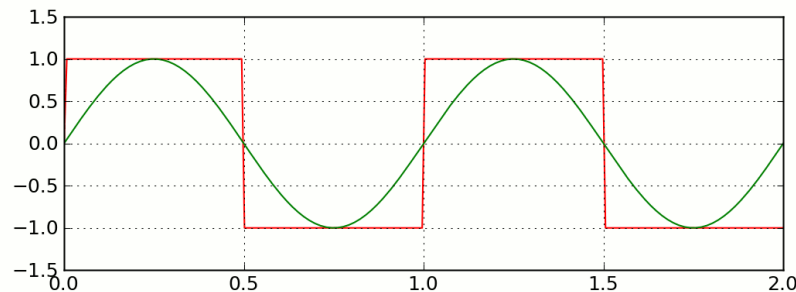
- Στο τυπικό ψηφιακό σήμα στο πεδίο του χρόνου...
- ...δεν είναι εύκολο να εκτιμηθεί ποιο τμήμα αντιπροσωπεύει τη σημαντική πληροφορία



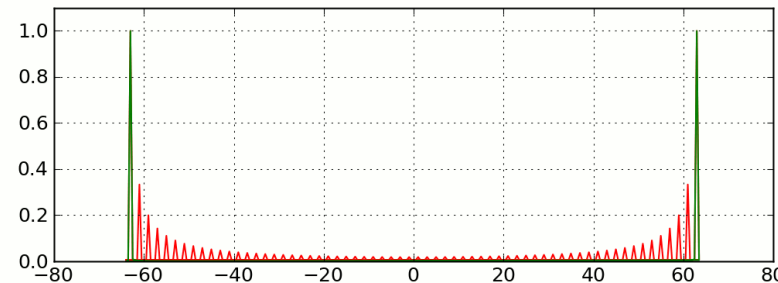
... στο πεδίο συχνοτήτων

- Ο μετασχηματισμός του σήματος στο χώρο των συχνοτήτων (frequency domain) φανερώνει ποια είναι τα σημαντικά και ποια τα λιγότερο σημαντικά μέρη της πληροφορίας.

Πεδίο χρόνου



Πεδίο συχνοτήτων



Μετασχηματισμός στο χώρο των συχνοτήτων [3]





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Συμπίεση κατά JPEG

Φάση (α): Εφαρμογή DCT

- Η ασυμπίεστη μονόχρωμη ψηφιακή εικόνα με βάθος χρώματος 8 bit είναι ένα διακριτό σήμα δηλ. μια σειρά από τιμές που κυμαίνονται από 0-255.
- DCT = Discrete Cosine Transform (Διακριτός Μετασχηματισμός Συνημιτόνου)
- Ο μετασχηματισμός DCT μετασχηματίζει την πληροφορία της εικόνας από το χώρο του **χρόνου** (time domain) στο χώρο των **συχνοτήτων** (frequency domain).



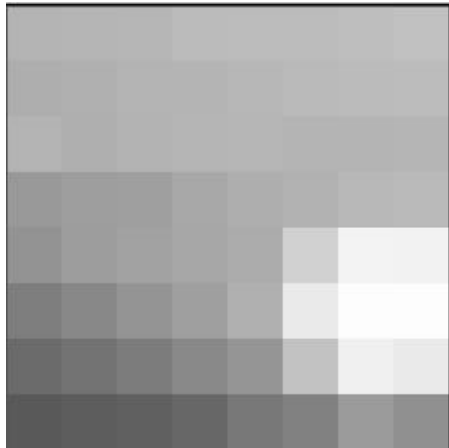
Εφαρμογή DCT

- Ας υποθέσουμε ότι η εικόνα αποτελείται από $N \times M$ εικονοστοιχεία.
- Η εικόνα χωρίζεται σε στοιχειώδη τμήματα (μπλόκ) μεγέθους 8×8 εικονοστοιχείων.
- Οι συντελεστές $X(i,j)$ αυτού του πίνακα ($i, j = 0..7$) είναι οι τιμές 8 bit (0-255) που παριστάνουν την **φωτεινή ένταση των εικονοστοιχείων** και αποτελούν τα δεδομένα εισόδου στον μετασχηματισμό DCT



Αρχική πληροφορία

- Μπλόκ 8x8
- Τιμές 0 - 255



0,0

154	154	175	182	168	217	175	175
154	134	140	140	167	128	155	158
154	134	122	122	112	107	147	115
175	168	122	105	92	90	110	104
133	168	145	95	108	124	108	92
168	161	134	87	142	74	88	92
147	161	142	115	47	68	95	129
175	175	167	140	127	75	80	74

j

7,7



Μετασχηματισμός DCT

- Ο μετασχηματισμός DCT υπολογίζει τους συντελεστές DCT στο χώρο των συχνοτήτων

$$F(u, v) = \frac{2}{N} C(u)C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right]$$

$$f(i, j) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u)C(v) F(u, v) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right]$$



Συντελεστές DCT

- Οι συντελεστές αυτοί δηλώνουν τη σχετική βαρύτητα κάθε συχνότητας που συμβάλει στη σύνθεση του διακριτού σήματος της εικόνας και έχουν πραγματικές ακέραιες τιμές

0,0

u

1024	589	312	245	122	77	53	12
785	498	215	112	82	61	24	7
641	303	104	75	24	17	5	8
512	199	75	24	12	6	12	4
176	45	27	16	10	2	4	0
122	64	12	8	5	2	0	0
89	88	45	4	6	2	1	0
23	6	28	2	0	0	1	0

7,7

v



Η σημασία των συντελεστών DCT

- Χαμηλές συχνότητες:
 - Ομαλή συνέχεια
- Υψηλές συχνότητες:
 - Απότομες αλλαγές στο σήμα
- Το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας του σήματος εντοπίζεται στις **χαμηλότερες** συχνότητες
 - εμφανίζεται στο πάνω αριστερά μέρος του πίνακα συντελεστών DCT.
- Οι συντελεστές στις τελευταίες θέσεις (κάτω δεξιά τμήμα) αντιπροσωπεύουν τις υψηλότερες συχνότητες
 - είναι συχνά εξαιρετικά μικροί ώστε να μπορούν να αγνοηθούν και να μηδενιστούν



Η σημασία των συντελεστών DCT

■ Χαμηλές συχνότητες

- Πάνω αριστερά
- Συνήθως η σημαντικότερη πληροφορία της εικόνας

■ Υψηλές συχνότητες

- Κάτω δεξιά
- Συνήθως μπορούν να αγνοηθούν

1012	589	312	245	122	77	53	12
785	498	215	112	82	61	24	7
641	303	104	75	24	17	5	8
512	199	75	24	12	6	12	4
176	45	27	16	10	2	4	0
122	64	12	8	5	2	0	0
89	88	45	4	6	2	1	0
23	6	28	2	0	0	1	0



Φάση (β): Κβαντοποίηση συντελεστών DCT

- Ο πίνακας συντελεστών DCT διαιρείται με τον πίνακα κβάντωσης δηλ. έναν πίνακα που περιέχει στις διάφορες θέσεις το **βήμα κβάντωσης**
- Όσο μικρότερο αυτό το βήμα τόσο καλύτερη η προσέγγιση στις τιμές του σήματος.
- Το JPEG κάνει κάτι ακόμη πιο αποδοτικό στο θέμα της κβαντοποίησης: χρησιμοποιεί **μεταβλητό βήμα** ανάλογα με το αν πρόκειται για συντελεστές χαμηλών ή υψηλών συχνοτήτων.



Κβαντοποίηση συντελεστών DCT

- Δύο διαφορετικοί πίνακες κβαντοποίησης.

1	1	1	1	1	2	2	4
1	1	1	1	1	2	2	4
1	1	1	1	2	2	2	4
1	1	1	1	2	2	4	8
1	1	2	2	2	2	4	8
2	2	2	2	2	4	8	8
2	2	2	4	4	8	8	16
4	4	4	4	8	8	16	16

Χαμηλή συμπίεση (βήματα κβαντοποίησης μικρά).

1	2	4	8	16	32	64	128
2	4	4	8	16	32	64	128
4	4	8	16	32	64	128	128
8	8	16	32	64	128	128	256
16	16	32	64	128	128	256	256
32	32	64	128	128	256	256	256
64	64	128	128	256	256	256	256
128	128	128	256	256	256	256	256

Ισχυρή συμπίεση (τα βήματα κβαντοποίησης είναι πολύ μεγαλύτερα).

- Τα βήματα μεγαλώνουν καθώς μετακινούμαστε στις υψηλότερες συχνότητες (κάτω δεξιά γωνία του πίνακα).



Κβαντοποίηση συντελεστών DCT

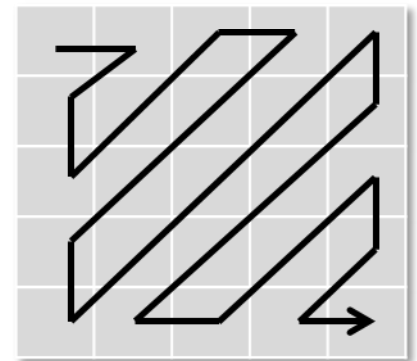
- Το αποτέλεσμα της διαίρεσης μπαίνει ως συντελεστής DCT στην αντίστοιχη θέση του νέου πίνακα που προκύπτει.
- Αυτή η διαδικασία ακριβώς προσδίδει τον απωλεστικό χαρακτήρα στο JPEG.

1012	295	78	31	8	2	1	0
393	125	54	14	5	2	0	0
160	76	13	5	1	0	0	0
64	25	9	2	0	0	0	0
11	3	1	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Φάση (γ): Συμπίεση εντροπίας

- Μετά τη κβαντοποίηση πολλοί από τους συντελεστές DCT έχουν μηδενιστεί.
- Για τη συμπίεση αυτών των δεδομένων το JPEG μπορεί να χρησιμοποιήσει κάποιον αλγόριθμο κωδικοποίησης εντροπίας, πχ. τον RLE (Run Length Encoding).
- Η σάρωση των συντελεστών του πίνακα γίνεται με μορφή ζιγκ-ζαγκ.

Κωδικοποίηση ζιγκ-ζαγκ



Βασικά χαρακτηριστικά του JPEG

- Βαθμός συμπίεσης
 - Επιτρέπει στην χρήστη να καθορίσει το βαθμό συμπίεσης.
- Μπορεί κανείς να επιλέξει τι τον εξυπηρετεί καλύτερα:
 - Μεγάλος βαθμός συμπίεσης (πχ. 50:1) με μειωμένη σχετικά ποιότητα εικόνας και μικρότερο μέγεθος αρχείου, ή
 - Μικρός βαθμός συμπίεσης (πχ. 10:1) με βελτιωμένη ποιότητα εικόνας και μεγαλύτερο μέγεθος αρχείου
- Διατήρηση πραγματικού χρώματος 24 bit
 - διατηρεί την χρωματική ποικιλία εικόνων με πραγματικό χρώμα σε αντίθεση με το GIF που χρησιμοποιεί μόνον 256 χρώματα.



Αναφορές

- [1] Havaldar, P., & Medioni, G. G. (2009). Multimedia Systems: Algorithms, Standards, and Industry Practices. CengageBrain. com.
- [2] Δημητριάδης, Σ., Τριανταφύλλου, Ε., & Πομπόρτσης, Α. (2003). Τεχνολογία Πολυμέσων: Θεωρία και Πράξη. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
- [3] [Online]. Available (2013, July 25): <http://bioacoustics.blogspot.gr/2012/10/making-square-out-of-circles.html>





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

