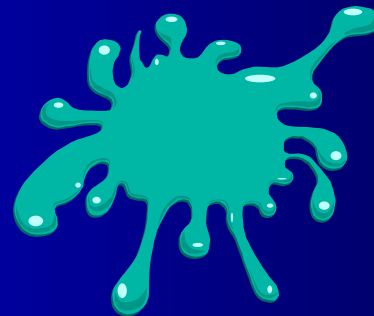


## ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

### «Compressed Image File Formats»

Παρουσίαση των γνωστότερων τύπων αρχείων εικόνας που χρησιμοποιούνται σήμερα στο Internet.



## ΓΕΝΙΚΟ ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ

- ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
- ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ
- ΜΟΡΦΕΣ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ Ή ΒΑΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ
- ΑΠΛΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ
- ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΑ
- ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ
- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

**Βασική ιδέα:** απεικόνιση A στο B ( $|A| > |B|$ ), με πιθανή απώλεια πληροφορίας.

### Συμπίεση:

- Χωρίς απώλεια πληροφορίας: εκμετάλλευση χαρακτηριστικών των δεδομένων.
- Με απώλεια πληροφορίας: αποδοχή παραμόρφωσης ή απώλειας πληροφορίας.

### Απαιτήσεις:

- Το σύνολο δεδομένων B να έχει συνολικά μικρότερο μήκος σε σχέση με τα δεδομένα στο αρχικό σύνολο A.
- Η απεικόνιση «συμπίεσης» να είναι αντιστρεπτή, δηλαδή να υπάρχει η αντίστοιχη αντίστροφη απεικόνιση «αποσυμπίεσης».

### Θεωρητικό όριο συμπίεσης:

**ΕΡ:** Για συγκεκριμένο συμπιεστή, ποια η καλύτερη πιθανή συμπίεση χωρίς απώλεια πληροφορίας?

**ΑΠ:** ΔΕΝ υπάρχει συμπιεστής χωρίς απώλειες που να μπορεί σίγουρα να συμπιέσει όλα τα δυνατά τυχαία strings.

**ΕΡ:** Για συγκεκριμένο string πληροφορίας, ποια η καλύτερη δυνατή συμπίεσή του χωρίς απώλειες?

**ΑΠ:** Μερικά strings δεν είναι δυνατό να συμπιεστούν χωρίς απώλεια πληροφορίας. Αυτό ισχύει πάντα στις περιπτώσεις ήδη συμπιεσμένων strings, τα οποία δεν είναι δυνατό να συμπιεστούν περαιτέρω.

## ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

**Αρχεία εικόνων:** ψηφιακή αναπαράσταση εικόνων του πραγματικού κόσμου, με αντιστοίχιση στοιχειώδους φάσματος των πραγματικών χρωμάτων σε ακέραιες τιμές.

### Ψηφιακές εικόνες:

- Raster: απεικόνιση επίπεδης εικόνας με πίνακα pixels.
- Vector: απεικόνιση γραφημάτων με μορφή διανυσμάτων.
- Άλλη ενδιάμεση μορφή (PostScript, κτλ.)

**Συμπίεση:** εκμετάλλευση φυσικών ιδιοτήτων του ανθρώπινου ματιού χαρακτηριστικών της ψηφιακής εικόνας επιλογών σχετικά με την πιστότητα, το βάθος χρώματος, την ποιότητα κτλ.

*Ανθρώπινο μάτι:  $1,5 \times 10^6$  διαβαθμίσεις χρώματος (24-bit value) ευαισθησία στη φωτεινότητα παρά στο χρώμα*

### Γενική μορφή αλγορίθμων συμπίεσης εικόνας:

- Μετασχηματισμός: μετασχηματισμός των δεδομένων μέσω ενός συνόλου συναρτήσεων.
- Κβαντοποίηση: απεικόνιση του συνόλου των τιμών εισόδου σε ένα μικρότερο σύνολο τιμών εξόδου.
- Κωδικοποίηση: κωδικοποίηση των κβαντωμένων συντελεστών.

*Ποιότητα (συμπιεσμένης) εικόνας: καθορίζεται από τον βαθμό συμπίεσης*

### Κβαντοποίηση χρωμάτων (color quantization):

- επιλογή συνόλου αντιπροσωπευτικών χρωμάτων και αντιστοίχιση (mapping) των χρωμάτων της αρχικής εικόνας σε αυτά.
- προφανώς απώλεια πληροφορίας.
- δεν υπάρχει αλγόριθμος για βέλτιστη κβαντοποίηση οποιασδήποτε εικόνας.

### Αλγόριθμοι κωδικοποίησης:

#### Κωδικοποίηση Huffman

- Στατιστική τεχνική
- Κωδικοποίηση μέσω δομής δυαδικού δένδρου.

#### Σχήματα-παραλλαγές:

- Bottom-up: τοποθέτηση των συμβόλων σε σειρά με βάση την πιθανότητα (συχνότητα) εμφάνισης και διαδοχικός συνδυασμός δύο συμβόλων με την πιο χαμηλή πιθανότητα.
- Top-down (Shannon-Ferno): συνεχής διαίρεση του συνόλου των συμβόλων σε δύο ίσα (περίπου) υποσύνολα με βάση την πιθανότητα εμφάνισης κάθε συμβόλου, μέχρι τα υποσύνολα να είναι της τάξης του ενός συμβόλου.

## Αριθμητική κωδικοποίηση (arithmetic coding)

- Βασική ιδέα: αντιστοίχιση ενός αριθμού σε ένα διάστημα πραγματικών τιμών από 1 ως 0.
- Μήνυμα μεγαλώνει διάστημα μικραίνει τα bits που το περιγράφουν αυξάνουν.
- Πιο πιθανά σύμβολα ελαττώνουν λιγότερο το διάστημα και έτσι προσθέτουν λιγότερα bits.

### Μοντέλα υλοποίησης:

- Στατικό μοντέλο υλοποίησης: χρησιμοποιεί προϋπολογισμένο πίνακα συχνοτήτων εμφάνισης των συμβόλων.
- Δυναμικό μοντέλο υλοποίησης: ο πίνακας συχνοτήτων εμφάνισης υπολογίζεται κατά την επεξεργασία του μηνύματος.
- Επέκταση μοντέλου: αλυσίδες Markov και pattern matching για παράθυρα μήκους  $N$  (μεγάλες απαιτήσεις σε χρόνο και χώρο).



### Συμπίεση με αντικατάσταση/Λεξικογραφική

- Βασική ιδέα: Αντικατάσταση μιας «φράσης» (string δεδομένων) από μια αναφορά (indexing) σε προηγούμενη εμφάνιση αυτής.

### Σχήματα-παραλλαγές (Jacob Ziv-Abraham Lempel):

- LZW (Terry Welch): εισαγωγή πρωτοεμφανιζόμενων φράσεων σε ένα λεξικό και αντικατάσταση επόμενων εμφανίσεων με αναφορές στο λεξικό.
- LZ77: χρησιμοποίηση *look-ahead buffer* (N-byte window) και εκτέλεση *pattern-matching* μέγιστου μήκους στα τα δεδομένα εισόδου, για δημιουργία αναφορών στο λεξικό.

## ΜΟΡΦΕΣ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ Ή ΒΑΣΙΚΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

### Αρχεία BMP

Bitmap (raw data) αρχεία

**Παραλλαγές:** MS-Windows BMP, IBM-OS/2 BMP

### Μορφή αποθήκευσης:

- απλή RGB (red-green-blue values)
- συμπιεσμένη με μορφή RLEx (run-length encoding: αντικατάσταση συνεχόμενων τιμών με index-counters).

### **Αρχεία WMF**

Αρχεία αποθήκευσης εντολών σχεδίασης (GDI/DC commands)

**Βασική ιδέα:** αποθήκευση όχι του ίδιου του γραφικού αλλά του συνόλου εντολών που το σχεδίασε.

**Σκοπός:** οικονομία χώρου και τη συνέπεια στην παρουσίαση.

**Κατάλληλο:** για σχεδιασμένα γραφικά (όχι για εικόνες) και για την επικοινωνία μεταξύ πολλών εφαρμογών (DDE).

### **Αρχεία DIB**

Απεικόνιση ανεξάρτητη συσκευής (device-independent bitmap)

**Μορφή:** βασικό BMP-RGB format, χωρίς συμπίεση.

**Χρησιμότητα:** παραλλαγή των κλασικών bitmaps (BMP) για ενιαία αναπαράσταση σε οποιαδήποτε γραφική συσκευή (οθόνη, εκτυπωτή, κτλ.).

## ΑΠΛΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

### Αρχεία MAC

MacPaint αρχεία γραφικών, 1-bit χρώματος (άσπρο-μαύρο).

**Μορφή:** η εικόνα έχει προκαθορισμένες διαστάσεις (576x720), με αναπαράσταση 1-bit ανά pixel.

**Συμπίεση:** συνδυασμός τεχνικών RLE και indexing.

**Χρησιμότητα:** κατασκευασμένα εν γένει για ασπρόμαυρα γραφικά, δεν χρησιμοποιούνται πλέον παρά ως εσωτερικό αντικείμενο σε συστήματα Macintosh.

### Αρχεία IMG/GEM

Βελτιωμένη έκδοση του MacPaint (Vectura-Digital Research).

**Μορφή:** παρόμοια υλοποίηση με τα αρχεία MacPaint, με μεταβλητό όμως μέγεθος εικόνας.

**Συμπίεση:** συμβατή με τεχνικές RLE.

**Χρησιμότητα:** Desktop publishing (παλαιότερα), εναλλακτική λύση αντί των κλασικών αρχείων MacPaint.

### Αρχεία PIC

Μορφή αριθμητικής κωδικοποίησης (radiance-based render file).

**Μορφή:** η RGB πληροφορία του χρώματος κωδικοποιείται σε μια τριάδα floating-point αριθμών με κοινό συντελεστή εκθέτη (exponent), δημιουργώντας συνολικά ένα block 4 bytes για κάθε pixel.

**Συμπίεση:** γίνεται χρησιμοποιώντας τεχνικές RLE.

## ΔΙΑΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΑ

### ΤΥΠΟΙ ΑΡΧΕΙΩΝ:

- TIFF
- PCX
- GIF
- JPEG
- JBIG

## ΑΡΧΕΙΑ TIFF

TIFF (Tagged Image File Format): *Γενικευμένο format αρχείων για εικόνες μεταβλητού μεγέθους, ασπρόμαυρες ή έγχρωμες (24-bit).*

### Πλεονεκτήματα:

- *Εύκολη μεταφορά σε διαφορετικά συστήματα*
- *Εξελιγμένοι αλγόριθμοι συμπίεσης*
- *Μεγάλη ευελιξία, γενικευμένη χρησιμότητα.*

### Μειονεκτήματα:

- *Πολυπλοκότητα επεξεργασίας*

**Μορφή:** ευέλικτη υλοποίηση dictionary-based κωδικοποίησης με χρήση ετικετών-πεδίων (tags) αριθμητική κωδικοποίηση σε κάθε block δεδομένων.

**Συμπίεση:**

- δυναμικός καθορισμός (μέσω tag)
- δυνατότητα πολλαπλών επιπέδων συμπίεσης (CCITT Huffman encoder/decoder)

**Χρησιμότητα:** εφαρμόστηκε παλαιότερα ως ενιαίο format ανταλλαγής εικόνων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων, καθώς και ως ευρύτατα χρησιμοποιούμενου format αρχείων εφαρμογών (προεπισκόπηση αρχείων PostScript).



## ΑΡΧΕΙΑ PCX

PCX (ZSoft): Δημοφιλές format εικόνων για εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας.

### Μορφή:

- εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το σύστημα (hardware)
- αποτελείται από μια ομάδα παραλλαγών
- χρησιμοποιούνται «παλέτες» (palettes)
- πολλαπλά επίπεδα (planes) αποχρώσεων

### Συμπίεση:

- ιδιόμορφο σχήμα συμπίεσης βασισμένο σε τεχνικές RLE
- ελαφρώς πιο πολύπλοκος αλγόριθμος για βελτίωση του ρυθμού αποσυμπίεσης
- διαφοροποίηση ανάλογα με το βάθος χρώματος, την παλέτα χρωμάτων, τα απαιτούμενα επίπεδα (planes) απόχρωσης, κτλ.

### Χρησιμότητα:

Ευρέως διαδεδομένο format αρχείων εικόνας για χρήση σε πολλές εφαρμογές. Σήμερα έχει εγκαταληφθεί λόγω της χαμηλής απόδοσης (συμπίεση, χρωματική απόδοση, εξειδίκευση σεh/w).

## ΑΡΧΕΙΑ GIF

GIF (CompuServe): Μαζί με τα αρχεία JPEG και τις παραλλαγές τους, τα πιο διαδεδομένα formats εικόνων στο Internet.

### Χαρακτηριστικά:

- «public domain» format
- μεταφορά αρχείων εικόνων σε διαφορετικά συστήματα
- μετάδοση μέσω επικοινωνιακών συνδέσεων
- αποδοτικά από άποψη ποιότητας και χρωματικής απόδοσης

### Μορφή:

- επιτρέπει την αποθήκευση πολλών εικόνων στο ίδιο αρχείο
- animated GIFs
- transparent background
- interlaced scanlines
- επιπλέον μετα-πληροφορίες παρουσίασης και συμπεριφοράς, σχολίων, κτλ.
- συνδυασμός ενός global color table και πολλών local color tables

### Συμπίεση:

- σχήμα συμπίεσης βασισμένο σε κάποια παραλλαγή της οικογένειας αλγορίθμων LZW
- χρησιμοποιείται 12-bit συμπίεση, με πίνακα συμβόλων μήκους 4096
- δυναμική αρχικοποίηση του πίνακα συμβόλων, με ανακατασκευή του ανά τακτά διαστήματα
- συμπίεση δεδομένων χωρίς απώλεια πληροφορίας

### Χρησιμότητα:

- δεύτερο ευρύτατα χρησιμοποιούμενο στο Internet, μετά τα JPEGs.
- αξιοποίηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους (animated & transparent GIFs) σε εφαρμογές WWW.

*Τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι τα GIF87a και GIF89a.*

## ΑΡΧΕΙΑ JPEG

JPEG: Joint Photographic Experts Group' (Baseline JPEG/Progressive JPEG)

### Χρήση του JPEG:

- Μικρές διαφορές στο χρώμα γίνονται λιγότερο αντιληπτές (από τον άνθρωπο) από ότι διαφορές στην ένταση (φωτεινότητα). Γι' αυτό το JPEG είναι καλό για συμπίεση εικόνων που θα χρησιμοποιήσουν άνθρωποι.
- Χρησιμοποιείται για «φυσικές» εικόνες (π.χ. φωτογραφίες)
- Όχι τόσο καλό για απλά γραφικά (γραμμικό σχέδιο), cartoons κ.λ.π.

### Συμπίεση εγχρώμων:

- 24 bits/pixel (8 bits/color sample [RGB]) για RGB εικόνες με 16M χρώματα
- 32 bits/pixel για CMYK εικόνες

### Συμπίεση grayscale:

- 8 bits/pixel (256 χρώματα)
- *Επέκταση:* 12 bits/sample για μεγαλύτερη ακρίβεια (π.χ. ιατρικές grayscale εικόνες).

### Διαδικασία συμπίεσης JPEG:

1. Αρχική είσοδος (δημιουργία blocks των 8x8 pixels).
2. Διακριτός Μετασχηματισμός Fourier DCT (συνημιτόνου) για κάθε στοιχείο σε ένα block (απομάκρυνση πλεονάζουσας πληροφορίας).
3. Κβαντοποίηση συντελεστών Fourier (*εδώ γίνεται η μεγαλύτερη απώλεια*).
4. Κωδικοποίηση αποτελεσμάτων κβαντοποίησης (Huffman - Αριθμητική κωδικοποίηση)

### Παρατήρηση: Αριθμητική κωδικοποίηση

- δημιουργεί μικρότερα αρχεία (5-10% μικρότερο από Huffman)
- δεν υποστηρίζεται από τον βασικό (baseline) αλγόριθμο JPEG
- είναι αργότερη σε κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση

### **Υπάρχει απώλεια πληροφορίας:**

- Η αποσυμπιεσμένη εικόνα δεν είναι ακριβώς ίδια με την αρχική. (Παρόλο που αυτό μπορεί να μην είναι ορατό στο μάτι).

### **Υπάρχει και JPEG χωρίς απώλεια:**

- Συμπιέζει εικόνα από 2-16 bits/pixel μόνο περίπου 2:1.
- Σύγκριση κάθε pixel με τα γειτονικά του (το πολύ 3) για δημιουργία μίας πρόβλεψης.
- Συλλογή και συμπίεση των προβλέψεων όλων των pixels (π.χ. Huffman).

### **Ειδικά χαρακτηριστικά του JPEG:**

- Δυνατότητα trade-off μεταξύ μεγέθους αρχείου / ποιότητας ανάλυσης
- Δυνατότητα trade-off (κατά την αποσυμπίεση) μεταξύ ταχύτητας αποσυμπίεσης/ ποιότητας

**Βαθμός Συμπίεσης:**

- JPEG παρέχει δυνατότητα συμπίεσης από 10:1 έως 20:1 έγχρωμης εικόνας ( ενώ GIF 5:1) χωρίς ορατή απώλεια, από 30-50:1 με εμφανή απώλεια και μέχρι 100:1 για εικόνα χαμηλής ποιότητας.
- Grayscale εικόνα συμπιεσμένη με JPEG είναι μέχρι 5:1 (όριο ορατής απώλειας).

**Προβλήματα/Αδυναμίες του JPEG:**

- Πρόβλημα με απότομες ακμές.
- Ποτέ JPEG για εικόνες 2 χρωμάτων (1 bit/pixel). Το ελάχιστο 16 αποχρώσεις.
- Όχι καλή συμπίεση σε εικόνες που περιέχουν μεγάλες περιοχές του ίδιου χρώματος.
- Δύσκολη και σχετικά αργή υλοποίηση μόνο σε software.
- Παρουσιάζονται «τετραγωνισμένες» εικόνες σε μεγάλη συμπίεση (επειδή αρχική εικόνα διαρείται σε blocks των 8x8 pixels στα οποία εφαρμόζεται ο DCT).
- Κβαντοποίηση χρωμάτων: Επηρεάζει πολύ το αποτέλεσμα της συμπίεσης (περισσότερο από το βασικό JPEG αλγόριθμο).
- Δημιουργείται συσσώρευση απώλεια πληροφορίας σε διαδοχικές συμπιέσεις/αποσυμπιέσεις.

### **Χρήση FPU (Floating Point Unit)/ DSP (Digital Signal Processing ) chip:**

- FPU: Δεν βελτιώνει (περισσότερες πράξεις είναι μεταξύ ακεραίων), ενώ
- DSP: Μπορεί να επιφέρει *μεγάλη ταχύτητα* (ιδανικό για επαναληπτικές πράξεις μεταξύ ακεραίων).

### **Προοδευτικό (Progressive) JPEG:**

Η εικόνα παρουσιάζεται σε πολλά επίπεδα ανάλυσης (ουσιαστικά καμμία διαφορά ποιότητας ή μεγέθους από το Baseline JPEG).



## ΑΡΧΕΙΑ JBIG

### JBIG: Joint Bi-level Experts Group

- *Πολύ καλή συμπίεση χωρίς απώλειες bi-level (1 bit/pixel) εικόνων.*
- *Συσχετισμός μεταξύ των pixels της εικόνας για απομάκρυνση πλεονάζουσας πληροφορίας.*
- *Χρησιμοποιείται και σε grayscale και εγχρωμες εικόνες (εφαρμόζεται ξεχωριστά για κάθε επίπεδο bits).*

### **Βασικά χαρακτηριστικά αλγορίθμου:**

- Συμβατή προοδευτική/σειριακή συμπίεση.
- Συμπίεση χωρίς απώλειες.
- Συμπίεση: Τελικά γίνεται με βάση πιθανότητα εμφάνισης pixel (σαν Huffman)

### **Προοδευτική συμπίεση:**

- Εικόνα λαμβάνεται με διαδοχική αυξανόμενη ανάλυση.
- Το JBIG σε κάθε βήμα διπλασιάζει ανάλυση.

### **Συμβατή προοδευτική/σειριακή κωδικοποίηση:**

- Εικόνα χωρίζεται σε λουρίδες (οριζόντια)
- Από προοδευτική συμπίεση σε σειριακή αποσυμπίεση: Κάθε λουρίδα ξεχωριστά (στην καλύτερη ανάλυση).
- Προοδευτική αποσυμπίεση Όλες λουρίδες μαζί σε αυξανόμενα επίπεδα ανάλυσης

### **Δυνατότητες του JBIG:**

- Δίνει δυνατότητα αποθήκευσης εικόνων σε πολλά αντίγραφα διαφορετικών αναλύσεων (χωρίς έξτρα κόστος αποθήκευσης).

## ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

### ΕΙΔΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ:

- IFS - FRACTALS
- ANNs - ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
- BTPC - BINARY TREE PREDICTIVE CODING
- WAVELETS

## ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΜΕΣΩ FRACTALS

### IFS - Iterated Function Systems (Επαναληπτικά συστήματα):

- Συνάρτηση που αντιστοιχεί μία αρχική είσοδο τελικά σε μία έξοδο. Σε διαδοχικές επαναλήψεις, η προηγούμενη έξοδος ξαναδίνεται σαν είσοδος (feedback) στην συνάρτηση.
- *Ιδιότητα της σύγκλισης:* Έξοδος πάντα μικρότερη από την είσοδο. *Μοναδικό σημείο σύγκλισης (είσοδος = έξοδος) ανεξάρτητο από την αρχική είσοδο.*

### Συμπίεση με χρήση fractals:

- Τα fractals που χρησιμοποιούνται είναι IFS.
- Συμπίεση με απώλεια πληροφορίας.
- Μεγάλες δυνατότητες στην βελτιστοποίηση της ανάλυσης.
- Αργή συμπίεση, γρήγορη αποσυμπίεση.
- Πατενταρισμένη τεχνολογία.
- Για δύο διαστάσεις: Εύρεση κατάλληλων IFS (έχουν βρεθεί IFS που με απλούς γραμμικούς μετασχηματισμούς μετατρέπουν απλά γεωμετρικά σχήματα, όπως τετράγωνα, σε εικόνες που μοιάζουν με φύλλα, νιφάδες χιονιού κ.λ.π)
- Τελικά είναι μία προηγμένη μορφή παρεμβολής.

### Η Βασική Ιδέα για την εκμετάλλευση των ιδιοτήτων των IFS:

- Να βρεθεί IFS του οποίου το σημείο σύγκλισης να μοιάζει με μία τυχαία δοθείσα αρχική εικόνα. Αυτό θα σημαίνει ότι η εικόνα είναι όμοια προς τον εαυτό της, δηλαδή μικρά τμήματα της εικόνας μοιάζουν με μεγαλύτερα τμήματα της ίδιας εικόνας (*fractal* εικόνες).
- Πολλές φυσικές εικόνες έχουν αυτή την ιδιότητα (πχ. μία εικόνα με σύννεφα)
- Μπορεί να βρεθεί IFS που να δημιουργεί την εκτίμηση μίας εικόνας (μία εικόνα όμοια περίπου αυτήν που θέλουμε) χρησιμοποιώντας λίγους μετασχηματισμούς.

### PIFS (Partitioned IFS) - IFS με τμηματοποίηση:

- Χρήση των IFS σε συνδυασμό με το γεγονός ότι μία εικόνα μπορεί να αποτελείται από διαφορετικές περιοχές (π.χ. μία εικόνα του ουρανού αποτελείται από τμήματα με σύννεφα και τμήματα με καθαρό ουρανό).
- Χωρισμός εικόνας σε τμήματα (π.χ. τμήματα-γονείς των 8x8 pixels και τμήματα-παιδιά των 4x4 pixels).
- Σύγκριση τμημάτων-παιδιών με τμήματα-γονείς για εύρεση εκείνων με τις περισσότερες ομοιότητες).

**Βαθμός Συμπίεσης με χρήση fractals:** από 4:1 - 100:1, ενώ γενικότερα έγχρωμη εικόνα συμπιέζεται καλύτερα από grayscale (με ίδιες τις άλλες παραμέτρους).

## ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

### Γιατί νευρωνικά δίκτυα;

- Προσπάθεια προσομοίωσης του ανθρώπου (το μάτι συμπιέζει 100 φορές τις εικόνες που δέχεται πριν τις μεταδώσει στον εγκέφαλο).
- Προσομοιάζουν τον εγκέφαλο, άρα μπορούν να απορρίπτουν τις πληροφορίες που δεν γίνονται αντιληπτές στον εγκέφαλο.

### Τύπος νευρωνικού δικτύου:

- Νευρώνες εισόδου όσοι και εξόδου και *περισσότεροι* από νευρώνες κάθε κρυμμένου επιπέδου.
- $N$  είναι οι νευρώνες εισόδου και εξόδου,  $M$  είναι οι νευρώνες κάθε κρυμμένου στρώματος (με  $M < N$ ). Βαθμός συμπίεσης ορίζεται ως  $M:N$ .
- Συμπίεση από στρώμα είσοδου στα κρυμμένα (*ακριβώς επειδή  $M < N$* ), αποσυμπίεση από τα κρυμμένα στρώματα στο στρώμα εξόδου.

### Διαδικασία:

1. Διαίρεση εικόνας εισόδου σε τμήματα  $8 \times 8$  pixels.
2. Κάθε τμήμα δίνεται σαν είσοδος στο νευρωνικό δίκτυο.
3. Μάθηση με εποπτεία.

### Υπάρχει απώλεια πληροφορίας κατά την συμπίεση:

- Συμπίεση: Είσοδος  $N$  ακέραιοι (pixels) - Έξοδος κρυσταλλοποιημένου στρώματος  $M$  πραγματικοί αριθμοί.
- Γίνεται κβαντοποίηση τιμών. Κάθε πραγματική τιμή αντιστοιχίζεται σε ένα πεδίο τιμών (ομαδοποίηση). Κάθε πεδίο κωδικοποιείται με μία ακέραια τιμή.

### Σχετικά με έγχρωμη συμπίεση (pixels με χρώματα - RGB)

Ένα δίκτυο εκπαιδεύεται στο να «μαντεύει» τις τιμές των δύο χρωμάτων του pixel δοθείσας της τρίτης .

### Συμπεράσματα:

- Για grayscale εικόνες συμπίεση μέχρι 250:1
- Για έγχρωμες, κοντά στο JPEG
- Νευρωνικά δίκτυα είναι γρήγορα και αποδοτικά
- Σε μία εργασία αποδεικνύεται ότι μπορεί να επιτευχθεί συμπίεση μέχρι 250:1

## BPTC: BINARY TREE PREDICTIVE CODING

- Συμπίεση εγχρώμων και grayscale εικόνων
- Συμπίεση με ή και χωρίς απώλεια πληροφορίας
- Αποτελεσματικό τόσο για φωτογραφίες όσο και για γραφικά
- *Κατάλληλο για συμπίεση εικόνων που εμπεριέχουν δύο ή περισσότερα διαφορετικά οπτικά αντικείμενα (όπως κείμενο με εικόνα, φωτογραφία με γραπτά σχόλια).*
- Δυνατότητα συμπίεσης κατώτερη ή ίση του GIF με μη εμφανή απώλεια για grayscale.
- Δυνατότητα συμπ. καλύτερη του JPEG σε όλες περίπου τις εικόνες και **πολύ** καλύτερη στα γραφικά.
- Συμπίεση χωρίς απώλεια για έγχρωμες εικόνες έχει μεγαλύτερο κόστος από GIF.



## ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΜΕΣΩ WAVELETS

Υπάρχουν δύο είδη μετασχηματισμών (2ο Βήμα Στην Γενική Μεθοδολογία Συμπίεσης Εικόνας):

1. Κλασσική Fourier ανάλυση (π.χ. Discrete Cosine Transform σε JPEG)
2. Wavelet μετασχηματισμός

### Wavelets:

- Αντίστοιχα με συναρτήσεις ημιτόνου/συνημιτόνου στον Fourier μετασχηματισμό (μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν βάση για να περιγράψουν άλλες συναρτήσεις).
- Απαίτηση: Το βασικό wavelet (βασικής συχνότητας) έχει ολοκλήρωμα 0, παλινδρομώντας πάνω και κάτω από τον άξονα των (x).

### Διαφορές μεταξύ Fourier/Wavelets:

- Fourier έχει μεγάλη πολυπλοκότητα.
- Wavelets έχουν μικρότερη πολυπλοκότητα και δεν παρουσιάζουν το φαινόμενο των «τετραγωνισμένων» εικόνων.
- Μία εικόνα που έχει διαφορετική λεπτομέρεια σε διαφορετικές περιοχές μπορεί να συμπιεστεί καλύτερα, χωρίς το παραπάνω φαινόμενο.
- Πολλά είδη εικόνων μπορούν να παρουσιαστούν με πιο συμπαγή τρόπο χρησιμοποιώντας wavelets.
- Εικόνες με ασυνέχειες ή πολύ «μυτερές» ακμές συμπιέζονται σε καλή ποιότητα και με λιγότερο υπολογιστικό κόστος με wavelets.
- Συμπίεση με wavelets είναι πιο κοντά στην ανθρώπινη αντίληψη (για ίδιο βαθμό συμπίεσης με Fourier, οι αποσυμπιεσμένες εικόνες φαίνονται καλύτερες στον άνθρωπο).

## ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

**Σχετικά με μεθόδους συμπίεσης με απώλεια πληροφορίας (όπως JPEG):**

- Διαδοχική συμπίεση και αποσυμπίεση έχει σαν αποτέλεσμα *συσσώρευση* απώλειας πληροφορίας.
- Το ανθρώπινο μάτι είναι πιο ευαίσθητο σε αλλαγές φωτεινότητας από ότι σε αλλαγές χρώματος. Επομένως μπορεί να γίνει πιο αποδεκτή κάποια απώλεια χρωματικής πληροφορίας χωρίς εμφανείς αλλοιώσεις.

**Σχετικά με Huffman / Shannon-Ferno / Αριθμητική κωδικοποίηση:**

- Huffman: Εύκολη υλοποίηση αλλά καλά αποτελέσματα μόνο όταν υπάρχουν σειρές με επανάληψη των ίδιων συμβόλων.
- Huffman & Shannon-Ferno: Οι δύο μέθοδοι είναι βέλτιστες όταν οι πιθανότητες εμφάνισης των συμβόλων είναι δυνάμεις του 2.
- Αντίθετα, η Αριθμητική κωδικοποίηση πετυχαίνει ίδια αποτελέσματα σε κάθε περίπτωση.

### Σύγκριση JPEG / GIF:

- Λόγος δυνατότητας συμπίεσης JPEG:GIF είναι 4:1.
- JPEG καλύτερο για έγχρωμη φωτογραφία *(με απώλεια)*.
- GIF καλύτερο για απλά γραμμικά σχέδια ή εικόνες με λίγα και διακριτά μεταξύ τους χρώματα *(χωρίς απώλεια)*.
- JPEG αποσυμπίεση πιο αργή από GIF.
- JPEG αποθηκεύει 24 bits/pixel (16 εκατομμύρια χρώματα) ενώ GIF 8 bits/pixel (256 ή λιγότερα)
- Ο LZW αλγόριθμος συμπίεσης που χρησιμοποιεί το GIF δεν είναι καλός για σκαναρισμένες φυσικές φωτογραφίες.
- GIF χωρίς απώλεια για μέχρι 256 αποχρώσεις του γκριζου ενώ JPEG με απώλεια.
- Μετατροπή από GIF σε JPEG δεν δίνει ποτε καλύτερη ανάλυση από απευθείας μετατροπή 24-bit εικόνας σε JPEG.

### Σύγκριση Binary Trees Predictive Coding με JPEG / GIF:

- JPEG καλό για συμπίεση εγχρωμών εικόνων (με απώλεια), GIF καλό για γραφικά (χωρίς απώλεια), ενώ BTPC καλό και για εικόνες και για γραφικά (με χρώμα ή όχι), με ή και χωρίς απώλεια.
- *BTPC καλό για εικόνες που συνδυάζουν τόσο κείμενο όσο και φωτογραφία (π.χ. φωτογραφία με σχόλια)*
- Χωρίς απώλεια, για φωτογραφίες grayscale: BTPC πολύ καλύτερο από JPEG & GIF.
- Με απώλεια, για φωτογραφίες grayscale: BTPC όμοιο και συνήθως ανώτερο του JPEG.
- Χωρίς απώλεια, για γραφικά: BTPC λίγο κατώτερο του GIF.
- Με απώλεια, για γραφικά: BTPC όμοιο ή και ελαχίστως καλύτερο από JPEG.
- Για grayscale εικόνες: Δυνατότητα συμπίεσης BTPC κατώτερη ή ίση του GIF με μη εμφανή απώλεια.
- Για *έγχρωμες* εικόνες: Συμπίεση χωρίς απώλεια έχει μεγαλύτερο κόστος από GIF, ενώ συμπίεση με απώλεια είναι καλύτερη από JPEG.
- Για *έγχρωμα* γραφικά: Πολύ ανώτερο του JPEG.

### Σύγκριση JPEG - Fractals:

- Για χαμηλό βαθμό συμπίεσης καλύτερο το JPEG (μέχρι 40:1), για μεγάλους βαθμούς συμπίεσης καλύτερα τα Fractals (μεγαλύτερα από 40:1).
- Η διαστρέβλωση (παραμόρφωση) της εικόνας λόγω συμπίεσης δείχνει πιο «φυσική» με τα fractals παρά με το JPEG, τόσο σε χαμηλούς όσο και σε υψηλούς βαθμούς συμπίεσης.

### Σύγκριση JPEG - Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

- Νευρωνικά Δίκτυα συγκρίσιμα με JPEG σε έγχρωμη εικόνα.

**Βιβλιογραφικές πηγές:**

*Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως αναφορές και δημοσιεύσεις σε sites στο Internet, υπό μορφή white papers ή πρακτικών εφαρμογών. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν έντυπες δημοσιεύσεις (βιβλία, περιοδικά) σχετικά με κάποια από τα αντικείμενα της μελέτης.*

**Περισσότερες πληροφορίες:**

Email: Για οποιαδήποτε σχόλια, παρατηρήσεις, ερωτήσεις, επικοινωνήστε:

grad0177@di.uoa.gr (Χάρης Γεωργίου)

grad0187@di.uoa.gr (Γιάννης Κούτσιας)

WWW: Η παρουσίαση σε ηλεκτρονική μορφή (MS-PowerPoint 7.0) βρίσκεται:

<http://www.di.uoa.gr/~grad0177/ciff>

**ΤΕΛΟΣ**