



## ΒΕΣ 04: Συμπίεση και Μετάδοση Πολυμέσων

Συμπίεση εικόνων:  
Το πρότυπο JPEG

---

---

---

---

---

---

---

---



## Περιεχόμενα

- Εισαγωγή
- Ο μετασχηματισμός DCT
- Το πρότυπο JPEG
  - Προετοιμασία εικόνας / μπλοκ
  - Ευθύς μετασχηματισμός DCT
  - Κβαντισμός
  - Κωδικοποίηση
  - Δημιουργία JPEG frame

---

---

---

---

---

---

---

---



## Βιβλιογραφία

- Halsall [2001]: Chapter 3, pp. 140-169
- Steinmetz [2002]: Chapter 7, pp. 120-135 [online]
- Image Compression, notes by Theodore Hong, IC, in [pdf]

---

---

---

---

---

---

---

---

## Εισαγωγή

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

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ο μετασχηματισμός DCT

- Ο διακριτός μετασχηματισμός συνημίτονου (Discrete Cosine Transform - DCT) για μια εικόνα  $N \times N$  pixels δίνεται από τη σχέση:

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

- $F(u, v)$  είναι ο DCT συντελεστής για τη χωρική συχνότητα  $(u, v)$
- $f(x, y)$  είναι η αρχική ένταση φωτεινότητας στη θέση  $(x, y)$
- $C(u, v)$  είναι ο παράγοντας κανονικοποίησης που ορίζεται ως:
  - $C(0, 0) = 1/N$
  - $C(0, v) = C(u, 0) = 1/(N\sqrt{2})$
  - $C(u, v) = 2/N, \quad u \neq 0, v \neq 0$
- **Προσοχή!** Ο πίνακας των χωρικών συχνοτήτων  $F(u, v)$  έχει τις ίδιες διαστάσεις με την αρχική εικόνα ( $N \times N$ )

---

---

---

---

---

---

---

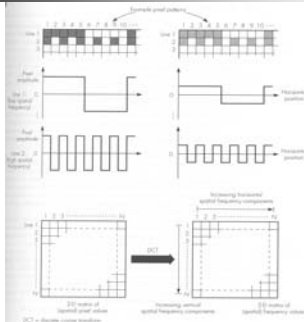
---

---

---

Μετασχηματισμός DCT =>

## Γενική Εικόνα




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Μετασχηματισμός DCT =>



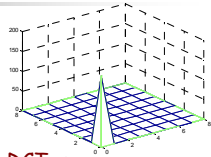
### Παράδειγμα (I): Ομοιόμορφη εικόνα

■ **Χωρική συχνότητα  $F(0,0)$ :**

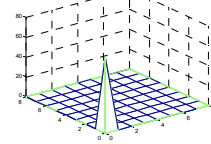
- Αντιπροσωπεύει τη μέση φωτεινότητα της εικόνας
- Η τιμή της μπορεί να είναι από  $F(0,0)=0$  (μαύρη εικόνα) έως  $F(0,0) = 255$  (λευκή εικόνα) όταν έχουμε αναπαράσταση 256 στάθμων φωτεινότητας ή χρωμάτων



Εικόνα



DCT =>



---

---

---

---

---

---

---

---

Μετασχηματισμός DCT =>



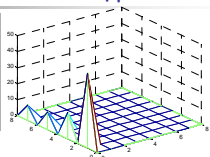
### Παράδειγμα (II): Μεταβολές της φωτεινότητας κατά την οριζόντια κατεύθυνση μόνο

■ **Οριζόντιες χωρικές συχνότητες  $F(0,y)$ :**

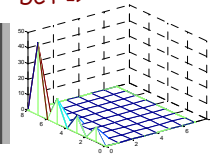
- Όσο ταχύτερα μεταβάλλεται η φωτεινότητα κατά την οριζόντια κατεύθυνση τόσο γίνονται ισχυρότερες οι μεγάλες χωρικές συχνότητες (π.χ.  $F(0,7)-F(0,1)$ )



Εικόνα



DCT =>



---

---

---

---

---

---

---

---

Μετασχηματισμός DCT =>



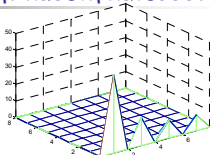
### Παράδειγμα (III): Μεταβολές της φωτεινότητας κατά την κάθετη κατεύθυνση μόνο

■ **Οριζόντιες χωρικές συχνότητες  $F(u,0)$ :**

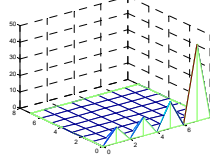
- Όσο ταχύτερα μεταβάλλεται η φωτεινότητα κατά την οριζόντια κατεύθυνση τόσο γίνονται ισχυρότερες οι μεγάλες χωρικές συχνότητες (π.χ.  $F(7,0)-F(1,0)$ )



Εικόνα



DCT =>



---

---

---

---

---

---

---

---

Μετασχηματισμός DCT =>

### Παράδειγμα (IV): Μεταβολές της φωτεινότητας και κατά τις δύο κατευθύνσεις

**Εικόνα**

**DCT =>**

---

---

---

---

---

---

---

---

### Το πρότυπο JPEG

- Πέντε βασικά στάδια:
  - Προετοιμασία εικόνας / μπλοκ
  - Ευθύς μετασχηματισμός DCT
  - Κβαντισμός
  - Κωδικοποίηση εντροπίας
  - Δημιουργία Frame (πλαίσιου)

---

---

---

---

---

---

---

---

Το πρότυπο JPEG =>

### Προετοιμασία εικόνας / μπλοκ

- Προετοιμασία εικόνας:
  - Τα διάφορα χρωματικά κανάλια (π.χ. R,G,B ή Y, C<sub>b</sub>, C<sub>r</sub>) κωδικοποιούνται ως διαφορετικές εικόνες
- Προετοιμασία μπλοκ
  - Η εικόνα χωρίζεται σε μπλοκ 8x8 pixels έκαστο
  - Τα μπλοκ μεταδίδονται με πρώτο το πάνω αριστερά και τελευταίο το κάτω δεξιά

---

---

---

---

---

---

---

---

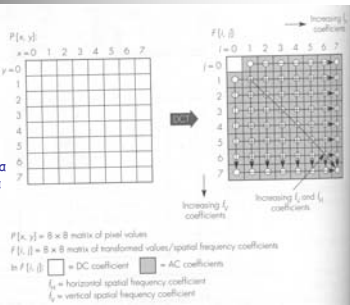
Το πρότυπο JPEG =>



## Ευθύς μετασχηματισμός DCT

- Σε κάθε μπλοκ εφαρμόζεται μετασχηματισμός DCT:

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




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

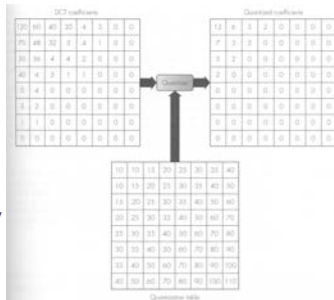
Το πρότυπο JPEG =>



## 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
- Όσο μικρότερος είναι ο αντίστοιχος συντελεστής στον πίνακα κβαντισμού τόσο μεγαλύτερη θεωρείται η διακριτική ικανότητα του ματιού στη συγκεκριμένη συχνότητα




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

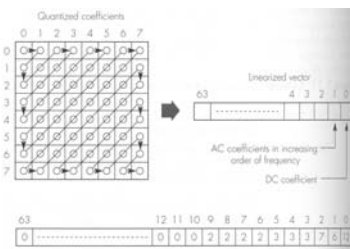
Το πρότυπο JPEG =>



## Κωδικοποίηση

- Η κωδικοποίηση περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Διανυσματοποίηση του μπλόκ από τους κβαντισμένους συντελεστές με zig-zag scanning
- Διαφορική κωδικοποίηση 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




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

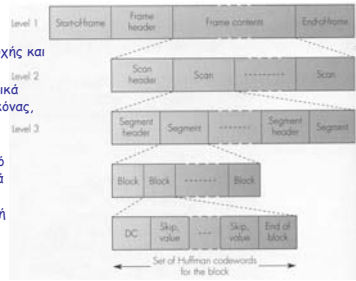
Το πρότυπο JPEG =>



## Δημιουργία JPEG frame

### ■ Δημιουργία frame:

- Προσθήκη ένδειξης αρχής και τέλους frame
- Επικεφαλίδες (χρωματικά κανάλια, διαστάσεις εικόνας, κλπ)
- Περιεχόμενα εικόνας (πολυπλεξία μπλοκ από διαφορετικά χρωματικά κανάλια ώστε να επιτυγχάνεται σταδιακή αποκωδικοποίηση)
- Δεδομένα των μπλοκ



---

---

---

---

---

---

---

---

Το πρότυπο JPEG =>



## Επεκτάσεις του βασικού JPEG

### ■ Προοδευτική κωδικοποίηση (Progressive mode)

- Δημιουργήθηκε για την μετάδοση εικόνας σε πραγματικό χρόνο (streaming).
- Οι συντελεστές DCT των μπλοκ μεταδίδονται σε πολλαπλά «περάσματα» της εικόνας αρχίζοντας από τους DC συντελεστές.
- Με κάθε πέρασμα ο αποκωδικοποιητής μπορεί να παράγει μια υψηλότερης ποιότητας εκδοχή της εικόνας, οπότε μια προεκδοχή της μπορεί να σταλεί γρήγορα και να αποφασίσει ο χρήστης που την λαμβάνει εάν θέλει να την αφήσει να ολοκληρωθεί και να βελτιωθεί σε ποιότητα.

### ■ Ιεραρχική κωδικοποίηση (Hierarchical mode)

- Η εικόνα αναπαριστάται σε διαφορετικές αναλύσεις. Έτσι, μια ανάλυση της εικόνας που θέλουμε να επεξεργαστούμε θα μπορούσε να είναι 256 x 256, μια άλλη 512 x 512 και μια άλλη 1024 x 1024.
- 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.

---

---

---

---

---

---

---

---

Το πρότυπο JPEG => Επεκτάσεις του βασικού JPEG =>



## Ιεραρχική κωδικοποίηση (Hierarchical mode)



Ανάλυση 128x128



Ανάλυση 256x256



Ανάλυση 512x512

---

---

---

---

---

---

---

---