



## 2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

### **Βασικές Έννοιες**

*Αναλογικά Μέσα*

*Ψηφιακά Δεδομένα*

*Ψηφιοποίηση*

*Ψηφιακή Αναπαράσταση*

*Συμπίεση*

## 2.1 ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

**Αναλογική** εμπειρία είναι η εμπειρία που αντιλαμβανόμαστε καθημερινά, π.χ., μέσω της όρασης και της ακοής<sup>1</sup>· εικόνες και ήχοι. Οι εικόνες και οι ήχοι είναι αισθήματα ανάλογα του φυσικού ερεθίσματος<sup>1</sup> (φωτεινή ένταση, ηχητικό κύμα). Ένα θεμελιώδες γνώρισμα είναι ότι αυτά τα αισθήματα τα αντιλαμβανόμαστε αδιάκοπα. Η ροή δηλαδή των ερεθισμάτων που τα προκαλεί έχει τόσο μεγάλη συχνότητα (πυκνότητα) που δεν είμαστε εύκολα σε θέση να τα διαχωρίσουμε στα συστατικά τους· η ανάλυσή τους είναι αντιληπτικά άπειρη.

*Το σύνολο των τιμών που μπορούν να πάρουν τα φυσικά ερεθίσματα (διακύμανση έντασης ήχου, φωτεινότητας, κλπ) είναι ουσιαστικά ένα σήμα που μεταφέρει πληροφορίες για τη φύση και τη συμπεριφορά του ίδιου του φαινομένου και συνήθως αναφερόμαστε σε αυτό ως αναλογικό σήμα.*

### 2.1.1 ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ

Μαθηματικά μπορούμε να αναπαραστήσουμε το αναλογικό σήμα σαν μια συνεχή συνάρτηση μεταβλητών. Αν το φαινόμενο είναι ο ήχος, η μεταβλητή είναι η ακουστική πίεση στη διάσταση του χρόνου, αν πρόκειται για φωτογραφική εικόνα, η μεταβλητή είναι η φωτεινή ένταση στη διάσταση του χώρου (επίπεδο, δύο χωρικές συντεταγμένες) και αν πρόκειται για μια αλληλουχία εικόνων όπως αυτών του βίντεο, η μεταβλητή είναι και πάλι η φωτεινή ένταση στη διάσταση του χώρου αλλά και του χρόνου.

*Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή ενός σήματος (π.χ. οι τιμές ακουστικής πίεσης, φωτεινότητας) λαμβάνει τιμές από ένα συγκεκριμένο διακριτό σύνολο τιμών, λέμε ότι το σήμα αυτό είναι ψηφιακό.*

Η μικρότερη μονάδα υποδιαίρεσης ενός κλασικού χάρακα-υποδεκάμετρου είναι συνήθως το χιλιοστό. Ο λόγος είναι καθαρά πρακτικός· το ότι εμείς βαθμονομούμε τον χάρακα σε χιλιοστά είναι γιατί στην καθημερινή πρακτική η ακρίβεια μέτρησης κάτω του χιλιοστού είναι πρακτικά άχρηστη. Το μήκος όμως μιας ευθείας γραμμής ενός χιλιοστού μπορεί να διαιρεθεί σε πολλά ακόμα τμήματα· πρακτικά σε άπειρα, καθώς ανάμεσα σε δύο τιμές μπορεί να υπάρξει πάντοτε μια άλλη. Παρόλα αυτά η υποδιαίρεση σε χιλιοστά μάς αρκεί για να περιγράψουμε το μήκος.<sup>2</sup> Επιλέγουμε δηλαδή από την άπειρη πληροφορία του μήκους μια διακριτή τιμή (ποσότητα) για να μπορέσουμε να διαχειριστούμε την περιγραφή του. Όσο πιο μικρή είναι αυτή η τιμή, τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια θα έχει και η σχετική μέτρηση.

Παραδείγματα αδιάκοπης πληροφορίας εκτός του μήκους (μήκος, διάσταση, χώρος, επίπεδο, χωρική πληροφορία), είναι ο χρόνος, το βάρος, η θερμοκρασία, τα ηχητικά κύματα. Παραδείγματα αναλογικών συσκευών μέτρησης όπως τα υποδεκάμετρα, είναι τα θερμόμετρα, οι ζυγαριές, τα μηχανικά ρολόγια με λεπτοδείκτες κλπ.

<sup>1</sup> Η αντίληψή τους δεν είναι ευθέως ανάλογη του φυσικού ερεθίσματος, διέπεται από μια μη γραμμική σχέση.

<sup>2</sup> Οι υποδιαίρεσεις του μέτρου για κάποιον που ασχολείται με τη νανοτεχνολογία είναι φυσικά κατά πολύ μικρότερες του χιλιοστού.



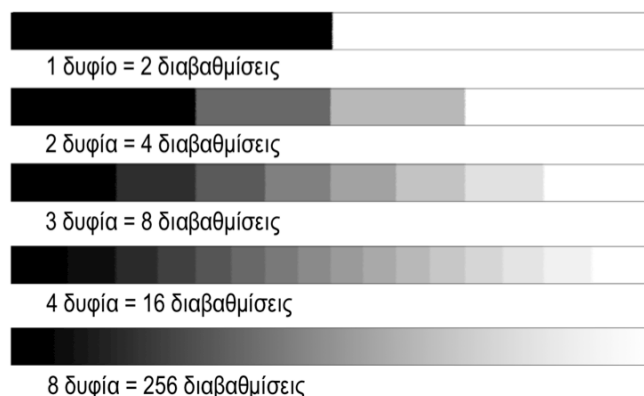
**Εικόνα 1.1.** Μια αναλογική συσκευή (αριστερά) και μια ψηφιακή. Και οι δύο συσκευές μετράνε χρόνο με ακρίβεια δευτερολέπτου. Η ακρίβεια της μέτρησης με το αναλογικό ρολόι είναι στην πραγματικότητα μεγαλύτερη από αυτή του ψηφιακού, καθώς η θέση του δευτερολεπτοδείκτη (αν θεωρήσουμε ότι κινείται αδιάκοπα) ανάμεσα σε δύο γραμμές μπορεί να είναι οπουδήποτε ανάμεσα σε δύο θέσεις (τιμές) πάντοτε υπάρχει μια ενδιάμεση. Στην καθημερινή

πρακτική οι μετρήσεις κάτω του δευτερολέπτου είναι μάλλον αδιάφορες. Παρά το γεγονός ότι το ψηφιακό ρολόι δεν διαθέτει την ίδια δύναμη περιγραφής (ανάλυση), η αναπαράσταση του χρόνου σε αυτό είναι περισσότερο κατηγορηματική και σαφής από αυτή του αναλογικού.

### 2.1.2 ΨΗΦΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Οι υπολογιστές είναι συσκευές που δεν έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύσουν άπειρη (διαρκή, αδιάκοπη) πληροφορία. Λόγω της κατασκευής τους, μπορούν μόνο να αντιληφθούν πότε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα είναι ανοικτό ή κλειστό. Έχουν δηλαδή τη δυνατότητα να διαχειριστούν αποκλειστικά δυαδική πληροφορία: πληροφορία που η ελάχιστη ποσότητά της (η μονάδα της) μπορεί να έχει δύο μόνο τιμές, π.χ. ανοικτό ή κλειστό, άσπρο ή μαύρο, μηδέν ή ένα, κλπ. Στην επιστήμη των υπολογιστών οι τιμές αυτές είναι το μηδέν (0) και το ένα (1).

Αν θέλουμε να περιγράψουμε το χρώμα μαύρο, μας αρκεί μια τέτοια μονάδα πληροφορίας με την τιμή 0. Το ίδιο και αν θέλουμε να περιγράψουμε το λευκό χρώμα, απλά η τιμή αυτή τη φορά θα είναι το 1. Από τη στιγμή που έχουμε προσδιορίσει την αντιστοιχία: τιμή 0 στο μαύρο και την τιμή 1 στο λευκό, λέμε ότι η πληροφορία αυτή είναι κωδικοποιημένη. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήσουμε 2 μονάδες πληροφορίας, μπορούμε να περιγράψουμε περισσότερες από δύο διαβαθμίσεις ανάμεσα στο μαύρο και το λευκό. Οι πιθανοί συνδυασμοί θα είναι: 00, 01, 10 και 11 (μαύρο, άσπρο και δύο ενδιάμεσοι τόνοι του γκρι). Αν χρησιμοποιήσουμε τρεις μονάδες πληροφορίας, τότε οι συνδυασμοί θα είναι:  $2^3=8$ , διπλάσιες διαβαθμίσεις από την προηγούμενη περίπτωση. Αν οι μονάδες είναι τέσσερις, τότε μπορούμε να περιγράψουμε 16 τονικές διαβαθμίσεις ( $2^4=16$ ), αν είναι 8, 256 ( $2^8=256$ ), αν είναι 10, 1024 ( $2^{10}=1024$ ) και ούτω καθεξής.



**Εικόνα 1.2.** Τα δυαδικά ψηφία (δυφία) είναι μονάδες πληροφορίας που έχουν τιμή 0 ή 1. Οι μονάδες αυτές είναι η ελάχιστη πληροφορία που μπορεί να αποθηκευτεί σε έναν υπολογιστή και στα Αγγλικά ονομάζεται bit. Οκτώ bit συνιστούν ένα byte (1 byte=8 bit).

Αυτή η μονάδα πληροφορίας ονομάζεται **δυφίο** (δυ[αδικό] [ψη]φίο)· η λέξη επινοήθηκε για την απόδοση του αγγλικού συμμείγματος **bit** (b[inary] [dig]it), που είναι ταυτόσημο με το δίλεκτο **binary digit** (ΕΛΟΤ 2011). Το δυφίο (bit) είναι η μικρότερη μονάδα πληροφορίας (δεδομένο) στη μνήμη ενός υπολογιστή.

## 2.2 ΔΥΦΙΑ ΚΑΙ ΔΥΦΙΟΣΥΛΛΑΒΕΣ

Στους υπολογιστές τα δεδομένα οργανώνονται σε πολλαπλάσια του δυφίου (bit), τα οποία ονομάζονται **δυφιοσυλλαβές (bytes)**.<sup>3</sup> Οκτώ δυφία συνιστούν μια δυφιοσυλλαβή (1 byte = 8 bits). Τα bytes οργανώνονται σε γραμμικές αλληλουχίες, οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν να οργανωθούν σε δομές δεδομένων (ψηφιακά αρχεία) ή σε δεδομένα που λειτουργούν σαν εντολές για την εκτέλεση λειτουργιών πάνω σε άλλη πληροφορία αποθηκευμένη στον υπολογιστή.

Το μέγεθος ενός ψηφιακού αρχείου τυπικά μετριέται σε **bytes** ή **bits**. Επειδή τα αρχεία ψηφιακών μέσων, ιδιαίτερα τα αρχεία εικόνας ήχου και βίντεο, χρησιμοποιούν πάρα πολλά bytes, το μέγεθός τους αναφέρεται με προθέματα που δηλώνουν ποσότητες σε χιλιάδες, σε εκατομμύρια ή και δισεκατομμύρια bytes. Παραδοσιακά χρησιμοποιούνται τα σύμβολα K, M και G που δηλώνουν πολλαπλάσια του 1024 (δυνάμεις του 1024).

Πρόθεμα	Μονάδα	Μέγεθος σε bytes	Μέγεθος σε bits	
K (kilo)	KB	$2^{10}=1024$	$1024^1$	8192
M (mega)	MB	$2^{20}= 1048576$	$1024^2$	8388608
G (giga)	GB	$2^{30}= 1073741824$	$1024^3$	8589934592
T (Tera)	TB	$2^{40}= 1099511627776$	$1024^4$	8796093022208
P (Peta)	PT	$2^{50}= 1125899906842624$	$1024^5$	9007199254740992

**Πίνακας 1.1.** Τα μεγέθη των ψηφιακών αρχείων μετρώνται σε πολλαπλάσια του 1024.

Επειδή όμως στην καθημερινή πρακτική χρησιμοποιείται το δεκαδικό και όχι το δυαδικό σύστημα αρίθμησης (αρίθμηση με βάση το δέκα και όχι το δύο), τα προθέματα K, M και G είναι συννυφασμένα με τη χιλιάδα, το εκατομμύριο και το δισεκατομμύριο αντίστοιχα. Δηλαδή:

- k (kilo): δηλώνει μια χιλιάδα ( $10^3=1000$ ).
- M (mega): δηλώνει ένα εκατομμύριο ( $10^6=1000000$ ).
- G (giga): δηλώνει χίλια εκατομμύρια ( $10^9 = 1.000.000.000$ )

Για να λυθεί το πρόβλημα της σύγχυσης η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) ενέκρινε το 1998 τα προθέματα για χρήση σε δυαδικά πολλαπλάσια (βλ. Πρότυπο IEC 80000, Πίνακας 1.2). Παρόλα αυτά η χρήση τους δεν είναι διαδεδομένη στο ευρύ κοινό.

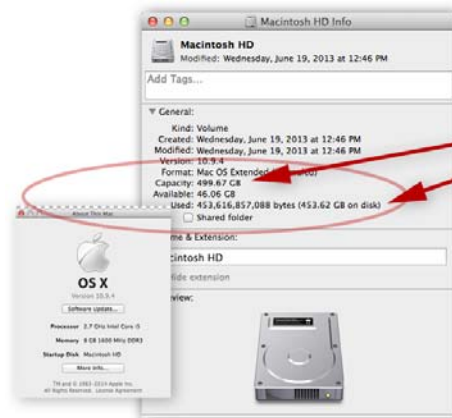
<sup>3</sup> Αναφέρονται και σαν ψηφιολέξεις ή απλά λέξεις. Ο όρος δυφιοσυλλαβές υιοθετήθηκε στο πρότυπο «ΕΛΟΤ 996.01 - Ορολογία Πληροφορικής».

Τάξεις Μεγεθών						
Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) <sup>4</sup>			Πρότυπο ISO/IEC 80000 <sup>5</sup>			
Δυνάμεις του 1000	πρόθεμα	Τιμή	Δυνάμεις του 1024	πρόθεμα	Τιμή	
1000	k	kilo	1000	Ki	kibi	1024
1000 <sup>2</sup>	M	mega	1.000.000	Mi	mebi	1.048.576
1000 <sup>3</sup>	G	giga	1.000.000.000	Gi	gibi	1.073.741.824
1000 <sup>4</sup>	T	tera	1.000.000.000.000	Ti	tebi	1.099.511.627.776
1000 <sup>5</sup>	P	peta	1.000.000.000.000.000	Pi	pebi	1.125.899.906.842.624

**Πίνακας 1.2.** Δυνάμεις του 1000 και του 1024. Οι πρώτες συνήθως χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν μεγέθη αποθήκευσης σε μαγνητικά μέσα (σκληροί δίσκοι), ενώ οι δεύτερες χαρακτηρίζουν μεγέθη δυαδικών δεδομένων στη μνήμη του υπολογιστή (RAM).

Όταν αναφέρονται στην κύρια μνήμη υπολογιστών (RAM), οι περισσότεροι κατασκευαστές χρησιμοποιούν το megabyte εννοώντας  $2^{20}$  (1 megabyte = 1.048.576 bytes), ενώ οι κατασκευαστές περιφερειακών συσκευών αποθήκευσης (μαγνητικά μέσα) συνήθως εννοούν 1 megabyte = 1.000.000 bytes<sup>4</sup> και οι δύο κυρίαρχες σήμερα πλατφόρμες (Windows και Macintosh) χρησιμοποιούν το σύστημα SI (Πίνακας 1.2) για να δηλώσουν τον διαθέσιμο χώρο αποθήκευσης στον σκληρό δίσκο των υπολογιστών.

Στο πεδίο της επικοινωνίας δεδομένων χρησιμοποιούνται τα ίδια προθέματα, αλλά αποκλειστικά με τη δεκαδική τους έννοια<sup>5</sup>: ένας ρυθμός μετάδοσης δεδομένων 8 kilobits ανά δευτερόλεπτο (8kbps) σημαίνει 8000 bit ανά δευτερόλεπτο και όχι 8192. Δηλαδή μία σύνδεση με ταχύτητα 8 kbits/sec θα χρειαστεί κάτι περισσότερο από ένα δευτερόλεπτο για να μεταδώσει δεδομένα 8192 bits (8 kilobyte).



**Εικόνα 1.3.** Ο διαθέσιμος αποθηκευτικός χώρος στις κυρίαρχες λειτουργικές πλατφόρμες (Windows και Macintosh) αναφέρεται σε bytes με τη δεκαδική έννοια.

<sup>4</sup> Διεθνές Σύστημα Μονάδων (Système International d'Unités - SI)

<sup>5</sup> Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (International Electrotechnical Commission - IEC), αποτελεί μέρος του προτύπου ISO 80000, Διεθνές Σύστημα Ποσοτήτων (International System of Quantities - ISQ).

## 2.3 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δυφία (bits) μπορούν να αναπαραστήσουν διαφορετικών ειδών δεδομένα τα οποία με τη σειρά τους αναπαριστούν διαφορετικού είδους πληροφορία, όπως π.χ. αριθμούς, γραμματικούς χαρακτήρες, εικόνες και ήχους.

### 2.3.1 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΑΡΙΘΜΩΝ

Η αναπαράσταση φυσικών αριθμών με δυφία (**δυναδικό σύστημα**) είναι ανάλογη με αυτή του **δεκαδικού συστήματος**. Ο αριθμός σχηματίζεται με τη διαδοχική παράθεση των ψηφίων (0 ή 1) σε μια οριζόντια σειρά το ένα μετά το άλλο, όπου η θέση κάθε ψηφίου καθορίζει αυστηρά και τη σημασία του (την τάξη μεγέθους στην οποία υπόκειται).<sup>6</sup>

Στο δεκαδικό σύστημα για παράδειγμα, το πρώτο ψηφίο από τα δεξιά αντιστοιχεί στις μονάδες ( $10^0$ ), το αμέσως επόμενο στις δεκάδες ( $10^1$ ), το αμέσως επόμενο στις εκατοντάδες ( $10^2$ ), το επόμενο στις χιλιάδες ( $10^3$ ) και κ.ο.κ. Παράδειγμα, η παράσταση του αριθμού 1101 στο δεκαδικό σύστημα, είναι:

$1101_{10} = 1 \times 10^3 + 1 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 1 \times 10^0$  και διαβάζεται: χίλια εκατόν ένα.

Το πρώτο από αριστερά ψηφίο του αριθμού (1) ονομάζεται περισσότερο σημαντικό ψηφίο (Most Significant Bit, MSB), γιατί πολλαπλασιάζεται με το μεγαλύτερο συντελεστή ( $10^3$ ) και το πρώτο από δεξιά ψηφίο του αριθμού (4) ονομάζεται λιγότερο σημαντικό ψηφίο (Least Significant Bit, LSB), γιατί πολλαπλασιάζεται με το μικρότερο συντελεστή ( $10^0$ ). Στην πράξη, ο αριθμός  $1024_{10}$  γράφεται χωρίς την υποσημείωση «10», γιατί όλοι εννοούμε ότι αναφέρεται στο δεκαδικό σύστημα.

Στο δυναδικό σύστημα αρίθμησης οι τάξεις μεγέθους των ψηφίων που χρησιμοποιούνται, από δεξιά προς τα αριστερά, αναφέρονται σε μονάδες ( $2^0$ ), δυάδες ( $2^1$ ), τετράδες ( $2^2$ ), οκτάδες ( $2^3$ ) και ούτω καθεξής. Ο αριθμός 1101 στο δυναδικό σύστημα σημειώνεται ως εξής:

$1101_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$  και διαβάζεται: ένα, ένα, μηδέν, ένα.

Για τη μετατροπή του δυναδικού αριθμού  $1101_2$  σε δεκαδικό, απλά εκτελούμε τις πράξεις:

$1101_2 = (1 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 8 + 4 + 2 + 1 = 15_{10}$

Για τη μετατροπή ενός δεκαδικού αριθμού σε δυναδικό, διαιρούμε τον αριθμό με το 2, σημειώνοντας το υπόλοιπο της διαίρεσης. Συνεχίζουμε να διαιρούμε με το 2 το πηλίκο που προκύπτει υπολογίζοντας τα υπόλοιπα. Σημειώνοντας τα υπόλοιπα των διαιρέσεων στη σειρά, ξεκινώντας από την τελευταία διαίρεση έως την πρώτη, σχηματίζουμε τον δυναδικό αριθμό (Πίνακας 1.3).

<sup>6</sup> Τα συστήματα αρίθμησης όπου η θέση των ψηφίων στον αριθμό καθορίζει την τάξη μεγέθους που δηλώνουν λέγονται θεσιακά. Το πιο ευρέως διαδεδομένο θεσιακό σύστημα αρίθμησης είναι το δεκαδικό με βάση το 10 (χρησιμοποιεί δέκα ψηφία, από το 0 έως το 9). Το δυναδικό χρησιμοποιεί δύο μόνο ψηφία, το 0 και το 1.

$19_{10} = 10011_2$			10011
διαίρεση	πηλίκο	υπόλοιπο	
19 : 2	9	1	
9 : 2	4	1	
4 : 2	2	0	
2 : 2	1	0	
1 : 2	0	1	

**Πίνακας 1.3.** Μετατροπή δεκαδικού αριθμού σε δυαδικό.

### 2.3.2 Αναπαράσταση Δεκαεξαδικών Αριθμών

Επειδή οι δυαδικοί αριθμοί μπορεί να είναι δύσχρηστοι (μεγάλο μήκος), πολλές φορές χρησιμοποιείται το **δεκαεξαδικό** θεσιακό σύστημα αρίθμησης (hexadecimal). Σε αυτό χρησιμοποιούνται τα δέκα ψηφία του δεκαδικού συστήματος 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 και τα πρώτα έξι κεφαλαία γράμματα του λατινικού αλφαβήτου A, B, C, D, E, F (δεκαέξι ψηφία).

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

Οι δεκαεξαδικοί αριθμοί (Hex numbers) έχουν βάση το 16, κάθε ψηφίο δηλαδή έχει αξία 16 φορές μεγαλύτερη από εκείνο που βρίσκεται αμέσως δεξιά του. Οι θέσεις των ψηφίων στο δεκαεξαδικό σύστημα δηλώνουν δυνάμεις του 16 (μονάδες, 16άδες, 256άδες κ.ο.κ.). Παράδειγμα ο αριθμός:  $2AF3_{16}$  ο οποίος αντιστοιχεί στον δεκαδικό  $10995_{10}$ .

$$2AF3_{16} = (2 \times 16^3) + (A \times 16^2) + (F \times 16^1) + (3 \times 16^0) = (2 \times 4096) + (10 \times 256) + (15 \times 16) + (3 \times 1) = 10995_{10}.$$

Επειδή η βάση των δεκαεξαδικών αριθμών είναι δύναμη του 2, σε κάθε συνδυασμό τεσσάρων δυφίων αντιστοιχεί ένα δεκαεξαδικό ψηφίο· ένας δηλαδή δυαδικός αριθμός μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε δεκαεξαδικό αντικαθιστώντας κάθε τέσσερα ψηφία με ένα δεκαεξαδικό ψηφίο και το αντίστροφο.

Οι δεκαεξαδικοί αριθμοί δηλώνονται με προθέματα όπως η δίεση (#) και το 0x. Χαρακτηριστική χρήση δεκαεξαδικής αρίθμησης είναι οι χρωματικές αναφορές στη γλώσσα HTML και στα φύλλα στυλ CSS, με δύο ψηφία για το κόκκινο, δύο για το πράσινο και δύο για το μπλε περιεχόμενο (#RRGGBB). Το συντακτικό των CSS επιτρέπει επίσης την χρήση τριών μόνο δεκαεξαδικών ψηφίων, ένα για κάθε χρωματική συνιστώσα· π.χ. το #FA3 είναι συντόμευση για το #FFAA33 και το #CCC για το #CCCCCC.

### 2.3.3 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Μια σειρά δυφίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναπαραστήσει και μη αριθμητική πληροφορία. Μπορεί για παράδειγμα να αναπαραστήσει τους αλφαριθμητικούς χαρακτήρες ενός αλφάβητου, συσχετίζοντάς τους με αριθμούς (βλ. Κεφάλαιο 8, Ψηφιακό Κείμενο και Τυπογραφία).

Για παράδειγμα, στο πρότυπο κωδικοποίησης χαρακτήρων ASCII (American Standard Code for Information Interchange) για την κωδικοποίηση κάθε χαρακτήρα χρησιμοποιούνται 8 bits, κάτι που επιτρέπει την αναπαράσταση 256 διαφορετικών χαρακτήρων ( $2^8 = 256$ ).



Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για την αναπαράσταση άλλης πληροφορίας, όπως φωτεινότητας, χρώματος, ήχου κ.ά. Για παράδειγμα:

α) Η ακολουθία (3 bytes) «100000001000000010000000» μπορεί να αναπαριστά:

- τον ακέραιο δεκαδικό 8421504 ( $100000001000000010000000_2 = 8421504_{10}$ ),
- τον δεκαεξαδικό αριθμό #808080 ( $8421504_{10} = 808080_{16}$ ), ο οποίος με τη σειρά του αναπαριστά τις τιμές φωτεινότητας RGB ενός εικονοστοιχείου εικόνας RGB 24-bit ( $128_R128_G128_B$ , κοινώς μεσαίο γκρι) γιατί  $80_2 = 128_{10}$ , ή
- κάποια εντολή προς τον υπολογιστή.

β) Η ακολουθία (2 bytes) «0000001111000000» μπορεί να αναπαριστά:

- τον ακέραιο δεκαδικό 960 ( $0000001111000000_2 = 960_{10}$ ), ή
- τον πεζό ελληνικό UNICODE αλφαβητικό χαρακτήρα «π» στον κώδικα μιας ιστοσελίδας (σημειώνεται ως &#960).

Αυτό που δίνει τη δυνατότητα αναπαράστασης διαφορετικού περιεχομένου με τα ίδια bytes είναι ο προσδιορισμός του πλαισίου αναφοράς· αν δηλαδή τα bytes οργανωθούν (κωδικοποιηθούν) σε μια συγκεκριμένη τυποποιημένη δομή (ψηφιακό αρχείο), όπως αυτή των αρχείων εικόνας, κειμένου, ήχου κ.ά., κάθε φορά που ο υπολογιστής στέλνει τα bytes σε μια συσκευή, η συσκευή παράγει τα δεδομένα που αντιστοιχούν σε αυτή την κωδικοποίηση.



**Εικόνα 1.3.1.** Οι ψηφιακές φωτογραφικές εικόνες είναι το αποτέλεσμα της εικονοποίησης δυαδικών δεδομένων που περιγράφουν διακυμάνσεις φωτεινότητας (χρωμάτων) σε ένα καθορισμένο ορθογωνικό πλέγμα. Παρά το γεγονός ότι λειτουργούν στην ίδια βάση όπως και οι κλασικές αναλογικές φωτογραφικές εικόνες (η παραδοχή της σύμβασης ότι απεικονίζουν «φωτογραφικά» τον κόσμο που μας περιβάλλει), η διακριτή ψηφιακή τους φύση ενσωματώνει ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά η κατανόηση των οποίων είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική διαχείρισή τους, από το στάδιο της φωτογραφικής λήψης μέχρι και της τελικής τους χρήσης.

Κωδικοί ASCII και η Δυαδική τους Αναπαράσταση					
Χαρακτήρας	Κωδικός ASCII	Δυαδική Σημείωση	Χαρακτήρας	Κωδικός ASCII	Δυαδική Σημείωση
a	097	01100001	A	065	01000001
b	098	01100010	B	066	01000010
c	099	01100011	C	067	01000011
d	100	01100100	D	068	01000100
e	101	01100101	E	069	01000101
f	102	01100110	F	070	01000110
g	103	01100111	G	071	01000111
h	104	01101000	H	072	01001000
i	105	01101001	I	073	01001001
j	106	01101010	J	074	01001010
k	107	01101011	K	075	01001011
l	108	01101100	L	076	01001100
m	109	01101101	M	077	01001101
n	110	01101110	N	078	01001110
o	111	01101111	O	079	01001111
p	112	01110000	P	080	01010000
q	113	01110001	Q	081	01010001
r	114	01110010	R	082	01010010
s	115	01110011	S	083	01010011
t	116	01110100	T	084	01010100
u	117	01110101	U	085	01010101
v	118	01110110	V	086	01010110
w	119	01110111	W	087	01010111
x	120	01111000	X	088	01011000
y	121	01111001	Y	089	01011001
z	122	01111010	Z	090	01011010

**Πίνακας 1.4.** Υποσύνολο του κώδικα ASCII. Πεζοί και κεφαλαίοι λατινικοί χαρακτήρες και η δυαδική τους αναπαράσταση.

## 2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Για να είναι εφικτή η ψηφιακή διαχείριση αναλογικών μέσων, θα πρέπει με κάποιο τρόπο να τα μετατρέψουμε σε πληροφορία την οποία οι υπολογιστές μπορούν να χειριστούν. Η συνθήκη αυτή παρουσιάζει μειονεκτήματα, καθώς οι υπολογιστές από τη φύση τους έχουν τη δυνατότητα να χειριστούν μόνο δυαδική πληροφορία, δηλαδή μόνο διακριτά και πεπερασμένα (όχι άπειρα) δεδομένα.

Στην Εικόνα 1.2 είδαμε συγκριτικά ότι όσο περισσότερα δεδομένα (bits) χρησιμοποιηθούν, τόσο περισσότερες διαβαθμίσεις του γκρι μπορούμε να αναπαραστήσουμε. Ανεξάρτητα από το πλήθος των δυφίων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για μια ψηφιακή αναπαράσταση, αυτό θα είναι πάντα ανεπαρκές, καθώς οι διαβαθμίσεις φωτεινότητας των χρωμάτων στον πραγματικό κόσμο είναι άπειρες. Η πιστότητα δηλαδή της περιγραφής θα είναι πάντοτε, αναγκαστικά περιορισμένη.

Από την άλλη πλευρά όμως, η διακριτή και πεπερασμένη φύση των υπολογιστών προσφέρει και πλεονεκτήματα, όπως αυτό της **ακρίβειας της περιγραφής**, καθώς επίσης και το πλεονέκτημα της **συμπαγότητας**, άρα και της ευκολίας μεταφοράς (διανομής) των ψηφιακών αναπαραστάσεων (μέσων).

## 2.5 ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ

Αν αναλογιστούμε τα φυσικά φαινόμενα ως πληροφορία (σήμα) που προσλαμβάνουμε, μπορούμε να πούμε ότι αυτή είναι κωδικοποιημένη σε αναλογική μορφή, καθώς φαίνεται να είναι ανάλογη του ερεθίσματος που την προκαλεί. Η πληροφορία αυτή δηλαδή είναι μια συνεχής (διαρκής, αδιάκοπη) συνάρτηση του χώρου και του χρόνου, άρα μια πληροφορία με άπειρη ανάλυση. Οι υπολογιστές δεν μπορούν να αποθηκεύσουν πληροφορία άπειρης ανάλυσης. Μπορούν μόνο να αποθηκεύσουν και να αναπαραστήσουν διακριτή και πεπερασμένη πληροφορία κωδικοποιώντας τη αναγκαστικά με δυαδικά ψηφία.

*Για να αναπαραστήσουμε ένα αναλογικό (διαρκές) σήμα στον υπολογιστή, θα πρέπει υποχρεωτικά να το μετατρέψουμε πρώτα σε διακριτό.*

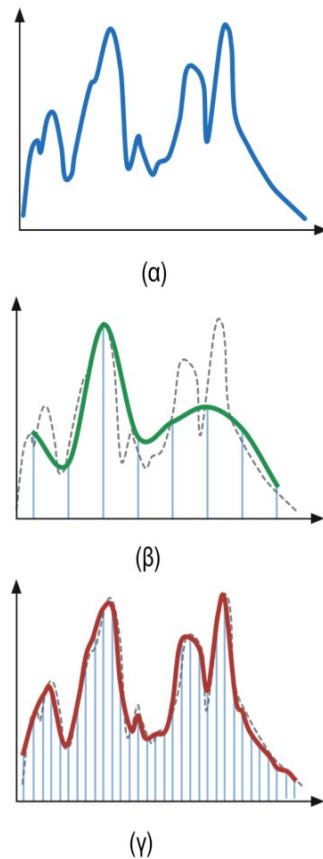
Η διαδικασία αυτής της μετατροπής ονομάζεται **ψηφιοποίηση** και υλοποιείται σε τρία στάδια, αυτό της **δειγματοληψίας (sampling)** της **ποσοτικοποίησης** ή **κβαντισμού (quantizing)** και τέλος της **κωδικοποίησης**.

### 2.5.1 ΡΥΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Η μετατροπή της αναλογικής πληροφορίας σε ψηφιακά δεδομένα, γίνεται με τη **λήψη δειγμάτων** (μέτρηση τιμών του ερεθίσματος) και τη **τρογγυλοποίησή τους** (στάθμισή τους) σε ένα διακριτό και πεπερασμένο σύνολο τιμών (διακριτές στάθμες). Η φύση του ερεθίσματος καθορίζει και το είδος του δείγματος, άρα και τον τρόπο λήψης του. Για παράδειγμα, αν πρόκειται για εικόνα, τα δείγματα θα είναι φωτεινές εντάσεις. Η καταγραφή τους θα γίνει με κάποιο αισθητήρα (φωτογραφική μηχανή, σαρωτή) που θα τις μετατρέψει σε ηλεκτρικό σήμα. Αν πρόκειται για ήχο, τα δείγματα θα είναι εντάσεις ηχητικών κυμάτων. Η μετατροπή τους σε ηλεκτρικό σήμα θα γίνει μέσω κάποιου αισθητήρα (μικρόφωνο). Το ηλεκτρικό σήμα και στις δύο περιπτώσεις θα μεταφέρει διακριτά δείγματα των μεταβολών των φυσικών φαινομένων, στον χώρο (φωτογραφία) και στον χρόνο (ήχος). Οι τιμές μεταβολής της ηλεκτρικής τάσης, αφού σταθμιστούν (τρογγυλοποιηθούν), κωδικοποιούνται (η δομή τους διαμορφώνεται σύμφωνα με πρότυπα ψηφιακών αρχείων έτσι ώστε να είναι αναγνώσιμη από εφαρμογές λογισμικού) και αποθηκεύονται στον υπολογιστή.

Η ακρίβεια αυτής της μετατροπής (ανάλυση, ακρίβεια περιγραφής) εξαρτάται από τη συχνότητα με την οποία λαμβάνονται τα δείγματα (χωρική για τις εικόνες και χρονική για τον ήχο), η οποία ονομάζεται **ρυθμός** ή **συχνότητα δειγματοληψίας (sampling frequency)**. Στον κινηματογράφο αυτή η συχνότητα είναι 24 καρέ ανά δευτερόλεπτο, στο βίντεο μπορεί να είναι από 24 μέχρι και 60 καρέ το δευτερόλεπτο, στον ήχο θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 44100 Hz (για ποιότητα ήχου audio CD).

Στην ψηφιακή φωτογραφία η έννοια της συχνότητας στην περίπτωση της δειγματοληψίας αφορά τη συχνότητα εμφάνισης διαφορών φωτεινότητας στο χώρο. Για παράδειγμα, πολλές μικρές ευδιάκριτες γραμμές, η μία δίπλα στην άλλη, λέμε ότι σχηματίζουν ένα μοτίβο υψηλής συχνότητας σε αντίθεση με μια επίπεδη μονόχρωμη επιφάνεια η οποία δεν εμφανίζει παρά μόνο μια τονική διαβάθμιση.

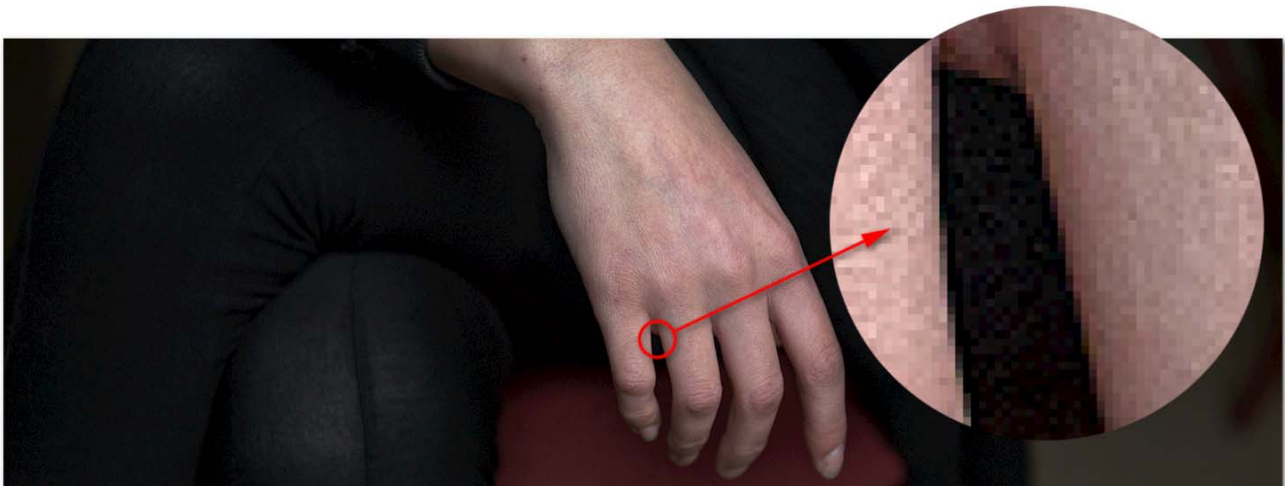


**Εικόνα 1.4.** Το φαινόμενο *Aliasing*

Σύμφωνα με το **θεώρημα Δειγματοληψίας** (Nyquist–Shannon Sampling Theorem) η συχνότητα δειγματοληψίας δεν μπορεί να είναι μικρότερη από ένα όριο που λέγεται **ρυθμός ή συχνότητα Nyquist** (Nyquist rate ή Nyquist frequency) για την ανακατασκευή ενός δειγματοληπτημένου σήματος ο ρυθμός δειγματοληψίας θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσιος της υψηλότερης συχνότητάς του. Σε αντίθετη περίπτωση το σήμα υποδειγματοληπτείται με αποτέλεσμα την εμφάνιση σφαλμάτων αναπαράστασης της αναλογικής πληροφορίας, όπως η **αναδίπλωση (aliasing)**.

Τα σφάλματα αυτά εμφανίζονται με διαφορετική μορφή σε κάθε μέσο. Στην ψηφιοποίηση του ήχου ακούγονται σαν παραμόρφωση. Στις εικόνες εμφανίζονται σαν διακριτά σκαλοπάτια στις ακμές των γραμμών ή σαν μοτίβα μουaré (moiré) όταν η εικόνα έχει μικρές επαναλαμβανόμενες λεπτομέρειες (υψηλή συχνότητα). Στο βίντεο η κίνηση φαίνεται σπασμωδική ή εμφανίζονται φαινόμενα όπου αντικείμενα, όπως οι έλικες αεροπλάνου, φαίνεται να περιστρέφονται ανάποδα από την πραγματική τους περιστροφή.

Στην **Εικόνα 1.4** βλέπουμε δύο δειγματοληψίες  $\beta$  και  $\gamma$ , ενός σήματος  $\alpha$  με διαρκείς διακυμάνσεις έντασης στο χρόνο. Στον οριζόντιο άξονα εμφανίζονται οι χρονικές αποστάσεις ανάμεσα στα δείγματα και στον κατακόρυφο οι τιμές μέτρησης του αναλογικού φαινομένου. Στην περίπτωση  $\beta$  η δειγματοληψία γίνεται με πολύ λιγότερα δείγματα από ότι στην  $\gamma$  και το αποτέλεσμα είναι η καταγραφή ενός σήματος που δεν υπάρχει (aliasing).



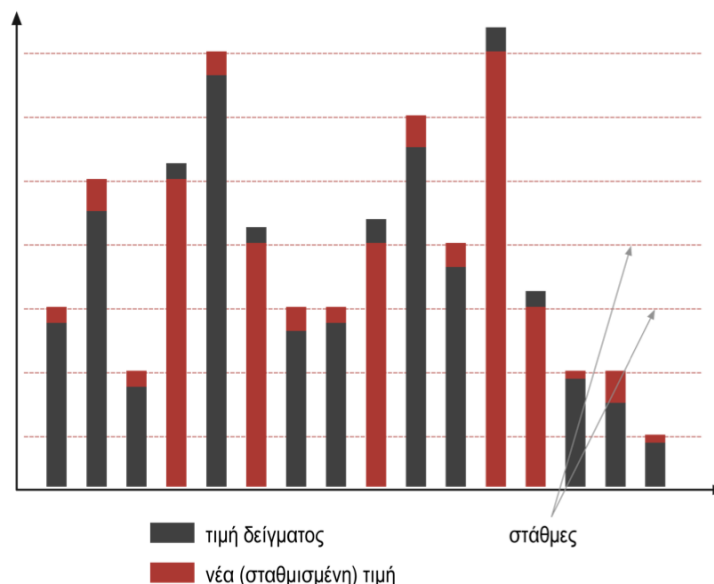
**Εικόνα 1.4.01.** Το φαινόμενο *aliasing* σε ψηφιακή φωτογραφική λήψη (παρένθετη εικόνα). Η (χωρική) συχνότητα δειγματοληψίας δεν είναι αρκετά υψηλή για να αναπαραστήσει τις γραμμές του χεριού και αυτές εμφανίζονται σαν διακριτές διαβαθμίσεις (σκαλοπάτια). (Βλ. 3.2.1 - Δειγματοληψία)

**Σημείωση:** Η συχνότητα δειγματοληψίας στις ψηφιακές φωτογραφικές λήψεις καθορίζεται από την ανάλυση του αισθητήρα της κάμερας και επηρεάζει την ευκρίνεια της τελικής εικόνας σε σχέση με το μέγεθός της και την απόσταση εικόνας-θεατή.

### 2.5.2 ΕΥΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Η πιστότητα της μετατροπής (ψηφιοποίησης) εξαρτάται από το πλήθος των διακριτών τιμών (στάθμες ποσοτικοποίησης ή κβαντισμού) στις οποίες στρογγυλοποιούνται οι τιμές των δειγμάτων. Το μέγεθος αυτό ονομάζεται **εύρος δείγματος** ή βάθος δείγματος ή και **βάθος χρώματος (bit depth)** και δηλώνει πόσα δυφία (bit) πληροφορίας χρησιμοποιήθηκαν. Αν για παράδειγμα χρησιμοποιήθηκε ένα byte (8 bit) πληροφορίας, οι διαθέσιμες στάθμες θα είναι 256 ( $2^8=256$ ) αν χρησιμοποιήθηκαν δύο byte (16 bit), οι στάθμες θα είναι 65536 ( $2^{16}=65536$ ). Όσο περισσότερες είναι οι στάθμες τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια της μέτρησης και τόσο περισσότερα δυφία απαιτούνται.

Ένα αρχείο έγχρωμης ψηφιακής εικόνας JPEG υποστηρίζει βάθος χρώματος 8 bit ανά χρωματική συνιστώσα που σημαίνει ότι τα εικονοστοιχεία κάθε χρωματικής συνιστώσας (R, G και B) μπορούν να πάρουν μια από 256 τιμές και λέμε ότι έχει βάθος χρώματος 24 bit ( $8 \times 3 = 24$ ). Μία έγχρωμη εικόνα JPEG υποστηρίζει 16.777.216 χρώματα,<sup>7</sup> κάτι που αναφέρεται και σαν «πραγματικό χρώμα».



**Εικόνα 1.5.** Στάθμιση (κβάντιση) τιμών δειγμάτων σε διακριτές στάθμες

Στην περίπτωση που οι στάθμες είναι λιγότερες από όσο πρέπει, παρατηρούνται φαινόμενα παραμόρφωσης της αναπαράστασης. Στην **Εικόνα 1.2** είδαμε ότι, αν χρησιμοποιήσουμε λιγότερες από 256 στάθμες (8 bit), αρχίζουμε και βλέπουμε διακριτές ζώνες φωτεινότητας στην κλίμακα του γκρι. Στην **Εικόνα 1.4**, χρησιμοποιώντας λιγότερα από 256 χρώματα η αναπαράσταση φωτογραφικής ποιότητας είναι αδύνατη<sup>7</sup> το φαινόμενο λέγεται posterization.

Η διαδικασία της στρογγυλοποίησης των τιμών των δειγμάτων υλοποιείται από διατάξεις που λέγονται μετατροπείς από αναλογικό σε ψηφιακό ή ADC (analog to digital converters).

<sup>7</sup> Υποστηρίζει σημαίνει ότι έχει τη δυνατότητα απεικόνισης και όχι ότι κάθε εικόνα JPEG απεικονίζει 16.777.216 χρώματα.

## 2.6 ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Τα αρχεία ψηφιακών μέσων (εικόνες, βίντεο, ήχος) μπορεί να είναι πολύ μεγάλα. Το μέγεθός τους καθορίζει τις ανάγκες αποθηκευτικού χώρου, αλλά και τον χρόνο μεταφοράς τους μέσω δικτύων. Επειδή η ευρυζωνικότητα και τα αποθηκευτικά μέσα δεν είναι ανεξάντλητοι πόροι, η μείωση του όγκου των ψηφιακών δεδομένων είναι επιτακτική και συνήθως υλοποιείται με διάφορες τεχνικές συμπίεσης. Όταν τα ψηφιακά δεδομένα συμπιεστούν, για να μπορέσουν να αναπαρασταθούν και πάλι θα πρέπει και να αποσυμπιεστούν. Το λογισμικό που **συμπιέζει** (κωδικοποιεί) και **αποσυμπιέζει** (αποκωδικοποιεί) ψηφιακά δεδομένα αναφέρεται ως **codec** (σύμμιξη των [co]mpressor και [dec]ompressor), ιδιαίτερα σε ότι αφορά αρχεία βίντεο και ήχου. Ο χρόνος που απαιτείται για την συμπίεση και την αποσυμπίεση των δεδομένων δεν είναι πάντοτε ο ίδιος· συνήθως η δημιουργία ενός αρχείου που αποσυμπιέζεται γρήγορα απαιτεί πολύ περισσότερο χρόνο για τη συμπίεσή του. Αυτό το γνώρισμα λέγεται ασύμμετρη συμπίεση.

### 2.6.1 ΠΛΕΟΝΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑ

Οι τεχνικές συμπίεσης γενικά βασίζονται σε δύο στρατηγικές. Στην απόρριψη της πλεονάζουσας πληροφορίας και στην απόρριψη της μη σχετικής πληροφορίας.

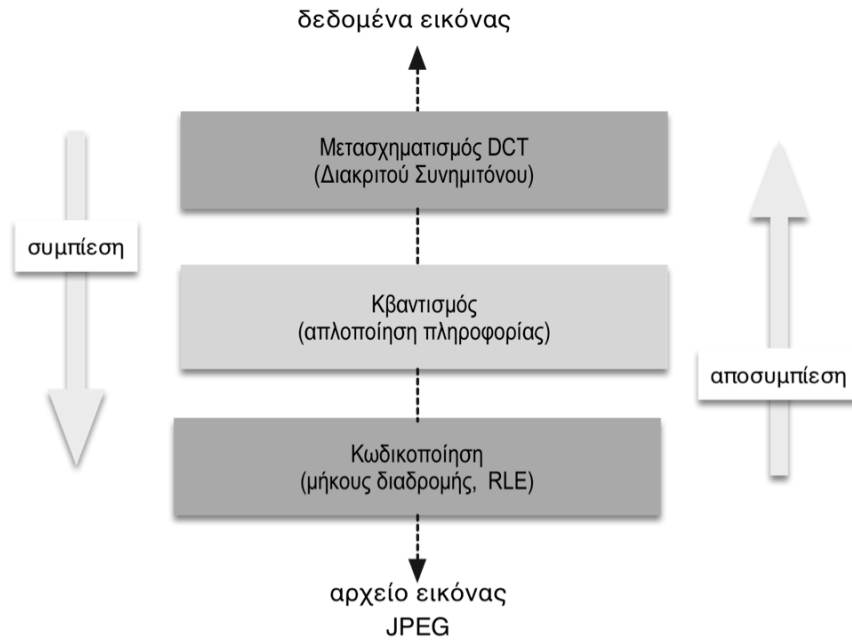
Η πρώτη στρατηγική χρησιμοποιείται συχνά σε διαδικασίες μη απωλεστικής κωδικοποίησης και βασίζεται στην αναζήτηση σχημάτων επανάληψης στην παράθεση των δυφίων και σε πιο αποτελεσματικούς τρόπους αναπαράστασής τους. Αν για παράδειγμα σε μια αλληλουχία δυφίων το ίδιο bit εμφανίζεται 30 φορές στη σειρά, ένας αποτελεσματικός τρόπος μείωσης της εμφάνισής του (άρα και του όγκου των δεδομένων) είναι να καταγραφεί μία μόνο φορά αντί για τριάντα και να δηλωθεί το πλήθος των επαναλήψεων με τη μορφή ενός συντελεστή. Η συγκεκριμένη μέθοδος συμπίεσης αφορά τον αλγόριθμο **κωδικοποίησης μήκους διαδρομής** (run-length encoding - **RLE**) ο οποίος μπορεί να αποσυμπιέσει τα δεδομένα χωρίς καμία απώλεια. Οι αλγόριθμοι αυτού του τύπου λέγονται και **αγνωστικοί** ή **εντροπίας**, καθώς δεν λαμβάνουν υπόψη τα χαρακτηριστικά του μέσου που αντιπροσωπεύουν οι ακολουθίες των δεδομένων.

Οι μέθοδοι συμπίεσης που βασίζονται στη σχετικότητα της πληροφορίας στοχεύουν στη μείωση ή στην παραποίηση πληροφορίας στον βαθμό που δεν επηρεάζει τον βαθμό πρόσληψης (αντίληψη) του περιεχομένου και συνήθως εφαρμόζονται πριν από το στάδιο της κωδικοποίησης. Τέτοια παραδείγματα είναι η συμπίεση **MPEG** και η χρωματική υποδειγματοληψία στο βίντεο (βλ. κεφάλαιο 7 - Βίντεο) ή η απόρριψη συχνοτήτων που δεν επηρεάζουν την ακοή, στην περίπτωση του ήχου. Η συμπίεση αυτού του τύπου λέγεται και **συμπίεση πηγής**.

### 2.6.2 ΜΗ ΑΠΩΛΕΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

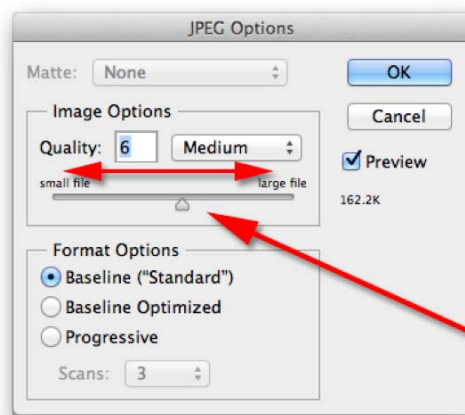
Οι μέθοδοι συμπίεσης μπορούν να διαχωριστούν στις **μη απωλεστικές** και στις **απωλεστικές**. Οι μη απωλεστικές κωδικοποιούν και αποκωδικοποιούν τα δεδομένα, αναπαράγοντας εκ νέου το ίδιο ακριβώς σύνολο δεδομένων. Οι απωλεστικές μέθοδοι (αναφέρονται και ως μη αντιστρεπτές) δεν μπορούν να δημιουργήσουν εκ νέου το σύνολο των αρχικών δεδομένων και συνήθως ο βαθμός απώλειας σχετίζεται με τον επιθυμητό βαθμό μείωσης του όγκου των δεδομένων.

Οι μέθοδοι απωλεστικού τύπου χρησιμοποιούν στρατηγικές μείωσης του πλεονάσματος πληροφορίας, αλλά κατά βάση στηρίζονται στη μείωση της μη σχετικής πληροφορίας. Σε ότι αφορά τη μείωση του όγκου των δεδομένων είναι κατά πολύ πιο αποτελεσματικές από τις μεθόδους μη απωλεστικού τύπου μειώνοντας το αρχικό μέγεθος ενός αρχείου μέχρι και σε ποσοστά μικρότερα του 10%.



**Εικόνα 1.6.** Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας συμπίεσης με τον αλγόριθμο JPEG.

Η μείωση της μη σχετικής πληροφορίας στηρίζεται σε χαρακτηριστικά της ανθρώπινης αντίληψης. Κάποια ερεθίσματα είναι πιο εύκολα αντιληπτά από κάποια άλλα, οπότε η καταγραφή τους γίνεται πιο σημαντική. Τέτοια παραδείγματα είναι οι μεταβολές φωτεινότητας σε αντίθεση με τις χρωματικές αλλαγές ή οι συχνότητες που εμπίπτουν στο ακουστό φάσμα συχνοτήτων ήχου. Για παράδειγμα, ο αλγόριθμος συμπίεσης MP3 αποκόπτει κάθε ήχο που ακολουθεί μετά το τέλος κάθε δυνατού ήχου για μερικά milliseconds βασιζόμενος στη λειτουργία της ανθρώπινης ακοής, η οποία στιγμιαία παύει να λειτουργεί μετά από ένα ιδιαίτερα έντονο ηχητικό ερέθισμα.

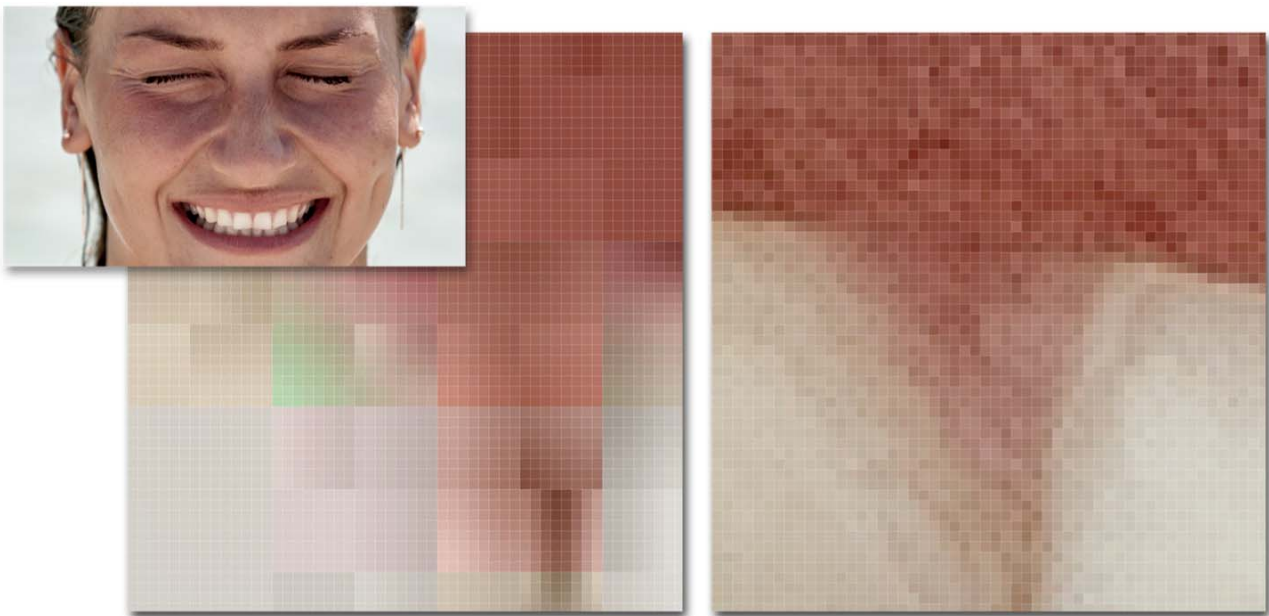


**Εικόνα 1.7.** Η επιλογή σχέσης ποιότητας/συμπίεσης για κωδικοποίηση εικόνας JPEG σε πλαίσιο πληροφορίας εφαρμογής επεξεργασίας εικόνας. Η ποιότητα είναι αντίστροφο μέγεθος του βαθμού συμπίεσης.

Πολλοί αλγόριθμοι συμπίεσης βίντεο εφαρμόζουν μείωση της πλεονάζουσας πληροφορίας στον χρόνο. Εκτός δηλαδή από τη χωρική συμπίεση των εικόνων μέσα στο κάθε ανεξάρτητο καρέ του βίντεο (ενδοπλαισιακή συμπίεση), γίνεται συμπίεση της πληροφορίας που εμφανίζεται σε περισσότερα από ένα κάδρα (διαπλαισιακή συμπίεση). Για παράδειγμα, αν ένα αντικείμενο παραμείνει ακίνητο για κάποιο χρόνο, τα

εικονοστοιχεία που αναπαριστούν το αντικείμενο κωδικοποιούνται μόνο για το πρώτο καρέ, ενώ στα υπόλοιπα η μετακίνηση του αντικειμένου περιγράφεται μόνο με οδηγίες.

Ο γνωστός αλγόριθμος συμπίεσης εικόνων JPEG, για να αναπαραστήσει τις χρωματικές αξίες μιας εικόνας έτσι ώστε να γίνει πιο αποτελεσματική η συμπίεση και η κωδικοποίησή τους, χρησιμοποιεί ένα μαθηματικό μετασχηματισμό γνωστό ως Μετασχηματισμό Διακριτού Συνημιτόνου (DCT). Ο μετασχηματισμός αυτός μετατρέπει τη χωρική πληροφορία σε τμήματα διαφορετικών συχνοτήτων και στο στάδιο που ονομάζεται κβαντισμός οι λιγότερο σημαντικές συχνότητες απαλείφονται. Οι συχνότητες που παραμένουν χρησιμοποιούνται για την ανακατασκευή της εικόνας στο στάδιο της αποσυμπίεσης. Οι απώλειες των δεδομένων επιφέρουν και ανάλογη απώλεια στην ποιότητα της ανακατασκευής, ο βαθμός της οποίας όμως μπορεί να επιλεγεί από τον χρήστη μέσω μιας κλίμακας μεγέθους ποιότητας βαθμονομημένης από το 0 έως το 12 (**Εικόνα 1.6**).



**Εικόνα 1.8.** Μεγέθυνση εικόνας με υπερβολική συμπίεση JPEG (αριστερά) και με ελάχιστη (δεξιά). Η εμφάνιση του τεχνουργήματος JPEG στην αριστερή μεγέθυνση είναι εμφανής. Κάθε τετράγωνο μπλοκ είναι 64 εικονοστοιχεία (8×8 pixels).

Ο απωλεστικός αλγόριθμος JPEG λειτουργεί συμπιέζοντας μπλοκ των εικοσιτεσσάρων εικονοστοιχείων (8×8 pixels) το ένα μετά το άλλο. Επειδή η συμπίεση κάθε μπλοκ γίνεται ανεξάρτητα, όταν αυτή είναι υψηλή τα όρια ανάμεσα στα μπλοκ αρχίζουν να γίνονται εμφανή δημιουργώντας την αίσθηση ότι η εικόνα είναι τεμαχισμένη σε διακριτά τετράγωνα (**Εικόνα 1.8**). Η παραμόρφωση αυτή είναι γνωστή σαν τεχνουργήμα JPEG (JPEG artifact) και μπορεί να είναι από ανεπαίσθητη έως πολύ ενοχλητική· κάποιες ψηφιακές εφαρμογές μάλιστα διαθέτουν ειδικά φίλτρα για την απόλυσή της.

Οι απωλεστικές μέθοδοι συμπίεσης επιτυγχάνουν πάντοτε υψηλότερο λόγο συμπίεσης από ότι οι μη απωλεστικές, κάτι που τις καθιστά ιδανικές όταν το μέγεθος του ψηφιακού αρχείου είναι πιο σημαντικό από την ποιότητα.



## 2.7 Σύνοψη

- Τα αναλογικά σήματα μεταφέρουν πληροφορίες για τη φύση και τη συμπεριφορά φυσικών φαινομένων και είναι συναρτήσεις μεταβλητών στη διάσταση του χρόνου και του χώρου. Τα ψηφιακά σήματα αναπαριστούν πληροφορία με μεταβλητές που λαμβάνουν τιμές από ένα διακριτό σύνολο τιμών.
- Τα δυφία (bits) είναι μονάδες πληροφορίας που έχουν μια από δύο προκαθορισμένες τιμές (0 ή 1).
- Οκτώ δυφία (bits) συνιστούν μια δυφιοσυλλαβή (byte).
- Τα bytes μπορούν να οργανωθούν σε ακολουθίες που ερμηνεύονται ως αριθμοί με βάση το 2 (δυναδικοί αριθμοί).
- Τα bytes μπορούν να οργανωθούν σε δομές για να αναπαραστήσουν αλφαβητικούς χαρακτήρες, σύμβολα, χρώματα (εικόνες), κ.ά.
- Για να εισαχθούν στον υπολογιστή οι αναλογικές πληροφορίες (αναλογικό σήμα) θα πρέπει πρώτα να μετατραπούν σε διακριτά δεδομένα (ψηφιακό σήμα).
- Η διαδικασία της ψηφιοποίησης επιτελείται σε τρία στάδια, σε αυτό της δειγματοληψίας, της ποσοτικοποίησης (κβαντισμού) και της κωδικοποίησης.
- Το θεώρημα δειγματοληψίας αναφέρει ότι ένα σήμα για να μπορέσει να ανακατασκευαστεί θα πρέπει η συχνότητα δειγματοτισμού ( $f_{\Delta}$ ) να είναι τουλάχιστον διπλάσια από την υψηλότερη συχνότητα ( $f_H$ ) του σήματος αυτού ( $f_{\Delta} = 2 f_H$ ).
- Η ελάχιστη συχνότητα δειγματοτισμού ονομάζεται συχνότητα ή ρυθμός Nyquist.
- Η υποδειγματοληψία δημιουργεί σφάλματα αναδίπλωσης (aliasing).
- Όσο μικρότερο είναι το εύρος δείγματος (βάθος χρώματος) τόσο αυξάνονται τα σφάλματα απεικόνισης, όπως τα μοτίβα μουαρέ στις εικόνες και ο θόρυβος στον ήχο.
- Η μείωση του όγκου των ψηφιακών δεδομένων είναι ένας τρόπος για τη μείωση του όγκου των ψηφιακών αρχείων.
- Η συμπίεση εφαρμόζεται στο στάδιο της κωδικοποίησης των δεδομένων και είναι απωλεστική (μη αντιστρεπτή) ή μη απωλεστική (αντιστρεπτή).

## **2.8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

ΕΛΟΤ. *ΕΛΟΤ 996.05 Τεχνολογία Πληροφοριών - Λεξιλόγιο - Μέρος 5: Παράσταση των δεδομένων*. 2. ΕΛΟΤ, 2011.

Levkowitz, Haim. *Color Theory and Modeling for Computer Graphics, Vizualization and Multimedia Applications*. Lowel: Kluwer Academic Publishers, 1977.