

# Ψηφιακά Μέσα

στις Οπτικοακουστικές Τέχνες



## ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΕΣΑ ΣΤΙΣ ΟΠΤΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΕΣ

*ένας εισαγωγικός οδηγός*

Συγγραφή: Κωνσταντίνος Θ. Κολοκυθάς

Κριτικός αναγνώστης : Αθανάσιος Αραβαντινός

Γλωσσική Επιμέλεια: Βασίλειος Παππάς

Γραφιστική Επιμέλεια: Κωνσταντίνος Θ. Κολοκυθάς

Φωτογραφίες, γραφήματα: © Κωνσταντίνος Θ. Κολοκυθάς 2015

(εκτός αν αλλιώς αναφέρεται)

Φωτογραφία εξωφύλλου: © Κωνσταντίνος Θ. Κολοκυθάς 2015

ISBN: 978-960-603-230-1

Copyright © ΣΕΑΒ, 2015

Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου

<http://www.kallipos.gr>



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 3.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε τον ιστότοπο <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/gr/>.

ΚΩΝ/ΝΟΣ Θ. ΚΟΛΟΚΥΘΑΣ  
Επίκουρος Καθηγητής,  
Τμήμα Φωτογραφίας και Οπτικοακουστικών  
Σχολή Καλλιτεχνικών Σπουδών, ΤΕΙ Αθήνας

# Ψηφιακά Μέσα στις Οπτικοακουστικές Τέχνες

*ένας εισαγωγικός οδηγός*



Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά  
Συγγράμματα και Βοηθήματα  
[www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr)

*η σελίδα παραμένει εσκεμμένα κενή*





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| Συντομεύσεις - Ακρωνύμια .....                      | 9         |
| Πρόλογος.....                                       | 10        |
| <br>                                                |           |
| <b>1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ .....</b>                        | <b>13</b> |
| 1.1 ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ..... | 14        |
| 1.2 ΔΥΦΙΑ ΚΑΙ ΔΥΦΙΟΣΥΛΛΑΒΕΣ.....                    | 16        |
| 1.3 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....                     | 18        |
| 1.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ .....           | 21        |
| 1.5 ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ .....              | 22        |
| 1.6 ΣΥΜΠΙΕΣΗ .....                                  | 25        |
| 1.7 Σύνοψη.....                                     | 28        |
| <br>                                                |           |
| <b>2 ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ.....</b>                  | <b>31</b> |
| 2.1 ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ.....             | 32        |
| 2.2 Η ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.....                | 33        |
| 2.3 ΧΡΩΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ .....                         | 36        |
| 2.4 ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ.....                           | 42        |
| 2.5 ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....                  | 43        |
| 2.6 ΧΡΩΜΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....                     | 45        |
| 2.7 ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΑ .....                              | 47        |
| 2.8 Σύνοψη.....                                     | 52        |
| <br>                                                |           |
| <b>3 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ .....</b>                     | <b>55</b> |
| 3.1 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ.....                           | 56        |
| 3.2 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ.....                                | 58        |
| 3.3 ΒΑΘΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.....                             | 60        |
| 3.4 ΣΥΛΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΕΙΚΟΝΕΣ.....                     | 62        |
| 3.5 ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΕΙΚΟΝΕΣ .....                      | 68        |
| 3.6 ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΑΡΧΕΙΩΝ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ..... | 71        |
| 3.7 ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ .....               | 72        |
| 3.8 ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΓΙΑ ΨΗΦΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ .....      | 76        |
| 3.9 ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΣ ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΥΣ ΑΡΧΕΙΩΝ .....           | 76        |
| 3.10 Σύνοψη.....                                    | 79        |
| <br>                                                |           |
| <b>4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ .....</b>                  | <b>81</b> |
| 4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ .....            | 82        |
| 4.2 ΤΟ ΑΡΧΕΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....                         | 84        |
| 4.3 ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.....                     | 85        |
| 4.4 ΕΡΓΑΛΕΙΑ .....                                  | 87        |
| 4.5 ΤΟΝΙΚΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ .....                        | 90        |
| 4.6 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....                       | 90        |
| 4.7 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ.....                         | 92        |
| 4.8 ΣΤΑΘΜΕΣ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ - ΕΡΓΑΛΕΙΟ LEVELS.....     | 94        |
| 4.9 ΣΤΑΘΜΕΣ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ - ΕΡΓΑΛΕΙΟ CURVES .....    | 99        |
| 4.10 ΧΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ.....                     | 101       |
| 4.11 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....         | 106       |
| 4.12 ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ .....                                | 107       |
| 4.13 ΟΞΥΝΣΗ.....                                    | 108       |
| 4.14 ΟΞΥΝΣΗ ΚΑΙ ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....                  | 109       |
| 4.15 ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ .....                       | 111       |
| 4.16 ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΣ ΕΙΚΟΝΟΟΣΤΟΙΧΕΙΑ .....              | 113       |
| 4.17 ΕΙΚΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ .....                 | 115       |
| 4.18 ΕΚΤΥΠΩΣΗ .....                                 | 117       |

|          |                                                |            |
|----------|------------------------------------------------|------------|
| 4.19     | Σύνοψη.....                                    | 122        |
| <b>5</b> | <b>ΗΧΟΣ .....</b>                              | <b>125</b> |
| 5.1      | ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....                                  | 126        |
| 5.2      | Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ .....                          | 126        |
| 5.3      | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ .....                  | 128        |
| 5.4      | ΠΡΟΣΘΕΤΟΝΤΑΣ ΗΧΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ .....              | 131        |
| 5.5      | ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ .....                     | 133        |
| 5.6      | ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....                             | 133        |
| 5.7      | ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ .....                           | 136        |
| 5.8      | ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΗΧΟΥ .....                     | 137        |
| 5.9      | ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ, ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΗ .....      | 139        |
| 5.10     | ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΑΡΧΕΙΩΝ ΗΧΟΥ.....                   | 139        |
| 5.11     | MIDI.....                                      | 140        |
| 5.12     | Σύνοψη.....                                    | 147        |
| <b>6</b> | <b>ΗΧΟΣ - ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....</b>   | <b>149</b> |
| 6.1      | Η ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ .....                     | 150        |
| 6.2      | ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ.....                                 | 150        |
| 6.3      | ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ .....                          | 154        |
| 6.4      | ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ.....                                | 155        |
| 6.5      | Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ.....                     | 156        |
| 6.6      | ΕΓΓΡΑΦΗ.....                                   | 157        |
| 6.7      | ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΕΡΔΟΥΣ .....                       | 158        |
| 6.8      | ΦΟΡΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΗΧΟΥ .....  | 159        |
| 6.9      | ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΓΡΑΦΗΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ.....            | 160        |
| 6.10     | ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....                              | 161        |
| 6.11     | ΒΑΣΙΚΗ ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....                       | 164        |
| 6.12     | Σύνοψη.....                                    | 167        |
| <b>7</b> | <b>ΒΙΝΤΕΟ.....</b>                             | <b>169</b> |
| 7.1      | ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΒΙΝΤΕΟ.....                        | 170        |
| 7.2      | ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΝΤΕΟ .....                         | 171        |
| 7.3      | ΠΡΟΤΥΠΑ .....                                  | 171        |
| 7.4      | ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ .....                         | 173        |
| 7.5      | Η ΣΑΡΩΣΗ.....                                  | 174        |
| 7.6      | ΖΩΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....                           | 176        |
| 7.7      | ΤΟ ΧΡΩΜΑ ΤΟΥ ΒΙΝΤΕΟ .....                      | 178        |
| 7.8      | ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ .....         | 179        |
| 7.9      | ΡΥΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ..... | 180        |
| 7.10     | ΒΑΘΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.....                            | 180        |
| 7.11     | ΚΑΔΡΟ, ΓΡΑΜΜΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ.....                | 181        |
| 7.12     | Η ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΑΔΡΟΥ.....                     | 182        |
| 7.13     | ΟΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....         | 184        |
| 7.14     | Ο ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ .....                     | 186        |
| 7.15     | ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....                        | 187        |
| 7.16     | ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΟΥ ΒΙΝΤΕΟ .....                    | 189        |
| 7.17     | Ο ΡΥΘΜΟΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....                   | 189        |
| 7.18     | Η ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....          | 191        |
| 7.19     | ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΒΙΝΤΕΟ .....                          | 192        |
| 7.20     | ΣΥΜΠΙΕΣΗ MPEG.....                             | 194        |
| 7.21     | ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΡΕΥΜΑΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....           | 196        |
| 7.22     | MPEG-1 .....                                   | 197        |
| 7.23     | MPEG-2 .....                                   | 197        |
| 7.24     | MPEG-4.....                                    | 197        |

|          |                                                |            |
|----------|------------------------------------------------|------------|
| 7.25     | MPEG-4 Part 10 / H.264 .....                   | 198        |
| 7.26     | ΤΥΠΟΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΒΙΝΤΕΟ .....        | 198        |
| 7.27     | ΤΟ ΜΕΣΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ .....                      | 199        |
| 7.28     | ΡΟΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗ ..... | 200        |
| 7.29     | Σύνοψη.....                                    | 202        |
| <b>8</b> | <b>ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>    | <b>205</b> |
| 8.1      | ΑΛΦΑΒΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ .....     | 206        |
| 8.2      | ΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΕΣ .....              | 213        |
| 8.3      | Η ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΕ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΕΣ .....             | 215        |
| 8.4      | ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ .....             | 217        |
| 8.5      | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΩΝ .....            | 218        |
| 8.6      | ΟΙ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ .....                           | 227        |
| 8.7      | Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΩΝ .....          | 228        |
| 8.8      | ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΠΟ ΕΝΑ ΓΡΑΜΜΑΤΑ .....             | 230        |
| 8.9      | ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΠΟ ΜΙΑ ΛΕΞΕΙΣ .....              | 232        |
| 8.10     | ΤΟ ΜΕΤΡΟ ΤΟΥ ΣΤΙΧΟΥ .....                      | 233        |
| 8.11     | ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΣ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΕΣ .....               | 234        |
| 8.12     | ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΩΝ .....       | 236        |
| 8.13     | Σύνοψη.....                                    | 239        |
| <b>9</b> | <b>ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΚΑΙ HTML.....</b>               | <b>243</b> |
| 9.1      | INTERNET, ΙΣΤΟΣ, ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΚΑΙ HTML.....     | 244        |
| 9.2      | URI και URL .....                              | 245        |
| 9.3      | HTML ΚΑΙ ΕΓΓΡΑΦΑ HTML.....                     | 247        |
| 9.4      | CSS.....                                       | 251        |
| 9.5      | ΤΟ ΕΓΓΡΑΦΟ HTML .....                          | 255        |
| 9.6      | Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΓΓΡΑΦΟΥ HTML.....                  | 255        |
| 9.7      | ΕΤΙΚΕΤΕΣ HTML .....                            | 258        |
| 9.8      | HTML ΚΑΙ XHTML.....                            | 263        |
| 9.9      | DOCTYPE.....                                   | 264        |
| 9.10     | ΜΟΝΟΠΑΤΙΑ ΚΑΙ URL.....                         | 265        |
| 9.11     | ΧΡΩΜΑΤΑ HTML.....                              | 268        |
| 9.12     | HTML 5 .....                                   | 269        |
| 9.13     | ΗΧΟΣ ΚΑΙ HTML 5.....                           | 271        |
| 9.14     | ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΙ HTML 5.....                         | 272        |
| 9.15     | Σύνοψη.....                                    | 274        |
| 9.16     | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....                   | 275        |

## Συντομεύσεις - Ακρωνύμια

|       |                                                    |        |                                                    |
|-------|----------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------|
| ADC   | Analog to Digital Converter                        | ISQ    | International System of Quantities - ISQ           |
| ADPCM | Adaptive differential pulse-code modulation        | JPEG   | Joint Photographic Experts Group                   |
| AIFF  | Audio Interchange File Format                      | MacOSX | Macintosh Operating System X                       |
| ASCII | American Standard Code for Information Interchange | MP3    | MPEG-1 or MPEG-2 Audio Layer III                   |
| BBC   | British Broadcasting Corporation                   | MPEG   | Moving Picture Experts Group                       |
| bit   | binary digit                                       | NTSC   | National Television System Committee               |
| bpc   | bits per color                                     | OTF    | OpenType Font                                      |
| bpp   | bits per pixel                                     | PAL    | Phase Alternating Line                             |
| CC    | Creative Commons                                   | PAR    | Pixel Aspect Ratio                                 |
| CIE   | Commission internationale de l'éclairage           | PCM    | Pulse-code modulation                              |
| CLUT  | Color Lookup Table                                 | PDF    | Portable Document Format                           |
| CRI   | Color Rendering Index                              | RLE    | Run Length Encoding                                |
| DAC   | Digital to Analog Converter                        | SD     | Standard Definition                                |
| DAE   | Digital Audio Extraction                           | SECAM  | Séquentiel Couleur Avec Mémoire                    |
| DC    | Dublin Core                                        | SI     | Système International d'Unités                     |
| DCT   | Discrete Cosine Transform                          | SMPTE  | Society of Motion Picture and Television Engineers |
| DTP   | Desktop Publishing                                 | SVG    | Scalable Vector Graphics                           |
| DVD   | Digital Versatile Disc                             | TIFF   | Taged Image File Format                            |
| EOT   | Embedded OpenType                                  | TTF    | TrueType Font                                      |
| EUB   | European Broadcasting Union                        | UCS    | Universal Character Set                            |
| Exif  | Exchangeable Image File Format                     | USB    | Universal Serial Bus                               |
| FLAC  | Free Lossless Audio Codec                          | USM    | Unsharp Mask                                       |
| FPS   | Frames Per Second                                  | UTF    | Unicode Transformation Format                      |
| GIF   | Graphics Interchange Format                        | WAV    | Waveform Audio File Format                         |
| GOP   | Group of Pictures                                  | woff   | Web Open Font Format (WOFF)                        |
| GPL   | General Public Licence                             | WOFF   | Web Open Font Format (WOFF)                        |
| GUI   | Graphical User Interface                           | XML    | EXtensible Markup Language                         |
| HD    | High Definition                                    | XMP    | Extensible Metadata Platform                       |
| IANA  | Internet Assigned Numbers Authority                | Αγγλ.  | Αγγλικά (ακολουθεί απόδοση στα Αγγλικά)            |
| IEC   | International Electrotechnical Commission          | ΕΛΟΤ   | Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης                   |
| IPTC  | International Press Telecommunications Council     | ΗΠΑ    | Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής                        |
| ISO   | International Organization for Standardization     | ΠΕ     | Παραμετρική Επεξεργασία                            |
|       |                                                    | ΤΕΙ    | Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα                    |



## Πρόλογος

Το βιβλίο αυτό είναι αποτέλεσμα της οργάνωσης του υλικού που έχει προκύψει από τις σημειώσεις, τα εργαστήρια και γενικά τη διδασκαλία του μαθήματος «Εισαγωγή στα Ψηφιακά Μέσα» στο Τμήμα Φωτογραφίας και Οπτικοακουστικών της Σχολής Καλλιτεχνικών Σπουδών του ΤΕΙ Αθήνας. Όπως και ο υπότιτλος αναφέρει, πρόκειται για ένα εισαγωγικό οδηγό που αφορά την τεχνολογία των ψηφιακών μέσων (*κείμενο, φωτογραφική εικόνα, ήχος και βίντεο*) με τα οποία οι φοιτητές έρχονται σε επαφή κατά τη διάρκεια των σπουδών τους και τα οποία εξειδικεύονται σε σχετικά μαθήματα, σε εργαστηριακές ασκήσεις και σε ατομικές ή ομαδικές εργασίες. Το υλικό στοχεύει στην κατανόηση των βασικών αρχών που διέπουν τη φύση των ψηφιακών μέσων και στην εξοικίωση με τη σχετική ορολογία.

Οι έννοιες που πραγματεύεται κάθε κεφάλαιο παρατίθενται στην εισαγωγική του σελίδα· οι σημαντικοί όροι που συνδέονται με αυτές εμφανίζονται στο κείμενο με έντονους χαρακτήρες και μπορούν να λειτουργήσουν σαν σημεία αναφοράς δίνοντας στον αναγνώστη μια συνοπτική εικόνα της ορολογίας που συνδέεται με το αντικείμενο. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιούνται χρωματιστά πλαίσια κειμένου για να δοθεί έμφαση σε σημαντικές αναφορές ή συμπεράσματα ή ορισμούς. Τέλος, μετά από κάθε κεφάλαιο υπάρχει σχετική σύνοψη η οποία λειτουργεί απολογιστικά και καθορίζει το πλαίσιο της συζήτησης που γίνεται στο μάθημα.

Τα περιεχόμενα του βιβλίου είναι χωρισμένα σε εννέα κεφάλαια όπου και γίνονται αναφορές στα παρακάτω:

- |   |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Βασικές Αρχές                   | Αναλογικά Μέσα, Ψηφιακά Δεδομένα, Ψηφιοποίηση, Ψηφιακή Αναπαράσταση, Συμπίεση.                                                                                                                                                                                                  |
| 2 | Ψηφιακή Αναπαράσταση            | Κειμενικές αναπαραστάσεις, Δυναμικές αναπαραστάσεις, Κείμενο, Εικόνα, Ήχος, Βίντεο, Χρωματική αναπαράσταση, Χρωματικά μοντέλα, Χρωματικοί χώροι, Μεταδεδομένα.                                                                                                                  |
| 3 | Ψηφιακές Εικόνες                | Ψηφιογραφικές και Διανυσματικές Εικόνες, Ψηφιοποίηση, Χρωματικός διαχωρισμός, Δειγματοληψία και Ποσοτικοποίηση, Βάθος Χρώματος, Ανάλυση, Χρωματική πληροφορία, Επίπεδα Πληροφορίας.                                                                                             |
| 4 | Επεξεργασία Εικόνας             | Βελτιστοποίηση εικόνας, Επεξεργασία εικονοστοιχείων, Παραμετρική Επεξεργασία, Μέγεθος, Διαστάσεις Εικόνας, Κλιμάκωση, Τονική Διαβάθμιση, Ιστόγραμμα, Τονικές, Διορθώσεις, Χρωματικές Διορθώσεις, Ευκρίνεια, Όξυνση, Επιλογές και Μάσκες, Βελτιστοποίηση για τον Ιστό, Εκτύπωση. |
| 5 | Ήχος                            | Ηχητικό Κύμα, Συχνότητα και Ύψος, Ψηφιοποίηση Ήχου Ρυθμός Δειγματοληψίας και Εύρος Δείγματος, Δυναμική Κλίμακα, Κωδικοποίηση και Συμπίεση, MIDI.                                                                                                                                |
| 6 | Ήχος, Καταγραφή και Επεξεργασία | Καταγραφή Ψηφιακού Ήχου, Ηχογράφηση, Μικρόφωνα, Επεξεργασία Κυματομορφής, Φίλτρα Επεξεργασίας.                                                                                                                                                                                  |
| 7 | Βίντεο                          | Βίντεο, Πρότυπα, Κάδρο, Ανάλυση, Ρυθμός Κάδρου, Συστήματα Βίντεο, Βίντεο Υψηλής Ευκρίνειας, Συμπίεση Βίντεο.                                                                                                                                                                    |
| 8 | Ψηφιακό Κείμενο και Τυπογραφία  | Κωδικοποίηση Χαρακτήρων, Σύνολα Χαρακτήρων, Γράμματα και Γραμματοσειρές, Ψηφιακές Γραμματοσειρές.                                                                                                                                                                               |
| 9 | Ιστοσελίδες και HTML            | Διαδίκτυο, Παγκόσμιος Ιστός, Ιστοσελίδες, URL, Έγγραφο HTML, Υπερκείμενο, Σήμανση HTML, CSS, HTML 5.                                                                                                                                                                            |

η σελίδα παραμένει εσκεμμένα κενή



# 1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

## Βασικές Έννοιες

Αναλογικά Μέσα

Ψηφιακά Δεδομένα

Ψηφιοποίηση

Ψηφιακή Αναπαράσταση

Συμπίεση

## 1.1 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.*

### 1.1.1 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.



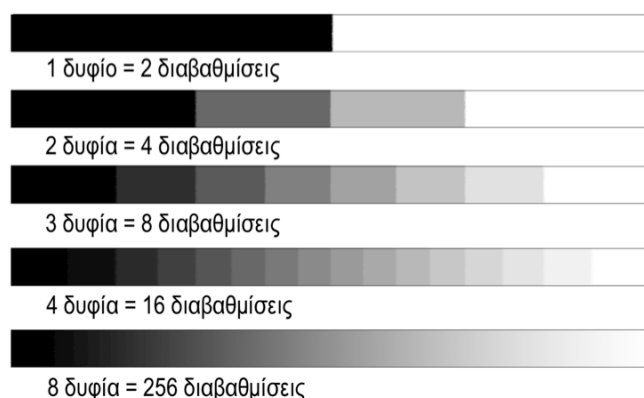
**Εικόνα 1.1.** Μια αναλογική συσκευή (αριστερά) και μια ψηφιακή. Και οι δύο συσκευές μετράνε χρόνο με ακρίβεια δευτερολέπτου. Η ακρίβεια της μέτρησης με το αναλογικό ρολόι είναι στην πραγματικότητα μεγαλύτερη από αυτή του ψηφιακού, καθώς η θέση του δευτερολεπτοδείκτη (αν θεωρήσουμε ότι κινείται αδιάκοπα) 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.

### 1.1.2 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.

## 1.2 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 ψηφιολέκεις 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                                      | <b>k</b> | kilo | 1000                  | 1024                               | <b>Ki</b> | kibi | 1024                  |
| 1000 <sup>2</sup>                         | <b>M</b> | mega | 1.000.000             | 1024 <sup>2</sup>                  | <b>Mi</b> | mebi | 1.048.576             |
| 1000 <sup>3</sup>                         | <b>G</b> | giga | 1.000.000.000         | 1024 <sup>3</sup>                  | <b>Gi</b> | gibi | 1.073.741.824         |
| 1000 <sup>4</sup>                         | <b>T</b> | tera | 1.000.000.000.000     | 1024 <sup>4</sup>                  | <b>Ti</b> | tebi | 1.099.511.627.776     |
| 1000 <sup>5</sup>                         | <b>P</b> | peta | 1.000.000.000.000.000 | 1024 <sup>5</sup>                  | <b>Pi</b> | 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).



### 1.3 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.

#### 1.3.1 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 δυαδικό 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 δυαδικό 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 δυαδικού 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 δυαδικό, 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 δυαδικό 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 δυαδικό χρησιμοποιεί δύο μόνο ψηφία, το 0 και το 1.

| $19_{10} = 10011_2$ |        |          |  |
|---------------------|--------|----------|--|
| 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.

### 1.3.2 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 δέση (#) 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 #CCCCC.

### 1.3.3 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:

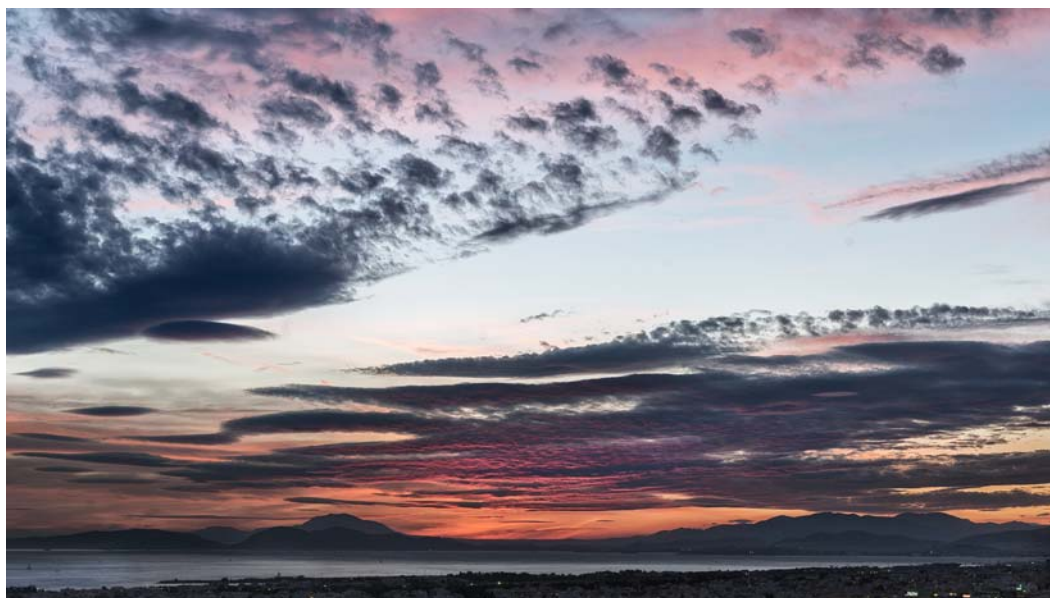
α) Η ακολουθία (3 bytes) «100000001000000010000000» μπορεί να αναπαριστά:

- 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 ( $128_R 128_G 128_B$ , 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.

## 1.4 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 διαχειριστούν. 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).

## 1.5 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**.

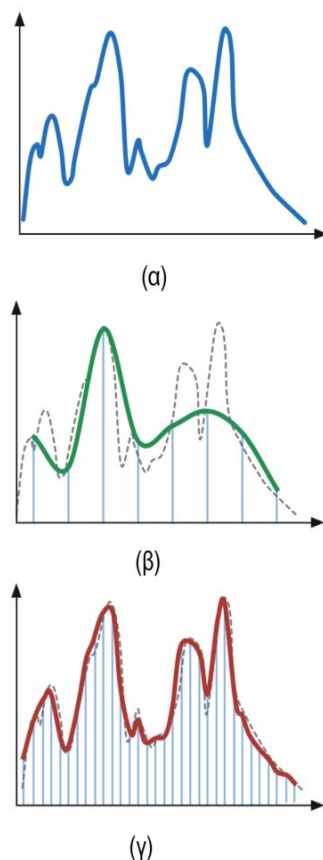
### 1.5.1 ΡΥΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Η μετατροπή της αναλογικής πληροφορίας σε ψηφιακά δεδομένα, γίνεται με τη **λήψη δειγμάτων** (μέτρηση τιμών του ερεθίσματος) και τη στρογγυλοποίησή 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 (στρογγυλοποιηθούν), 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.



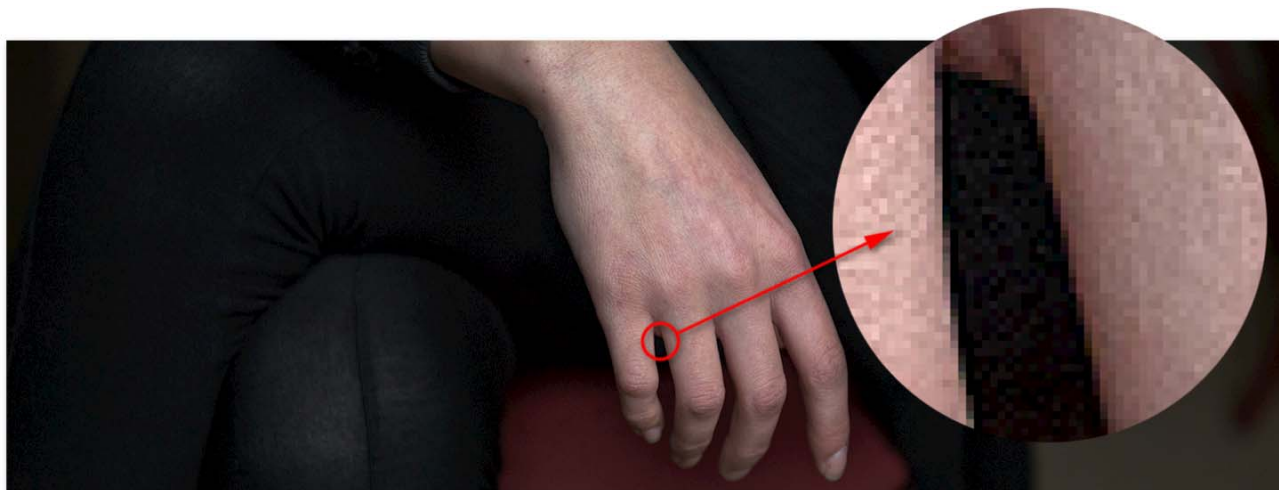


**Εικόνα 1.4.** Το φαινόμενο Aliasing

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 β και γ, ενός σήματος α 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 β η δειγματοληψία γίνεται με πολύ λιγότερα δείγματα από ότι στην γ και το αποτέλεσμα είναι η καταγραφή ενός σήματος που δεν υπάρχει (aliasing).



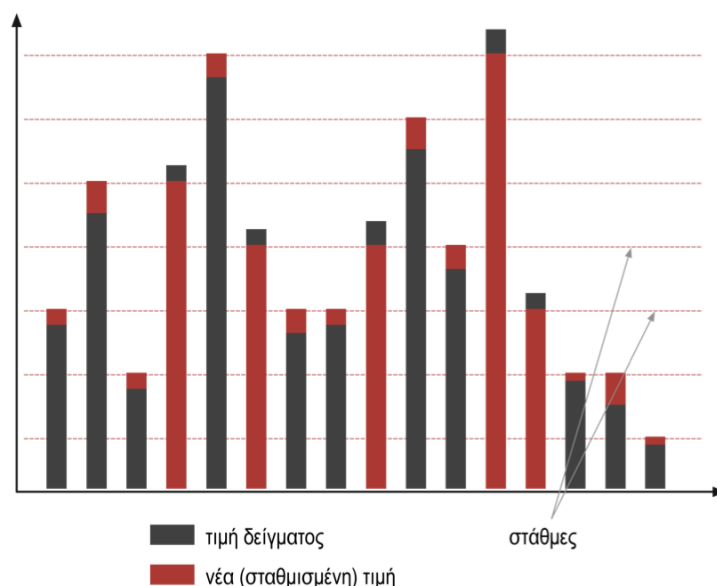
**Εικόνα 1.4.01.** Το φαινόμενο aliasing σε ψηφιακή φωτογραφική λήψη (παρένθετη εικόνα). Η (χωρική) συχνότητα δειγματοληψίας δεν είναι αρκετά υψηλή για να αναπαραστήσει τις γραμμές του χεριού και αυτές εμφανίζονται σαν διακριτές διαβαθμίσεις (σκαλοπάτια). (Βλ. 3.2.1 - Δειγματοληψία)

**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.

### 1.5.2 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 ( $8^2=256$ ) 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.



## 1.6 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.

### 1.6.1 ΠΛΕΟΝΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑ

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

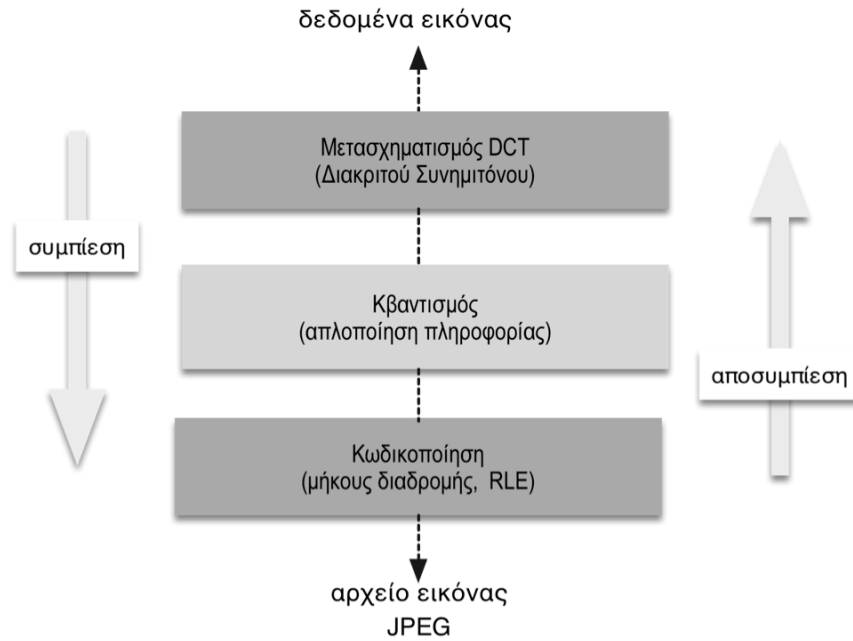
Η πρώτη στρατηγική χρησιμοποιείται συχνά σε διαδικασίες μη απωλεστικής κωδικοποίησης και βασίζεται στην αναζήτηση σχημάτων επανάληψης στην παράθεση των δυφίων και σε πιο αποτελεσματικούς τρόπους αναπαράστασής τους. Αν για παράδειγμα σε μια αλληλουχία δυφίων το ίδιο bit εμφανίζεται 30 φορές στη σειρά, 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**.

### 1.6.2 ΜΗ ΑΠΩΛΕΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

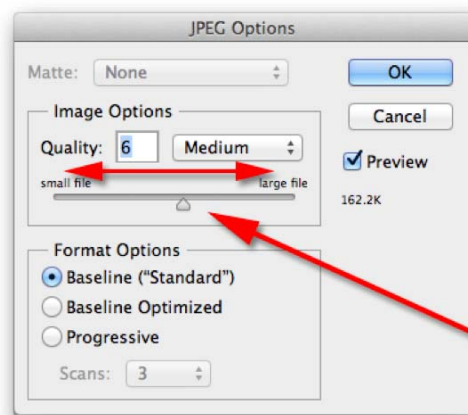
Οι μέθοδοι συμπίεσης μπορούν να διαχωριστούν στις **μη απωλεστικές** και στις **απωλεστικές**. Οι μη απωλεστικές κωδικοποιούν και αποκωδικοποιούν τα δεδομένα, αναπαράγοντας εκ νέου το ίδιο ακριβώς σύνολο δεδομένων. Οι απωλεστικές μέθοδοι (αναφέρονται και ως μη αντιστρεπτές) δεν μπορούν να δημιουργήσουν 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 βασισμένος στη λειτουργία της ανθρώπινης ακοής, η οποία στιγμιαία παύει να λειτουργεί μετά από ένα ιδιαίτερα έντονο ηχητικό ερέθισμα.

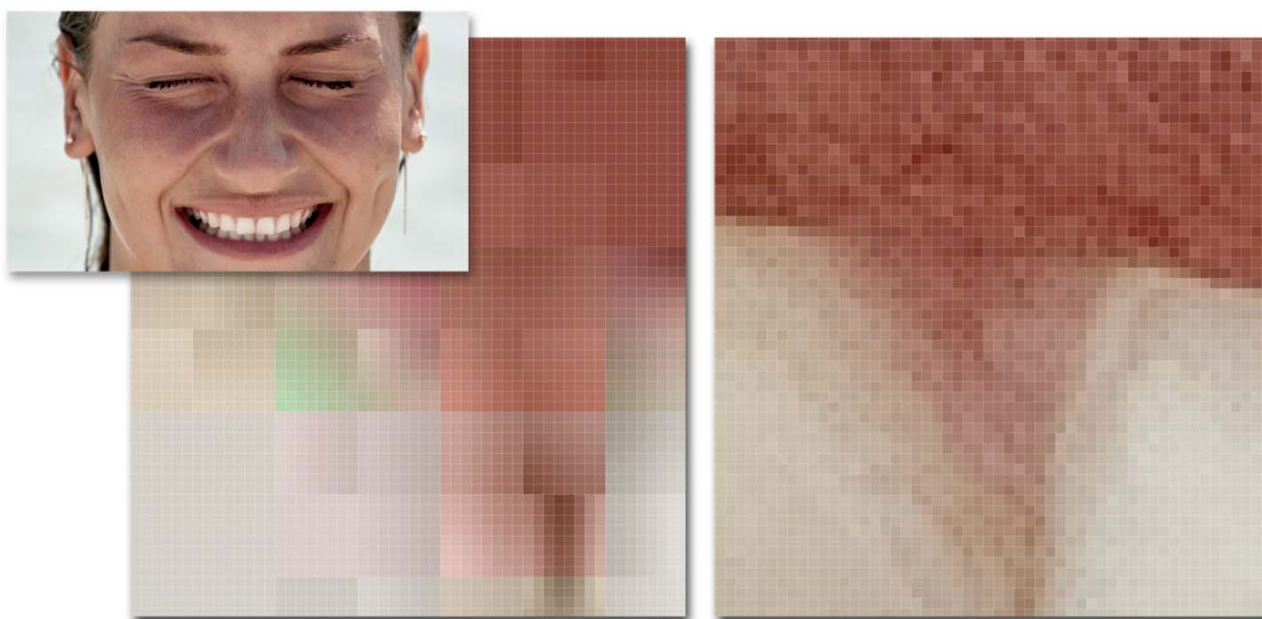


**Εικόνα 1.7.** Η επιλογή σχέσης ποιότητας/συμπίεσης για κωδικοποίηση εικόνας JPEG σε πλαίσιο πληροφορίας εφαρμογής επεξεργασίας εικόνας. Η ποιότητα είναι αντίστροφο μέγεθος του βαθμού συμπίεσης.

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 τεχνούργημα JPEG (JPEG artifact) και μπορεί να είναι από ανεπαίσθητη έως πολύ ενοχλητική· κάποιες ψηφιακές εφαρμογές μάλιστα διαθέτουν ειδικά φίλτρα για την απάλειψή της.

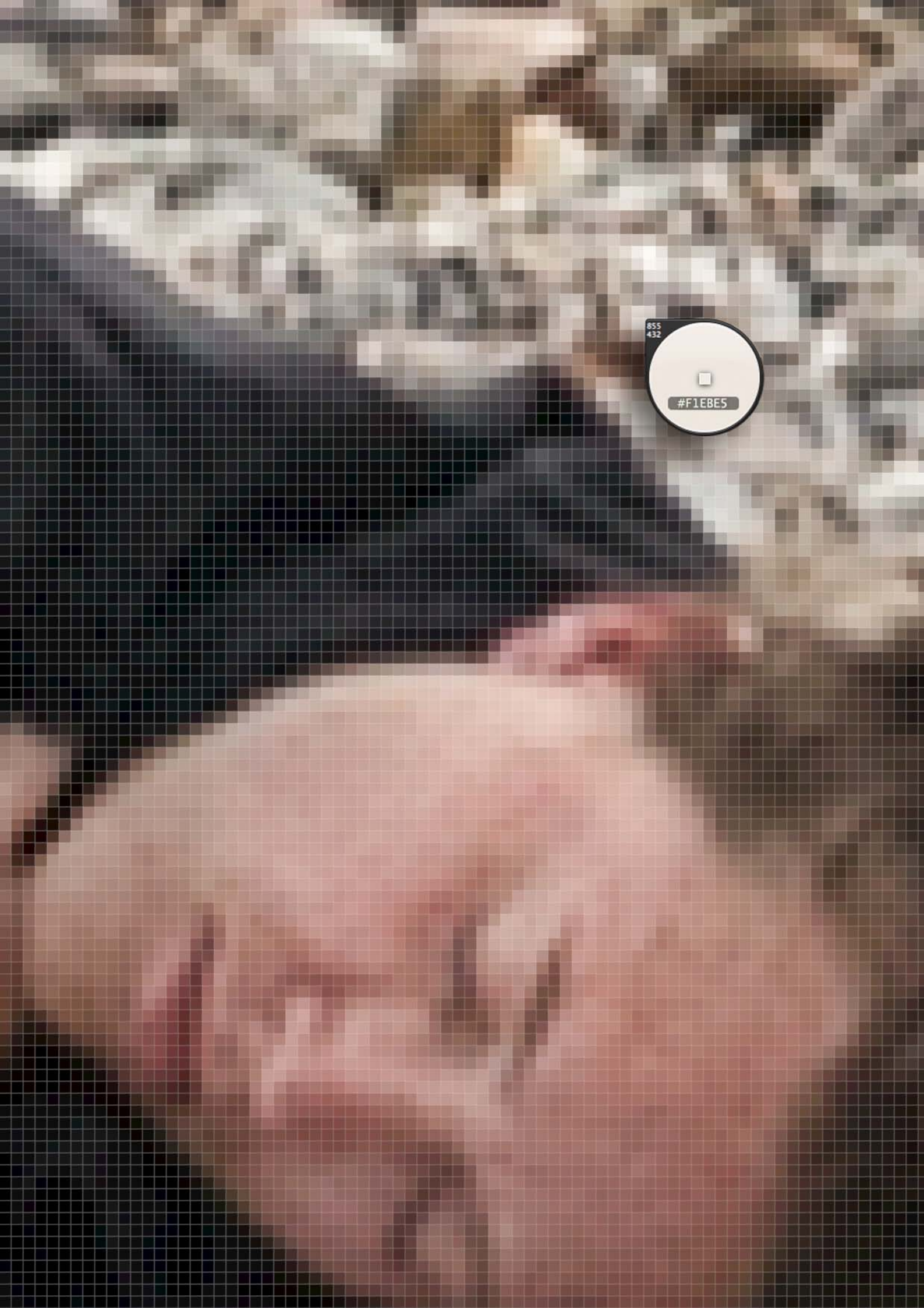
Οι απωλεστικές μέθοδοι συμπίεσης επιτυγχάνουν πάντοτε υψηλότερο λόγο συμπίεσης από ότι οι μη απωλεστικές, κάτι που τις καθιστά ιδανικές όταν το μέγεθος του ψηφιακού αρχείου είναι πιο σημαντικό από την ποιότητα.

## 1.7 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).

η σελίδα παραμένει εσκεμμένα κενή





855  
432

#F1EBE5

## 2 ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ

### Βασικές Έννοιες

*Κειμενικές αναπαραστάσεις*

*Διαδικές αναπαραστάσεις*

*Κείμενο, Εικόνα, Ήχος, Βίντεο*

*Χρωματική αναπαράσταση*

*Χρωματικά μοντέλα*

*Χρωματικοί χώροι*

*Μεταδεδομένα*



## 2.1 ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ

Όλα τα ψηφιακά δεδομένα καταχωρούνται στον υπολογιστή σαν συλλογές δυφίων ανεξάρτητα από το μέσο που περιγράφουν. Ο τρόπος με τον οποίο οργανώνονται τα ψηφιακά δεδομένα για να αναπαραστήσουν ένα μέσο (κείμενο, εικόνα, ήχο, βίντεο) εξαρτάται από τη φύση του μέσου αλλά και από τους διαθέσιμους πόρους για την αναπαραγωγή του. Οι περισσότερες εφαρμογές επεξεργασίας ψηφιακών μέσων (επεξεργασία εικόνας, ήχου, κλπ) χρησιμοποιούν κάποιο εσωτερικό μοντέλο ή σύστημα αναπαράστασης των δεδομένων το οποίο δεν είναι πάντοτε το ίδιο με αυτό που χρησιμοποιούν για να εξάγουν τα δεδομένα για μόνιμη αποθήκευση.

### 2.1.1 ΚΕΙΜΕΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΥΑΔΙΚΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ

Το κείμενο στα ψηφιακά μέσα έχει ένα διπλό ρόλο καθώς εκτός από μέσο αυτό καθαυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να περιγράψει άλλα μέσα. Η αναπαράστασή του μπορεί να γίνει συσχετίζοντας αλφαβητικούς χαρακτήρες με σειρές δυφίων που αναπαριστούν αριθμούς. Το κείμενο όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να περιγράψει μια εικόνα ή ένα χρώμα. Οι αναπαραστάσεις που βασίζονται στο κείμενο, οι **κειμενικές αναπαραστάσεις**, διέπονται από κανόνες σύνταξης (γλώσσες) που εξασφαλίζουν την ακεραιότητα των δεδομένων και διασφαλίζουν την ανάγνωσή τους από σχετικές εφαρμογές.

Παράδειγμα κειμενικής αναπαράστασης είναι η αναπαράσταση διανυσματικών δεδομένων σε ένα αρχείο δυσδιάστατων γραφικών SVG (Scalable Vector Graphics) στο οποίο τα διανύσματα περιγράφονται με τη γλώσσα XML (EXtensible Markup Language).

Οι αναπαραστάσεις δεδομένων που δεν απαιτούν κάποια ενδιάμεση γλώσσα κειμένου, λέγονται **δυναδικές αναπαραστάσεις**. Οι δυναδικές αναπαραστάσεις πρέπει και αυτές να συμμορφώνονται σε κάποια πρότυπη δομή, σε κάποιο δηλαδή **μορφότυπο** (file format), έτσι ώστε να μπορούν να αναγνωριστούν από τις σχετικές εφαρμογές επεξεργασίας.

Παράδειγμα δυναδικής αναπαράστασης είναι τα ψηφιογραφικά δεδομένα εικόνας που περιγράφουν μια διάταξη εικονοστοιχείων σε ένα αρχείο ψηφιακής εικόνας JPEG. Αυτό που καθιστά το αρχείο JPEG αρχείο ψηφιογραφικής εικόνας είναι η διερμηνευση των bytes που χρησιμοποιεί ενώ για το αρχείο SVG είναι η διερμηνευση του κειμενικού του περιεχομένου το οποίο αναπαριστάται από bytes.

### 2.1.2 ΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑ

Το κείμενο όπως ήδη έχει αναφερθεί αναπαριστάται στον υπολογιστή με την αντιστοίχιση χαρακτήρων και αριθμών οι οποίοι ονομάζονται **κώδικες**. Αν όλοι συμφωνούν με την αντιστοίχιση τότε η πληροφορία αυτή μπορεί να μοιραστεί αδιάκριτα καθώς το αποτέλεσμα της αποκωδικοποίησης θα αφορά στους ίδιους χαρακτήρες· όλοι δηλαδή θα διαβάζουν το ίδιο κείμενο. Στην περίπτωση που η αντιστοίχιση είναι διαφορετική (άλλη γλώσσα, άλλο αλφάβητο) η αναπαράσταση δεν θα είναι λειτουργική. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κοινά συμφωνημένα **σύνολα χαρακτήρων** (αντιστοιχίσεις χαρακτήρων με αριθμούς), όπως το UNICODE.

Η απεικόνιση του κειμένου στην οθόνη του υπολογιστή ή σε μια εκτύπωση απαιτεί πρόσθετες πληροφορίες που περιγράφουν τη μορφή του. Οι πληροφορίες αυτές προέρχονται από ψηφιακά αρχεία **γραμματοσειρών** τα οποία ενσωματώνουν μικρές εικόνες (**γλύφες**) που χρησιμοποιούνται από τον επεξεργαστή γραφικών για τον σχεδιασμό των χαρακτήρων στην οθόνη του υπολογιστή ή στον εκτυπωτή. (Βλ. Κεφάλαιο 8, Ψηφιακό Κείμενο και Τυπογραφία.)

Οι ψηφιακές εικόνες απεικονίζονται στην οθόνη του υπολογιστή με τα φωτεινά (φυσικά) εικονοστοιχεία της οθόνης. Οι τυπωμένες (ψηφιακές) εικόνες συνήθως απεικονίζονται με κουκίδες μελανιού (ασπρόμαυρες ή έγχρωμες) σε μια οργανωμένη διάταξη (πλέγμα ράστερ) πάνω σε κάποιο υπόστρωμα (χαρτί, πλαστικό, κ.ά.)· η απεικόνιση (απόδοση) των εικόνων δηλαδή βασίζεται σε συστήματα με διακριτά δομικά στοιχεία αλλά σε τόσο υψηλή ανάλυση που δίνουν την οπτική αίσθηση της συνέχειας των τόνων (φωτογραφική ποιότητα).

*Είναι συνηθισμένο να διαχωρίζουμε τις ψηφιακές εικόνες με βάση το σύστημα αναπαράστασής τους, σε εικόνες ψηφιογραφικές (bitmap graphics) και σε εικόνες διανυσματικές (vector graphics).*

Οι ψηφιογραφικές εικόνες περιγράφονται σαν μια διάταξη εικονοστοιχείων (όπως οι ψηφίδες σε ένα ψηφιδωτό), με διακριτές τιμές χρώματος, σε ένα ορθογώνιο πλέγμα. Για τη διάκριση ανάμεσα σε αυτά τα (περιγραφικά) εικονοστοιχεία και στις φυσικές κουκίδες (ψηφίδες) που αναπαριστούν την εικόνα σε μια οθόνη υπολογιστή, χρησιμοποιείται συνήθως ο όρος **λογικά εικονοστοιχεία**, για τα πρώτα και **φυσικά εικονοστοιχεία**, για τα δεύτερα. Οι διανυσματικές εικόνες δεν χρειάζονται τέτοιου είδους περιγραφή γιατί είναι διανύσματα· περιγράφονται δηλαδή με μαθηματικές σχέσεις (κείμενο), που προσδιορίζουν γραμμές, καμπύλες, σχήματα. Οι διανυσματικές εικόνες είναι συνθετικές και σχεδιάζονται (σχεδιαστικά προγράμματα), οι φωτογραφικές εικόνες είναι ψηφιογραφικές και συλλαμβάνονται (φωτογραφική λήψη).

## 2.2 Η ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το χρώμα είναι αίσθημα που διέπεται από πολύπλοκες φυσικές και ψυχικές διεργασίες, ακόμα και από πολιτισμικές πεποιθήσεις και λογίζεται (για τους περισσότερους) ως αδιαμφισβήτητο αγαθό. Η εξοικίωση με την εμπειρία του χρώματος είναι τέτοια που θεωρείται ως αναμενόμενο περιεχόμενο (φωτογραφίες, ζωγραφίες, σχέδια, γράμματα, εκτυπώσεις, ιστοσελίδες κλπ). Η αναλογική χρωματική εμπειρία (αναλογικό σήμα) για να αναπαρασταθεί σε ψηφιακά μέσα θα πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε διακριτικό (ψηφιακό) σήμα και να κωδικοποιηθεί.

Η ψηφιοποίηση και αναπαράσταση της χρωματικής πληροφορίας στηρίζεται σε χρωματικές θεωρίες που αφορούν στους μηχανισμούς της ανθρώπινης όρασης (τριχρωματική όραση, χρωματική αντιπαλότητα), σε φυσικές διεργασίες δημιουργίας χρωματικού αισθήματος (χρωματική σύνθεση) και στη (μαθηματική) μοντελοποίηση του χρώματος (χρωματικά μοντέλα).

### 2.2.1 ΜΙΛΩΝΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΧΡΩΜΑ

Στην περίπτωση των ψηφιακών γραφικών μέσων και γενικά σε δημιουργικές εφαρμογές του χρώματος, υπάρχει η ανάγκη για μια διαισθητικά κατανοητή περιγραφή του. Περιγράφοντας το χρώμα αναφερόμαστε σε τρεις ποιοτικές συνιστώσες (χαρακτηριστικά), στη **χροιά** ή **απόχρωση** (Hue), στον **κορεσμό** (Saturation) ή **βαθμό χρωματικής πληρότητας** (βαθμό κόρου) και στη **φωτεινότητα** (Lightness) ή **ένταση** (Value).

Η **απόχρωση** (Hue) αναφέρεται σε εκείνο το χαρακτηριστικό του χρώματος, σύμφωνα με το οποίο μια περιοχή φαίνεται να είναι όμοια με ένα από τα χρώματα που αναγνωρίζονται σαν κόκκινο, κίτρινο, πράσινο, μπλε ή με ένα συνδυασμό δύο εξ' αυτών. Με λίγα λόγια, αν

το κυρίαρχο μήκος κύματος μιας ορατής ακτινοβολίας αλλάζει τιμή, η απόχρωση του χρώματος στο οποίο αντιστοιχεί θα μεταβληθεί ανάλογα.



**Εικόνα 2.1.** Τα ίδια χρώματα με διαφορετικό βαθμό κόρου (χρωματικής πληρότητας)

Ο κορεσμός (Saturation ή Chroma ή Colorfulness) ή βαθμός κόρου, αναφέρεται στη «δύναμη» ή αλλιώς στην «καθαρότητα» του χρώματος. Ένα ουδέτερο γκρι χρώμα έχει μηδενικό κορεσμό. Ένα κορεσμένο κόκκινο χρώμα είναι αυτό ενός κόκκινου μήλου. Το πορτοκαλί είναι χρώμα κόκκινο με μειωμένο βαθμό κόρου. Πρακτικά δηλαδή, όσο περιορισμένη σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος είναι η κατανομή φασματικής ενέργειας μιας ακτινοβολίας, τόσο πιο κορεσμένο (καθαρό, διακριτό, πλήρες) είναι το χρώμα που συσχετίζεται με αυτή.

Ο κορεσμός ενός χρώματος φθίνει αν προστεθεί σε αυτό χρωματικά «ουδέτερο» φως (ακτινοβολία με την ίδια ισχύ σε όλα τα μήκη κύματος, δηλαδή λευκό φως). Μπορούμε δηλαδή να πούμε ότι όσο μικρότερη είναι η συμμετοχή του λευκού σε ένα χρώμα, τόσο πιο κορεσμένο είναι το χρώμα.

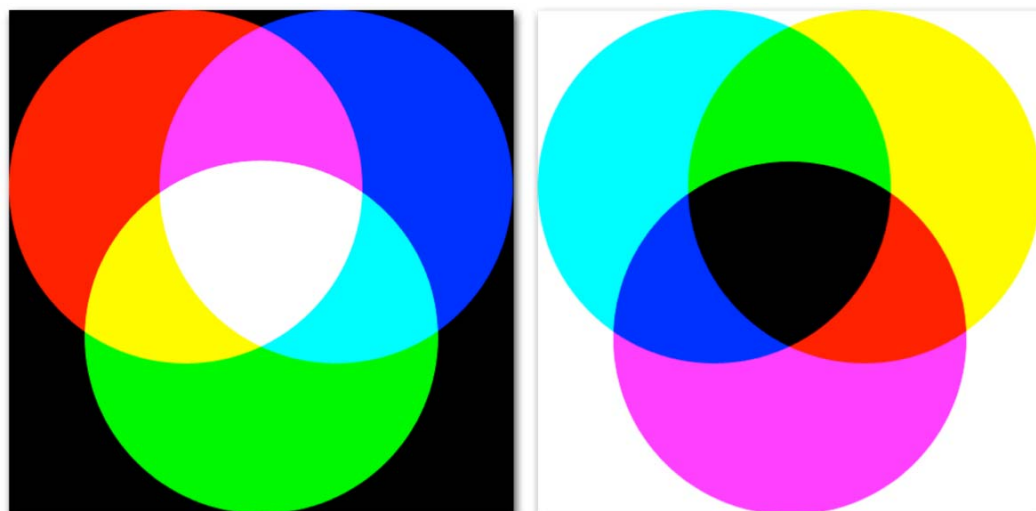
Η φωτεινότητα (lightness)<sup>8</sup> αναφέρεται στο πόσο φωτεινό ή σκοτεινό φαίνεται ένα χρώμα και είναι ένα σχετικό μέτρο<sup>8</sup> αναφέρεται στη λαμπρότητα (brightness) ενός χρώματος σε σχέση με μια επιφάνεια αναφοράς (συνήθως λευκή). Πρακτικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι η φωτεινότητα είναι «συγκριτική ή σχετική λαμπρότητα».

*Τα τρία χαρακτηριστικά της αίσθησης του χρώματος είναι η απόχρωση, ο κορεσμός και η φωτεινότητα.*

### 2.2.2 ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΟ ΚΑΙ ΑΦΑΙΡΕΤΙΚΟ ΧΡΩΜΑ

Δύο είναι οι μέθοδοι χρωματικής σύνθεσης (δημιουργίας χρωμάτων), η προσθετική και η αφαιρετική. Η προσθετική χρωματική σύνθεση βασίζεται στο ότι η μίξη κόκκινου, πράσινου και μπλε φωτός της ίδιας μέγιστης ισχύος έχει σαν αποτέλεσμα «άχρωμο» φως (λευκό). Η σύγχρονη προβολή κόκκινου και πράσινου φωτός δημιουργεί κίτρινο, κόκκινου και μπλε δημιουργεί ματζέντα και η προβολή μπλε και πράσινου δημιουργεί κυανό. Χρησιμοποιώντας διαφορετικές εντάσεις κόκκινου, πράσινου και μπλε φωτός, μπορούμε να δημιουργήσουμε όλα τα χρώματα του ορατού φάσματος. Η προσθετική χρωματική σύνθεση καθορίζει την σύλληψη (ψηφιακή φωτογραφική λήψη) και την προβολή εικόνων (οθόνες υπολογιστών, προβολικά, τηλεόραση, κλπ).

<sup>8</sup> Ο όρος Lightness αναφέρεται και ως albedo, από το λατινικό albus (λευκότητα).



**Εικόνα 2.2.** Προσθετική χρωματική σύνθεση (αριστερά) με κόκκινο, πράσινο και μπλε φως και αφαιρετική χρωματική σύνθεση με φίλτρα κυανού, ματζέντα και κίτρινου χρώματος.

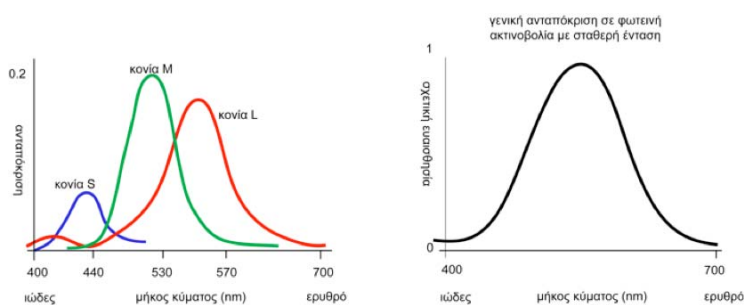
Η αφαιρετική χρωματική σύνθεση αναφέρεται στη διαδικασία «αφαίρεσης» τμημάτων του ορατού φάσματος (λευκό φως) με τη βοήθεια φίλτρων που απορροφούν τμήματα του φάσματος. Η αφαιρετική σύνθεση δηλαδή, ξεκινά από το λευκό και με τη βοήθεια παρεμβλλόμενων φίλτρων κυανού ( $C=B+G$ ), ματζέντα ( $M=R+B$ ) και κίτρινου ( $Y=R+G$ ) χρώματος, δημιουργεί όλα τα χρώματα του ορατού φάσματος. Αν οι εντάσεις των φίλτρων είναι μέγιστες, στο σημείο σύμπτωσης των τριών φίλτρων το αποτέλεσμα είναι μαύρο χρώμα (ανυπαρξία φωτός).

Η αφαιρετική χρωματική σύνθεση καθορίζει την εκτύπωση εικόνων με μελάνια. Όταν εφαρμόζεται στην πράξη (έγχρωμες εκτυπώσεις) χρησιμοποιείται και ένα τέταρτο χρώμα, το μαύρο ( $K=Key$ ) για να προστεθεί ουδέτερη πυκνότητα. Αυτό συμβαίνει γιατί τα έγχρωμα μελάνια δεν είναι «τέλεια» φίλτρα, αλλά και για λόγους οικονομίας (το μαύρο μελάνι κοστίζει λιγότερο από ότι τα έγχρωμα).

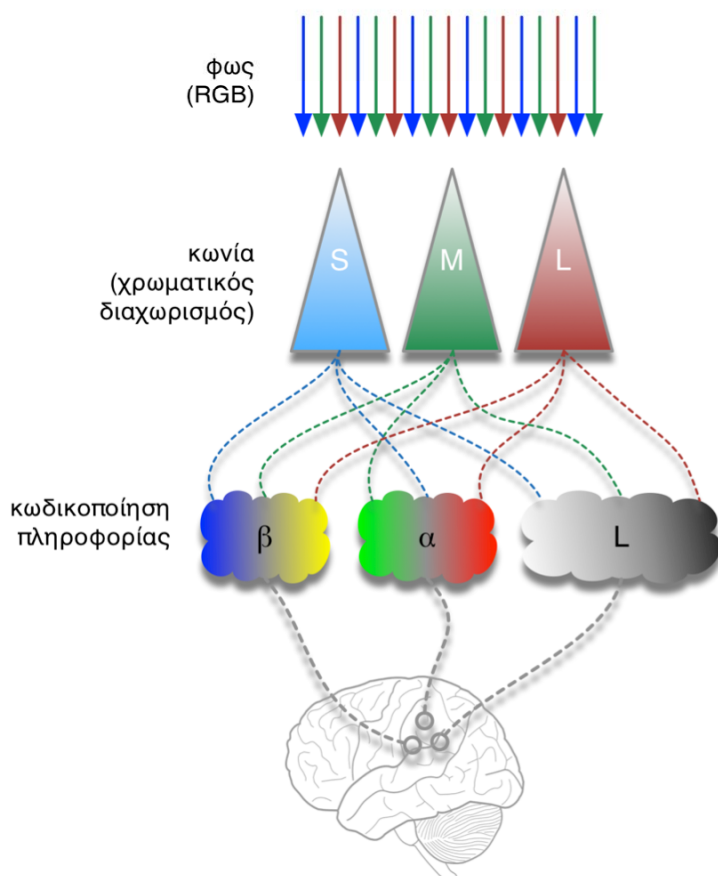
*Η προσθετική χρωματική σύνθεση χρησιμοποιείται στη σύλληψη και στην προβολή εικόνων (ψηφιακές κάμερες, οθόνες υπολογιστών, προβολικά, τηλεόραση, κλπ) ενώ η αφαιρετική χρωματική σύνθεση χρησιμοποιείται στην εκτύπωση εικόνων με μελάνια (τετραχρωμίες όφσετ, εκτυπώσεις ψεκασμού, κλπ).*

## 2.3 ΧΡΩΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Οι θεωρήσεις στις οποίες βασίζεται η έγχρωμη φωτογραφική αναπαραγωγή, σε επίπεδο σύλληψης εικόνων (φωτογραφικές λήψεις) επεξεργασίας και αναπαράστασης (προβολή και εκτύπωση εικόνων) είναι αυτές της τριχρωματικής όρασης (*Young-Helmholtz color vision theory*) και της αντιπαλότητας των χρωμάτων (*Ewald Hering*).



**Εικόνα 2.3.** Στο πρώτο στάδιο του μηχανισμού της ανθρώπινης όρασης υλοποιείται ο χρωματικός διαχωρισμός του φυσικού ερεθίσματος (ακτινοβολίας). Αυτό γίνεται με την καταγραφή μηκών κύματος που αντιστοιχούν στο κόκκινο, πράσινο και μπλε φως μέσω της επιλεκτικής ευαισθησίας των κωνίων σε αυτά (κωνία L, M και S). Η ευαισθησία στο πράσινο είναι μεγαλύτερη από ότι στο κόκκινο και στο μπλε.



**Εικόνα 2.4.** Η καταγραφή του χρώματος γίνεται μέσω των κωνίων (S, M και L) που είναι ευαίσθητα σε τμήματα του φάσματος της ορατής ακτινοβολίας (400 ~ 700 nm) και αντιστοιχούν στο κόκκινο, πράσινο και μπλε φως· αυτό είναι και η βάση της τριχρωματικής θεωρίας της όρασης η οποία όμως δεν εξηγεί όλα τα σχετικά φαινόμενα. Η εφαρμογή της ιδέας ότι όλα τα χρώματα προέρχονται από τον συνδυασμό κόκκινου, πράσινου και μπλε φωτός, αποτελεί την αρχή κάθε συστήματος χρωματικού διαχωρισμού στις γραφικές τέχνες.

Η χρωματική πληροφορία μετουσιώνεται σε χρωματική με τρεις συνιστώσες (κανάλια) που αφορούν στην ένταση (L), στην κυριαρχία μπλε ή κίτρινου (β) και στην κυριαρχία κόκκινου ή πράσινου (α).

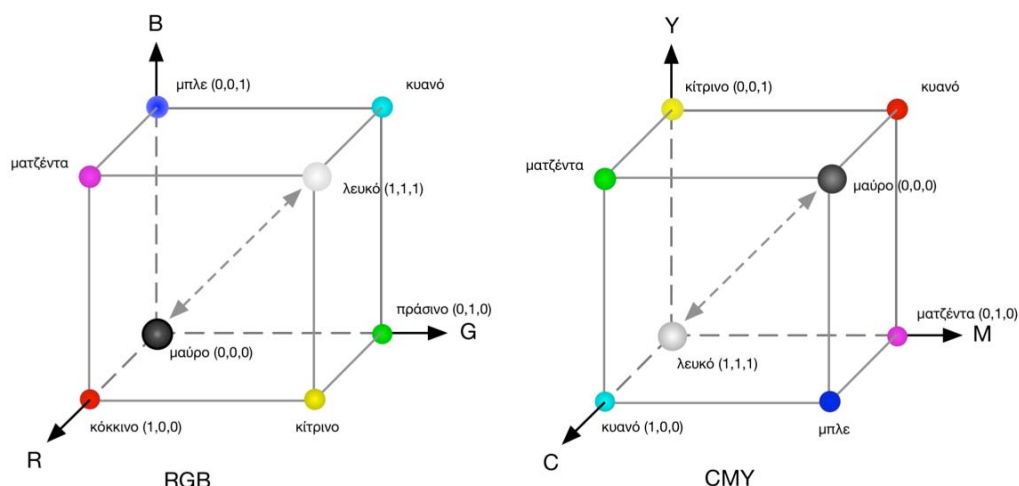
Τα γράμματα L, α και β, χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις τρεις συνιστώσες του χρωματικού μοντέλου Lab.

Τα **χρωματικά μοντέλα** είναι μαθηματικά συστήματα περιγραφής και επικοινωνίας χρωμάτων. Η περιγραφή των χρωμάτων γίνεται με αριθμούς με τους οποίους συσχετίζονται τα χρώματα, ανάλογα με τον τύπο του μοντέλου· το ίδιο χρώμα δηλαδή μπορεί να περιγραφεί με περισσότερα από ένα χρωματικά μοντέλα. Κάθε χρωματικό μοντέλο εξυπηρετεί διαφορετικές εφαρμογές· αυτά που βασίζονται στην **προσθετική χρωματική σύνθεση** σχετίζονται με εφαρμογές δημιουργίας και αναπαράστασης χρώματος με συνδυασμούς φωτεινών δεσμών (ψηφιακή φωτογραφία, οθόνη υπολογιστή, κλπ) και αυτά που βασίζονται στην **αφαιρετική χρωματική σύνθεση** σχετίζονται με εφαρμογές εκτύπωσης (εναπόθεση μελανιών σε χαρτί).

Τα χρωματικά μοντέλα δεν μπορούν να προσδιορίσουν επακριβώς την εμφάνιση κάποιου συγκεκριμένου χρώματος γιατί αυτή εξαρτάται και από τη συσκευή που θα το αναπαράξει. Ένα υποσύνολο δηλαδή χρωμάτων (χρωματική γκάμα) προσδιορίζεται από το χρωματικό μοντέλο που το περιγράφει αλλά και από τη συσκευή που το παράγει. Το χρώμα που προσδιορίζεται με αυτό τον τρόπο λέγεται **χρώμα εξαρτημένο συσκευών** ή απλά **εξαρτημένο χρώμα**. Το χρώμα που προσδιορίζεται ανεξάρτητα και δεν συσχετίζεται με κάποια αναπαραγωγική συσκευή λέγεται **χρώμα ανεξάρτητο συσκευών** ή απλά **ανεξάρτητο χρώμα**.

*Χρωματικό μοντέλο είναι ένα αφηρημένο μαθηματικό μοντέλο το οποίο περιγράφει τον τρόπο αναπαράστασης των χρωμάτων με αριθμούς. Όταν το μοντέλο συσχετιστεί με ένα τρόπο χρωματικής απεικόνισης των αριθμών, τα χρώματα που προκύπτουν λέμε ότι συνιστούν ένα χρωματικό χώρο. Επειδή τα χρωματικά μοντέλα είναι τρισδιάστατα πολλές φορές αναφέρονται και ως χρωματικοί χώροι.*

### 2.3.1 Τα Χρωματικά Μοντέλα RGB και CMY(K)



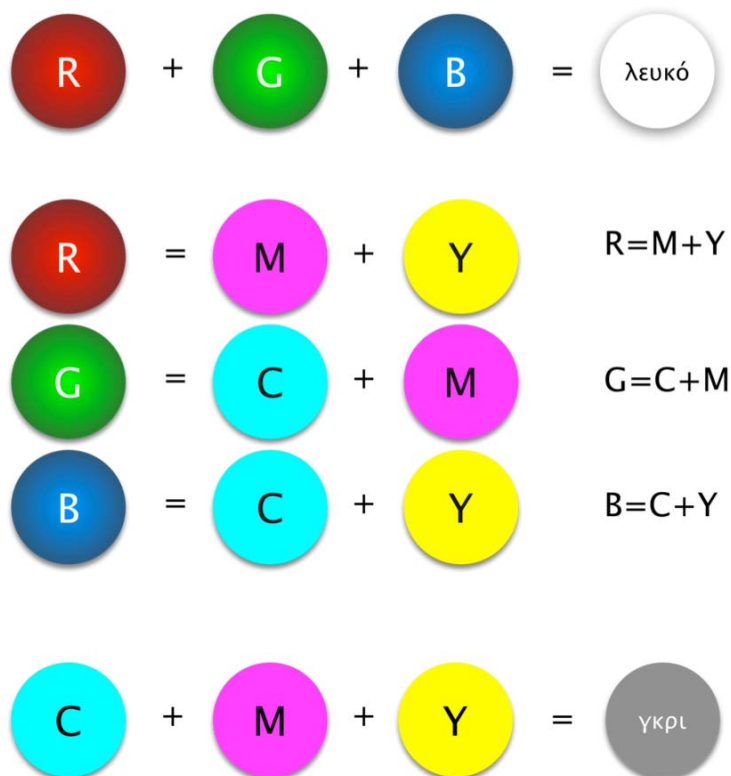
**Εικόνα 2.5.** Γραφική παράσταση σε τρεις διαστάσεις των χώρων RGB και CMY. Οι τιμές των εντάσεων είναι κανονικοποιημένες στην κλίμακα από 0 έως 1 (σημειώνονται και ως 0% - 100% ή 0 - 255).

Το χρωματικό μοντέλο RGB βασίζεται στην προσθετική χρωματική σύνθεση και οι τρεις χρωματικές συνιστώσες του είναι εντάσεις κόκκινου, πράσινου και μπλε (πρωτεύοντα ή βασικά χρώματα). Ο συνδυασμός τους σε πλήρη ισχύ έχει σαν αποτέλεσμα το λευκό. Η



δημιουργία κάθε χρώματος είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού διαφορετικών εντάσεων κόκκινου, πράσινου και μπλε. Εικόνες που περιγράφονται με βάση το μοντέλο RGB διαθέτουν τρία κανάλια πληροφορίας (τρεις εικόνες grayscale όπου οι εντάσεις φωτεινότητας στην καθεμία αντιστοιχούν στις εντάσεις ενός εκ των τριών βασικών χρωμάτων)

Το χρωματικό μοντέλο CMY (υποσύνολο του RGB) βασίζεται στην αφαιρετική χρωματική σύνθεση και οι τρεις πρωτεύουσες χρωματικές συνιστώσες του είναι το κυανό, ματζένα και κίτρινο (δευτερεύοντα ή συμπληρωματικά χρώματα των βασικών). Ο συνδυασμός τους σε πλήρη ισχύ έχει σαν αποτέλεσμα το μαύρο (απουσία φωτός). Η δημιουργία κάθε χρώματος είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού διαφορετικών εντάσεων κυανού, ματζέντα και κίτρινου. Όταν χρησιμοποιείται στην πράξη (εκτυπώσεις) προστίθεται και μια τέταρτη συνιστώσα K για το μαύρο μελάνι (CMYK). Εικόνες που περιγράφονται με βάση το μοντέλο CMYK διαθέτουν τέσσερα κανάλια πληροφορίας (τρεις εικόνες grayscale όπου οι εντάσεις φωτεινότητας αντιστοιχούν στην ποσοστιαία συμμετοχή μελανιών C, M, Y και ένα επιπρόσθετο που περιγράφει τη συμμετοχή του μαύρου).



**Εικόνα 2.6.** Η σχέση των χρωμάτων στα δύο χρωματικά συστήματα RGB και CMY. Στις σχέσεις αυτές στηρίζονται όλες οι ενέργειες χρωματικών διορθώσεων σε προγράμματα επεξεργασίας εικόνας όπου κάθε χρώμα είναι εξαρτώμενο· η περίσσεια κόκκινου είναι πρακτικά απουσία κυανού, όταν κάτι είναι κίτρινο σημαίνει ότι δεν είναι μπλε, όταν κάτι είναι λευκό σημαίνει ότι είναι και κόκκινο και πράσινο και μπλε.

Κατά την προσθετική σύνθεση (μοντέλο RGB) τα χρώματα δημιουργούνται από τον συνδυασμό τριών φωτεινών δεσμών κόκκινου, πράσινου και μπλε, η μέγιστη ένταση των οποίων δίνει λευκό φως, ενώ κατά την αφαιρετική (μοντέλο CMY) δημιουργούνται αφαιρώντας χρώματα από το λευκό φως με τη βοήθεια φίλτρων, η μέγιστη πυκνότητα των οποίων δίνει μαύρο (απουσία φωτός).



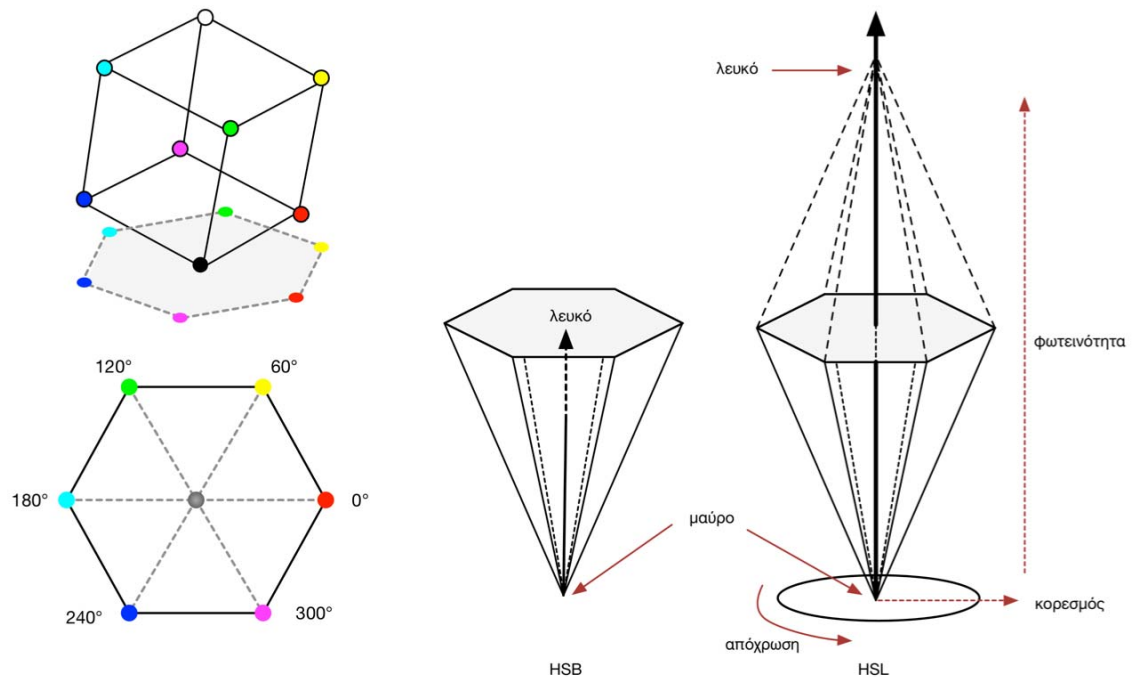
**Εικόνα 2.7.** Συνδυασμοί χρωμάτων (άκρες) και το αποτέλεσμα του συνδυασμού τους (κέντρο).

### 2.3.2 Τα Μοντέλα HSB, HSL και HSV

Το χρωματικό μοντέλο HSB<sup>9</sup> (Hue, Saturation, Brightness) περιγράφει τον χρωματικό χώρο του μοντέλου RGB με έναν διαφορετικό τρόπο που ταιριάζει περισσότερο στην ανθρώπινη αντίληψη του χρώματος, χρησιμοποιώντας τρεις συνιστώσες, την **απόχρωση** (hue), τον **κορεσμό** (saturation) και τη **φωτεινότητα** (brightness).

Αν προβάλλουμε τον κύβο RGB (**Εικόνα 2.5**) σε ένα επίπεδο κάθετο ως προς τον άξονα φωτεινότητας μαύρου-λευκού θα πάρουμε ένα εξάγωνο, κάθε γωνία του οποίου θα αντιστοιχεί στα σημεία μέγιστης έντασης των έξι χρωμάτων R Y G C B M με πολικές συντεταγμένες 0, 60, 120, 180, 240 και 300 μοίρες αντίστοιχα. Αν σκεφτούμε το εξάγωνο στην επιφάνεια του επιπέδου μπορούμε να φανταστούμε τον άξονα φωτεινότητας λευκού-μαύρου να εκτείνεται κάτω από το επίπεδο, σχηματίζοντας έναν προοδευτικά σκοτεινό όγκο ο οποίος αναπαριστά τον χρωματικό χώρο. Η απόσταση από τον άξονα προς τις άκρες του όγκου περιγράφει τον χρωματικό κορεσμό, η πολική συντεταγμένη την απόχρωση και η θέση στον άξονα φωτεινότητας, την φωτεινότητα. Τα μοντέλα HSB και HSL (Hue, Saturation, Lightness) σχεδιάστηκαν την εποχή που οι χρήστες έπρεπε να επιλέγουν τα χρώματα αριθμητικά. Το HSB εμφανίζεται και στο εργαλείο επιλογής χρωμάτων Color Picker της εφαρμογής Adobe Photoshop.

<sup>9</sup> Λέγεται και HSV, όπου το V αναφέρεται στην «αξία» ή «τιμή» με την έννοια της έντασης.



**Εικόνα 2.8.** Τα χρωματικά μοντέλα HSB και HSL.

### 2.3.3 Το Χρωματικό Μοντέλο XYZ

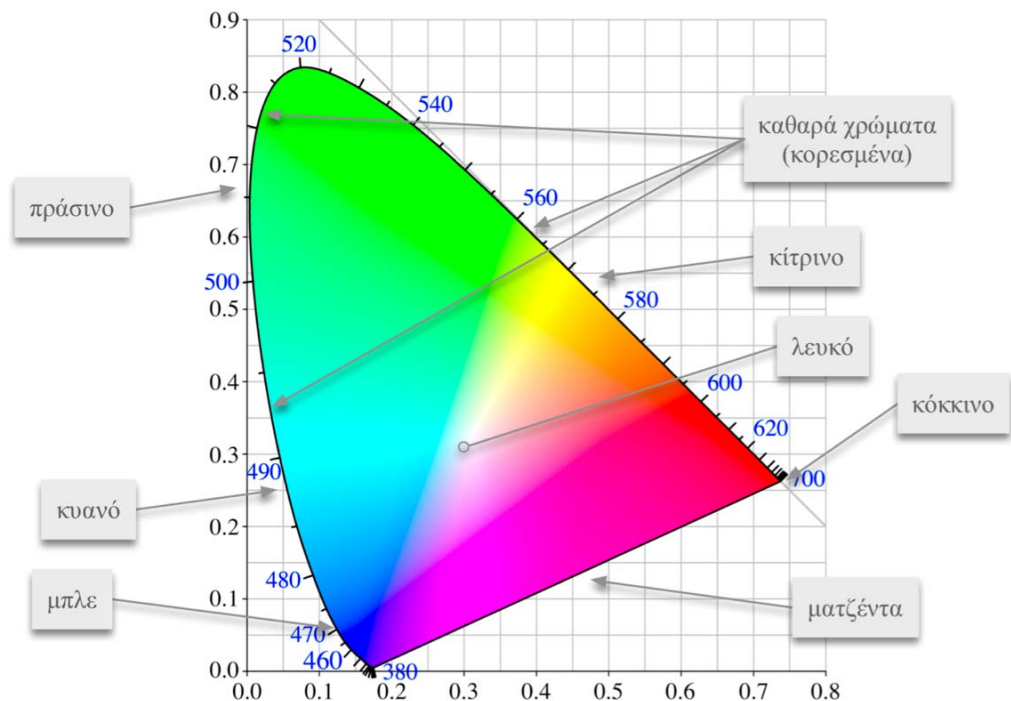
Το χρωματικό μοντέλο XYZ (CIE XYZ) είναι ένα διεθνές πρότυπο που δημιουργήθηκε το 1931 από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (Commission Internationale de l'Eclairage - CIE) για τη χαρτογράφηση κάθε πιθανού χρώματος με βάση την ανθρώπινη αντίληψη του χρωματικού αισθήματος. Το μοντέλο έχει τρεις συνιστώσες X, Y και Z, τα μεγέθη των οποίων είναι ανάλογα της φυσικής ενέργειας και ορίστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε το σύνολο της ορατής ακτινοβολίας να χαρτογραφείται σε ένα θετικό μείγμα των τριών. Οι τιμές XYZ αφορούν συντεταγμένες χρώματος και όχι τιμές χρωματικότητας (πραγματικά χρώματα). Το βασικό πλεονέκτημα του μοντέλου CIE XYZ (και όλων των μοντέλων που βασίζονται σε αυτό) είναι ότι τα χρώματα που χαρτογραφεί είναι ανεξάρτητα συσκευών. Βασικό μειονέκτημα του μοντέλου CIE XYZ είναι ότι δεν είναι αντιληπτικά ομοιόμορφο· οι αλλαγές δηλαδή στις τιμές των τριών συνιστωσών του δεν επιφέρουν ανάλογες χρωματικές μεταβολές.

### 2.3.4 Το Διάγραμμα Χρωματικότητας 1931 CIE xyY

Η διδιάστατη αναπαράσταση του τρισδιάστατου χώρου CIE XYZ γίνεται με το διάγραμμα χρωματικότητας CIE xyY (**Εικόνα 2.6**) στο οποίο περικλείονται όλα τα χρώματα του ορατού φάσματος. Η συνιστώσα Y που αφορά τη φωτεινότητα δεν εμφανίζεται αλλά μπορεί να υπολογιστεί καθώς ο μετασχηματισμός διέπεται από τις εξισώσεις:

$$x = X/(X+Y+Z), y = Y/(X+Y+Z), Y = Y$$

Το διάγραμμα χρησιμοποιείται για τη σύγκριση της γκάμας χρωματικών χώρων (**Εικόνα 2.11**).



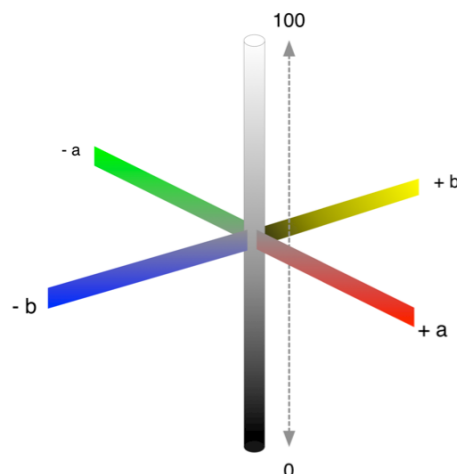
**Εικόνα 2.9.** Το διάγραμμα χρωματικότητας CIE xyY χρησιμοποιείται για την σύγκριση της χρωματικής γκάμας διαφορετικών χώρων. Στην περίμετρο του σχήματος βρίσκονται όλα τα χρώματα του φάσματος από τα 380 έως τα 700 nm (ορατό φάσμα). Τα λιγότερο κορεσμένα χρώματα βρίσκονται γύρω από την περιοχή του λευκού (είναι το σημείο με τη μέγιστη ένταση). Η ευθεία γραμμή που κλείνει το σχήμα στο κάτω μέρος αναπαριστά χρώματα που προκύπτουν από τη σύνθεση κόκκινου και μπλε.

Στο διάγραμμα χρωματικότητας CIE xyY τα σημεία μιας ευθείας γραμμής ανάμεσα σε δύο χρώματα (σημεία) αναπαριστούν τα χρώματα που μπορούν να δημιουργηθούν με την ανάμειξη των δύο χρωμάτων σε διαφορετικές αναλογίες.

### 2.3.5 Τα Χρωματικά Μοντέλα CIE LUV και CIE LAB

Το 1976 η επιτροπή CIE παρουσίασε δύο χρωματικά μοντέλα βασισμένα σε μη-γραμμικούς μετασχηματισμούς του CIE XYZ τα οποία, σε αντίθεση με αυτό, είναι αντιληπτικά ομοιόμορφα: τα μοντέλα  $L^*a^*b^*$  και  $L^*u^*v^*$  (ή Lab και Luv, ή CIE LAB και CIE LUV). Και στα δύο μοντέλα, η συνιστώσα  $L^*$  αφορά την ομοιόμορφη φωτεινότητα ενώ οι άλλες δύο σε χρωματικές διαφορές. Στο  $L^*a^*b^*$ , οι χρωματικές συνιστώσες συνδυάζονται αφαιρετικά, όπως στο μοντέλο CMYK. Το LAB χρησιμοποιείται ευρέως στην προεκτυπωτική βιομηχανία σαν πρότυπο μέτρησης χρωματικών διαφορών εκτύπωσης. Στο χρωματικό μοντέλο  $L^*u^*v^*$  οι τιμές διαφοράς χρώματος λειτουργούν προσθετικά (όπως στο RGB), κάτι που το καθιστά ιδανικό σαν ανεξάρτητο χρωματικό χώρο για οθόνες και σαρωτές.

Και τα δύο μοντέλα χρησιμοποιούνται σαν στάνταρντ χώροι αναφοράς σε συστήματα διαχείρισης χρώματος.



**Εικόνα 2.10.** Οι τρεις χρωματικές συνιστώσες  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$ , του χώρου CIE LAB. Ο κεντρικός άξονας αναπαριστά την φωτεινότητα ( $L^*$ ) με τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό). Οι χρωματικοί άξονες βασίζονται στο γεγονός ότι ένα χρώμα δεν μπορεί να είναι συγχρόνως κόκκινο και πράσινο, ή μπλε και κίτρινο (χρωματική αντιπαλότητα). Στον άξονα  $a$ , οι θετικές τιμές περιγράφουν εντάσεις κόκκινου ενώ οι αρνητικές πράσινου. Στον άξονα  $b$ , το κίτρινο λαμβάνει θετικές τιμές ενώ το μπλε αρνητικές. Και για τους δύο άξονες το 0 περιγράφει ουδέτερο γκρι.

Σε αντίθεση με τα μοντέλα RGB και CMYK, όπου η φωτεινότητα εξαρτάται από τη συμμετοχή όλων των χρωματικών συνιστωσών, στο μοντέλο LAB η φωτεινότητα είναι ανεξάρτητη από τη χρωματικότητα. Το LAB, εκτός από τη χρήση του ως χώρου αναφοράς για χρωματικές μετατροπές (ιδιαίτερα σε διαδικασίες διαχείρισης χρώματος) υπάρχει και ως χώρος χρωματικής λειτουργίας (color mode) στην εφαρμογή Adobe Photoshop.

Σε αντίθεση με τους χρωματικούς χώρους RGB οι ανεξάρτητοι συσκευών χρωματικοί χώροι XYZ, LUV και LAB, δεν είναι εύκολα κατανοητοί. Το ακριβές νόημα των συντεταγμένων τους είναι δύσκολο να οπτικοποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί για αποφάσεις που αφορούν σε χρωματικές διορθώσεις κατά την επεξεργασία φωτογραφικών εικόνων. Αυτός άλλωστε είναι και ο λόγος που δεν χρησιμοποιούνται σαν χρωματικοί χώροι εργασίας (βλ. 2.5 - Χρωματικοί Χώροι Εργασίας).

Ο ρόλος τους στη διαχείριση χρώματος είναι καταλυτικός, χωρίς όμως ποτέ να γίνεται ορατός στην πράξη, καθώς δεν χρειάζεται κάποιος να γνωρίζει τις ιδιαιτερότητες των χρωματικών αυτών χώρων για να διαχειριστεί χρωματικά μια αναπαραγωγή.

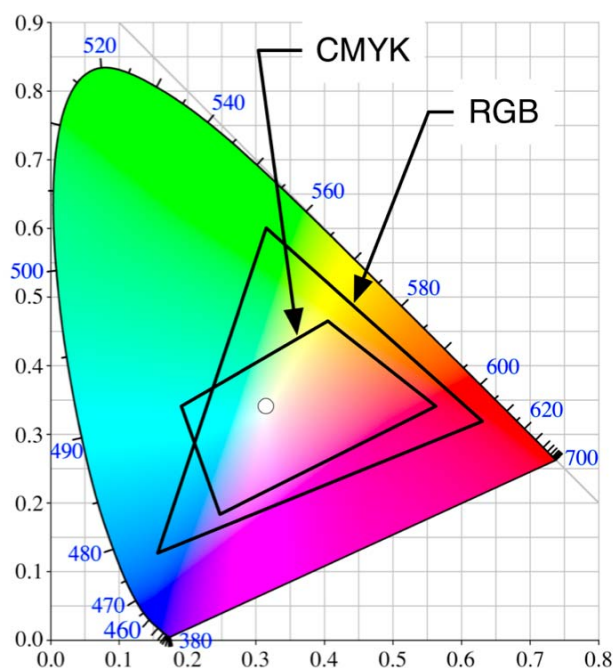
## 2.4 ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ

**Χρωματικός χώρος** είναι ένα (υπο)σύνολο χρωμάτων που μπορεί να περιγραφεί με βάση ένα χρωματικό μοντέλο. Όταν δηλαδή η κλίμακα των χρωμάτων που μπορεί να αναπαράξει ένα σύστημα (οθόνη, εκτυπωτής), αυτό δηλαδή που λέγεται **χρωματική γκάμα**, περιγράφεται με βάση ένα χρωματικό μοντέλο, τότε λέμε ότι τα χρώματα αυτά συνιστούν ένα χρωματικό χώρο.

Το σύνολο των χρωματικών χώρων RGB και CMYK είναι εξαρτημένοι χρωματικοί χώροι. Οι χρωματικοί χώροι CIE XYZ και CIE LAB είναι ανεξάρτητοι· οι τιμές των χρωμάτων που περιγράφουν είναι πάντοτε ίδιες ανεξάρτητα από την όποια χρωματική δυνατότητα αναπαραγωγής του συστήματος. Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιούνται ως ενδιάμεσοι χώροι αναφοράς στις περιπτώσεις μετατροπών από χώρο σε χώρο.

Για τη μετατροπή από ένα χρωματικό χώρο RGB σε ένα χώρο CMYK, η εφαρμογή Adobe Photoshop χρησιμοποιεί το χρωματικό μοντέλο CIE XYZ ως ενδιάμεσο χρωματικό χώρο αναφοράς. Το CIE LAB χρησιμοποιείται σαν ενδιάμεσος χρωματικός χώρος αναφοράς για τη μετατροπή από ένα χώρο RGB σε ένα άλλο.





**Εικόνα 2.11.** Ενδεικτική σύγκριση δύο υποθετικών χρωματικών χώρων RGB και CMYK. Στην περίπτωση μιας μετατροπής από τον ένα χώρο στον άλλο, τα χρώματα του κοινού τους τόπου θα παραμείνουν αυτούσια· για όσα βρίσκονται εκτός, η εμφάνισή τους στο νέο χώρο δεν θα είναι η ίδια. Γενικά, οι χρωματικές γκάμες CMYK είναι μικρότερες από τις γκάμες των χώρων RGB.

## 2.5 ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι χρωματικοί χώροι εργασίας είναι χρωματικοί χώροι ανεξάρτητοι συσκευών, ιδανικοί για την επεξεργασία εικόνας σε εφαρμογές όπως το Photoshop. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους είναι:

- *Η ουδέτερη χρωματική ισορροπία.* Ο συνδυασμός π.χ. των τιμών  $86R+86G+86B$  να αντιστοιχεί σε ουδέτερο γκρι.
- *Η ομοιομορφία.* Οι όποιες αλλαγές κατά την επεξεργασία να δημιουργούν τον ίδιο βαθμό αλλαγής στις σκιές, στους μεσαίους και στους φωτεινούς τόνους. Οι μετακινήσεις δηλαδή, ανάμεσα σε δύο διαφορετικά σημεία του χρωματικού χώρου να αντιστοιχούν σε ανάλογες χρωματικές μεταβολές.
- *Ευρεία χρωματική γκάμα.* Θα πρέπει η γκάμα των χρωμάτων που έχει τη δυνατότητα να περιγράψει, να περικλείει τα χρώματα που πρόκειται να επεξεργαστούν. Σχηματικά δηλαδή, το αποτύπωμα του χρωματικού χώρου στο διάγραμμα χρωματικότητας  $xyY$  θα πρέπει να καλύπτει το αποτύπωμα του χρωματικού χώρου της εικόνας.

Χρωματικοί χώροι με ιδιαίτερα μεγάλη χρωματική γκάμα δεν είναι απαραίτητα και οι ιδανικότεροι για επεξεργασία εικόνων καθώς υποχρεώνουν μια ευρύτερη ισόνομη κατανομή των διαθέσιμων δυφίων με συνέπεια να σπαταλούνται δυφία σε περιοχές όπου δεν περιγράφονται χρώματα. Το πρόβλημα αφορά περισσότερο τις εικόνες 8 δυφίων, όπου οι ανακατανομές των τόνων που συνεπάγονται διάφορες επεξεργασίες, έχουν σαν αποτέλεσμα την απώλεια συνεχούς διαβάθμισης (posterization). Η λύση εδώ είναι η κωδικοποίηση των εικόνων με μεγαλύτερο βάθος χρώματος (16 δυφία).

Δύο χώροι εργασίας, ιδανικοί για την επεξεργασία φωτογραφικών εικόνων και ιδιαίτερα δημοφιλείς, είναι οι:

**Adobe RGB (1998)** - Σχεδιάστηκε από την εταιρία Adobe Systems, Inc., έτσι ώστε να περικλείει τα περισσότερα χρώματα που μπορούν να τυπωθούν σε συσκευές CMYK με προδιαγραφές SWOP (Specifications for Web Offset Publications), όπως τα λιθογραφικά πιεστήρια όφσετ, χρησιμοποιώντας όμως χρώματα RGB. Ο χώρος καλύπτει περίπου το



50% των ορατών χρωμάτων και θεωρείται ιδανικός για επεξεργασία φωτογραφικών εικόνων. Ένα πρόβλημα με το χρωματικό χώρο Adobe RGB είναι ότι η γκάμα του ξεπερνά τις δυνατότητες απεικόνισης μιας μέσης οθόνης, που σημαίνει ότι κάποια χρώματα δεν τα βλέπουμε ποτέ. Οι οθόνες που έχουν τη δυνατότητα να απεικονίσουν τη συνολική γκάμα των χρωμάτων του χώρου είναι ιδιαίτερα ακριβές.

**ProPhoto RGB** - Σχεδιάστηκε από την εταιρία Eastman Kodak με την αρχική ονομασία ROMM RGB (Reference Output Metric Method) με στόχο την κάλυψη του συνόλου της χρωματικής γκάμας των φωτογραφικών υλικών (φίλμς, κλπ). Είναι ένας ανεξάρτητος χρωματικός χώρος με πολύ μεγάλο χρωματικό εύρος· κάποια χρώματα που περιγράφει βρίσκονται έξω από τη γκάμα του διαγράμματος χρωματικότητας CIE xy (εκτός δηλαδή ανθρώπινης όρασης). Λόγω του χρωματικού εύρους του είναι ιδανικός για επεξεργασία εικόνων με βάθος χρώματος 16-bit.

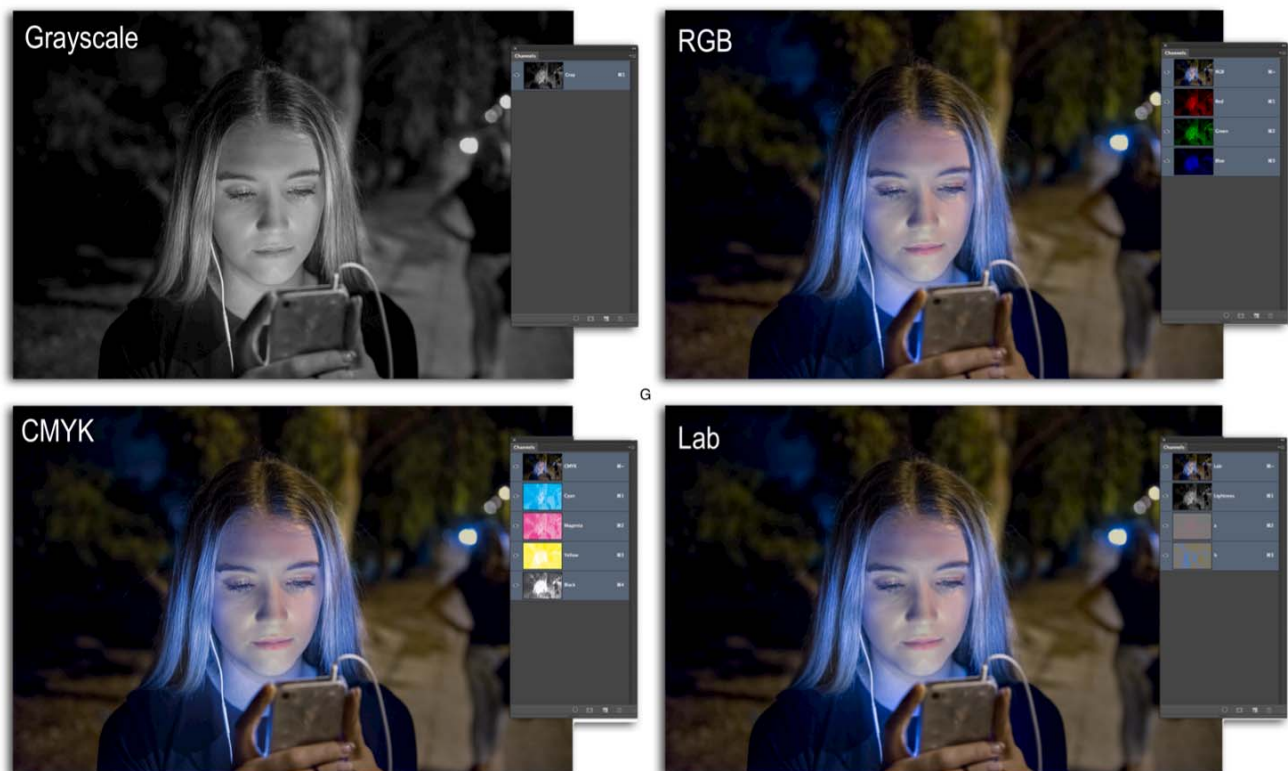
## 2.6 ΧΡΩΜΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η αναπαράσταση (απεικόνιση) και επεξεργασία εικόνων σε εφαρμογές λογισμικού (π.χ. Adobe Photoshop) γίνεται με βάση το χρωματικό μοντέλο της εικόνας, που συνήθως είναι το RGB. Το χρωματικό μοντέλο καθορίζει τα κανάλια χρωματικής πληροφορίας της εικόνας (άρα και τον τρόπο επεξεργασίας της εικόνας) καθώς και το πλήθος των διαθέσιμων χρωμάτων (βάθος χρώματος).

Στην περίπτωση του μοντέλου RGB, τα κανάλια πληροφορίας είναι τρία (κόκκινο, πράσινο, μπλε) και τα χρώματα (αν η ψηφιοποίηση έγινε με 8-bit πληροφορίας για κάθε χρώμα) είναι 16.777.216 ( $2^{24} = 16.777.216$ ). Στην περίπτωση μιας εικόνας grayscale το κανάλι πληροφορίας είναι μόνο ένα και αφορά την φωτεινότητα, με μόλις 256 στάθμες του γκρι από το λευκό μέχρι το μαύρο ( $2^8 = 256$ ).

Επειδή οι σχέσεις των χρωματικών μοντέλων είναι μαθηματικές, η εφαρμογή επεξεργασίας μπορεί να αλλάξει το μοντέλο αναπαράστασης της εικόνας, κάτι που εύκολα μπορεί να επιλέξει ο χρήστης μέσα από μια λειτουργία που ονομάζεται **color mode** (Ελλ. *λειτουργία χρώματος ή χρωματική λειτουργία*). Συνήθως, οι διαθέσιμες λειτουργίες χρώματος είναι: RGB, CMYK, Lab, Grayscale και Indexed Color.

Η επιλογή χρωματικής λειτουργίας παίζει καθοριστικό ρόλο στην ευχέρεια επεξεργασίας της εικόνας αλλά και στην απόδοση των χρωμάτων. Αν π.χ. πρέπει να αυξηθεί η φωτεινότητα μιας εικόνας στο μοντέλο RGB, θα πρέπει να αυξηθούν οι εντάσεις και των τριών χρωμάτων, κάτι που θα αυξήσει και τον χρωματικό κορεσμό της εικόνας· αν η εικόνα αναπαριστάται από το μοντέλο Lab, όπου η συνιστώσα της φωτεινότητας είναι ανεξάρτητη από τα χρωματικά χαρακτηριστικά της εικόνας (κανάλι L), αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα.

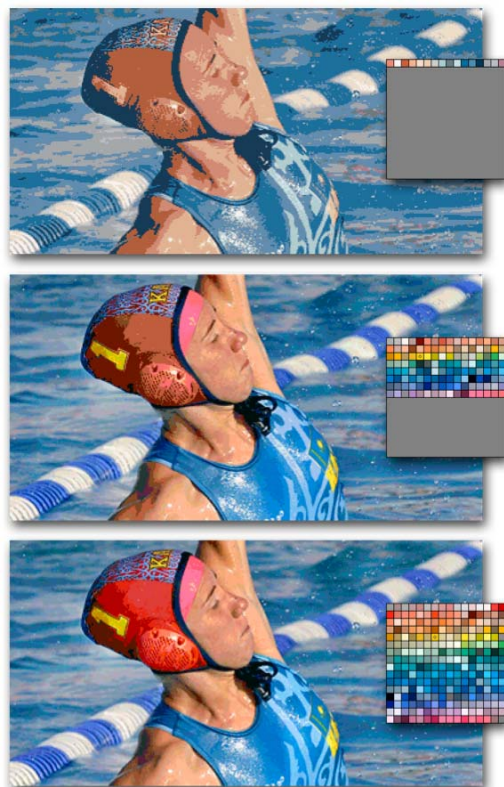


**Εικόνα 2.12.** Τέσσερις λειτουργίες χρώματος (Grayscale, RGB, CMYK και Lab) με τα αντίστοιχα κανάλια πληροφορίας. Τα κανάλια δεν εμπεριέχουν χρώμα, απλά εμφανίζονται έγχρωμα για να διακρίνονται.

Γενικά, είναι καλή πρακτική η επιλογή επεξεργασίας στο μοντέλο RGB. Στην περίπτωση που η εικόνα προορίζεται για εκτύπωση δεν είναι απαραίτητη η μετατροπή της σε CMYK καθώς οι περισσότεροι εκτυπωτές ψεκασμού μελάνης διεκπεραιώνουν αυτή την μετατροπή εσωτερικά. Αν το αρχείο προορίζεται για εκτύπωση όφσετ (π.χ. εκτύπωση ενός φωτογραφικού λευκώματος, βιβλίου κλπ) είναι προτιμότερο η μετατροπή να αφεθεί σε επαγγελματίες του χώρου των εκτυπώσεων.

### 2.6.1 Χρώμα Καταλόγου

Μια ιδιαίτερη λειτουργία χρώματος είναι το **χρώμα καταλόγου (indexed color)**. Πρόκειται για μια επινόηση για την αναπαράσταση έγχρωμων εικόνων με όχι περισσότερα από 256 χρώματα (8-bit). Η τεχνική καθορίζει ποια είναι τα 256 χρώματα της εικόνας που χρησιμοποιούνται περισσότερο και τα αποθηκεύει σαν μια παλέτα χρωμάτων σε ένα πίνακα αναφοράς που ονομάζεται color lookup table (CLUT). Αντί το κάθε εικοστοιχείο της εικόνας να διαθέτει πληροφορία και για τα τρία χρώματα (24-bit), χαρακτηρίζεται από ένα αριθμό 8-bit ο οποίος αντιστοιχεί σε ένα από τα χρώματα της παλέτας των 256 χρωμάτων.



**Εικόνα 2.13.** Η ίδια εικόνα σε παλέτες 16, 128 και 256 χρωμάτων αντίστοιχα. Στη συγκεκριμένη εικόνα τα 256 χρώματα δεν είναι ικανά να δημιουργήσουν την εντύπωση φωτογραφικής ποιότητας καθώς εμφανίζονται με ασυνέχειες (posterization).

Αν κάποιο χρώμα στην παλέτα αλλάξει, όλα τα εικονοστοιχεία της εικόνας που χρησιμοποιούν αυτό το χρώμα αλλάζουν στο νέο χρώμα. Αν και η ανάγκη που δημιούργησε το σύστημα αυτό δεν υφίσταται πλέον,<sup>10</sup> χρησιμοποιείται ακόμα για τη δημιουργία αρχείων γραφικών, συνήθως σε μορφότυπο GIF. Οι εικόνες JPEG δεν υποστηρίζουν χρώμα καταλόγου.

<sup>10</sup> Στους πρώτους υπολογιστές ακόμα και η απεικόνιση 256 χρωμάτων απαιτούσε ιδιαίτερο υπολογιστικό φόρτο.

## 2.7 ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα **μεταδεδομένα** είναι δεδομένα που αφορούν στην περιγραφή άλλων δεδομένων. Είναι, όπως και το όνομά τους δηλώνει, δεδομένα που έπονται των δεδομένων. Τέτοια είναι τα ονόματά μας, η διεύθυνση κατοικίας μας, ο τίτλος ενός βιβλίου, το όνομα ενός ψηφιακού αρχείου· όλα αυτά δηλαδή χωρίς τα οποία δεν μπορούμε να αναφερθούμε στο «περιεχόμενο», στον κυρίως πόρο.<sup>11</sup> Η ενσωμάτωση (μετα)δεδομένων σε αρχεία ψηφιακών μέσων τα οποία περιγράφουν το περιεχόμενο καθώς και το πλαίσιο αναφοράς τους, ενισχύει τη χρηστικότητά τους.

Δύο από τις βασικές εφαρμογές των μεταδεδομένων είναι η διευκόλυνση στον εντοπισμό ψηφιακού περιεχομένου και η διευκόλυνση οργάνωσης, αναγνώρισης, διατήρησης και συσχέτισης ψηφιακών πόρων. Κάθε ψηφιακός πόρος (φωτογραφία, ήχος, βίντεο, κείμενο) που δεν περιγράφεται από μεταδεδομένα είναι πρακτικά μη αξιοποιήσιμος καθώς η ανεύρεσή του είναι ανέφικτη. Τα μεταδεδομένα χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες, στα περιγραφικά, στα δομικά και στα διοικητικά (NISO 2004).

- **Περιγραφικά:** αφορούν περιγραφές και διευκολύνουν την τοπική αναζήτηση πόρων (σε μια βάση δεδομένων) ή την ανακάλυψη πόρων στο διαδίκτυο. Συμπεριλαμβάνουν μοναδικούς αναγνωριστές πόρων (URL), φυσικά χαρακτηριστικά του πόρου (μέσο, διαστάσεις, κλπ)
- **Δομικά:** διευκολύνουν στην πλοήγηση ανάμεσα σε διαφορετικούς ηλεκτρονικούς πόρους, δίνουν πληροφορίες για την εσωτερική δομή τους και περιγράφουν σχέσεις ανάμεσα σε άλλους πόρους. Τέτοια για παράδειγμα είναι τα βιβλιογραφικά χαρακτηριστικά (τίτλος, δημιουργός, λέξεις κλειδιά, κ.ά.)
- **Διοικητικά:** αφορούν πληροφορίες σχετικά με τη διαχείριση δικαιωμάτων χρήσης, τεχνικά στοιχεία όπως ψηφιακός μορφότυπος πόρου, βάθος χρώματος, ανάλυση κλπ ημερομηνίες δημιουργίας κ.ά.

Η χρήση μεταδεδομένων γίνεται με οργανωμένο τρόπο και διέπεται από πρότυπα και προδιαγραφές που στόχο έχουν να ορίσουν τον εκάστοτε πόρο τόσο σημασιολογικά (πλαίσιο αναφοράς) όσο και τεχνικά. Υπάρχουν αρκετά πρότυπα για τη δημιουργία και εφαρμογή μεταδεδομένων. Οι προδιαγραφές (πρότυπα), γενικά, αφορούν στον ορισμό «πεδίων τιμών» που συμπληρώνονται με σχετικές πληροφορίες ή λέξεις από ελεγχόμενα ή μη λεξιλόγια.

Σε ότι αφορά τα ψηφιακά μέσα, ένα τέτοιο πρότυπο είναι το Exif (Exchangeable Image File Format) το οποίο βρίσκεται σε κοινή χρήση στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές· επιτρέπει την καταγραφή τεχνικών δεδομένων κάθε φωτογραφικής λήψης συμπεριλαμβανομένων ακόμα και συντεταγμένων GPS. Οι περισσότερες ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ενσωματώνουν τα μεταδεδομένα Exif στα αρχεία εικόνας την ώρα της λήψης.

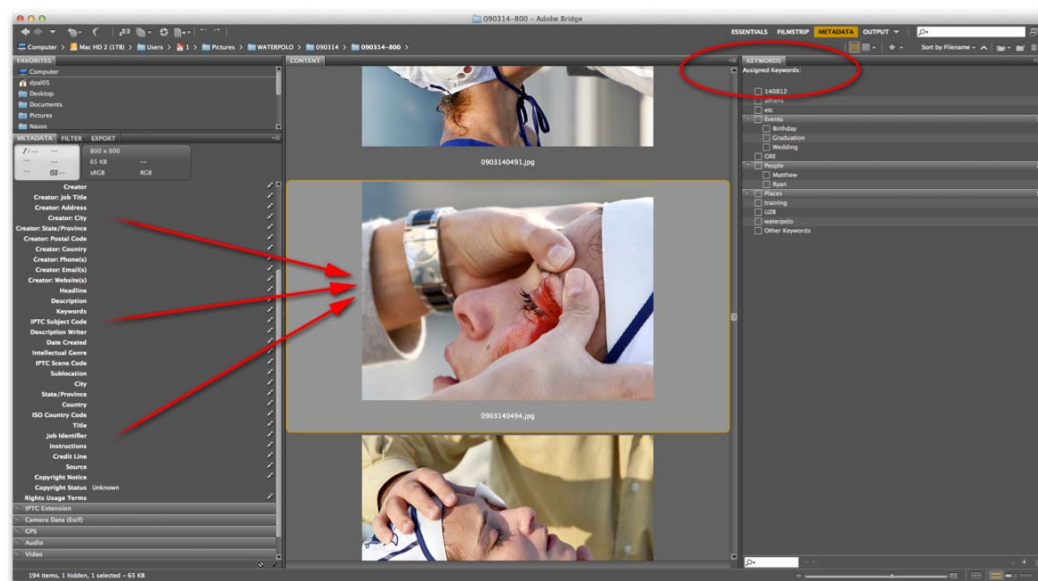
Ένα άλλο σημαντικό πρότυπο είναι το **IPTC Metadata Standard** του Διεθνούς Συμβουλίου Τύπου και Τηλεπικοινωνιών (International Press Telecommunications Council - **IPTC**) το οποίο εξυπηρετεί την ανταλλαγή μεταδεδομένων που αφορούν σε δημοσιογραφικούς οργανισμούς, εστιάζοντας περισσότερο στα δικαιώματα χρήσης και όχι στις τεχνικές προδιαγραφές. Το εν λόγω πρότυπο, λόγω της ευρείας αποδοχής του από φωτογραφικά πρακτορεία, πρακτορεία ειδήσεων, φωτογράφους, βιβλιοθήκες, μουσεία κ.ά, είναι το στάνταρντ για την περιγραφή φωτογραφικών εικόνων. Το πρότυπο

<sup>11</sup> Αγαθό, υλικό αγαθό.

βασίζεται σε δύο σχήματα προδιαγραφών, το **IPTC Core** και το **IPTC Extension**, τα οποία ορίζουν ιδιότητες μεταδεδομένων μέσω της διάθεσης προκαθορισμένων πεδίων αλλά και οδηγιών για τη χρήση τους και την πληροφορία που μπορούν να συμπεριλάβουν.

Η ενσωμάτωση μεταδεδομένων IPTC στα ψηφιακά αρχεία εικόνας ορίζεται από τις προδιαγραφές των εκάστοτε μορφότυπων (JPEG, PNG, TIFF κ.ά.) ενώ η αποθήκευση εκτός αρχείων εικόνας ορίζεται από τα πρότυπα XMP (βλ. παρακάτω στην ίδια ενότητα) και IIM.<sup>12</sup>

Μια λίστα με τις εφαρμογές λογισμικού που υποστηρίζουν τα πρότυπα IPTC μπορείτε να βρείτε στον σύνδεσμο: <https://iptc.org/apps/?iptc-standard=photo-metadata>.



**Εικόνα 2.14.** Πεδία μεταδεδομένων IPTC σε εφαρμογή διαχείρισης ψηφιακών πόρων και καρτέλα με λέξεις κλειδιά. Τα μεταδεδομένα μπορούν να ενσωματωθούν στην κεφαλίδα του ψηφιακού αρχείου εικόνας.

Μια πολύ γενική προδιαγραφή, σε ευρεία χρήση, είναι το πρότυπο μεταδεδομένων Dublin Core (ISO 15836:2009) το οποίο ορίζει 15 διαφορετικά προαιρετικά πεδία, που μπορούν να εμφανίζονται περισσότερες φορές από μια μέσα στο ίδιο υποσύνολο μεταδεδομένων (Dublin Core Initiative 2012). Η προδιαγραφή Dublin Core δεν αναφέρεται σε κάποιο συγκεκριμένο μέσο, και μπορεί να περιγράψει διαφορετικά δεδομένα (πόρους). Λόγω αυτής της ασάφειας η χρήση όρων για την συμπλήρωση των πεδίων από ελεγχόμενα λεξιλόγια συνήθως κάνει την χρήση του πιο αποτελεσματική. Τα μεταδεδομένα DC χρησιμοποιούνται και για την περιγραφή του περιεχομένου ιστοσελίδων και ενσωματώνονται σε έγγραφα HTML με ειδικά συντακτικά στοιχεία «meta» (Πίνακας 1.1)

<sup>12</sup> Information Interchange Model (IIM)



Τα 15 πεδία που ορίζονται στην προδιαγραφή DC είναι:

1. Τίτλος (**Title**): Το όνομα που δίνεται στον πόρο, συνήθως από το δημιουργό ή τον εκδότη.
2. Δημιουργός (**Creator**): Το άτομο ή ο οργανισμός που είναι υπεύθυνος για την δημιουργία του περιεχομένου του πόρου.
3. Θέμα (**Subject**): Το θέμα αυτού του πόρου. Τυπικά, το θέμα θα είναι εκφρασμένο σαν λέξεις κλειδιά ή φράσεις που περιγράφουν το θέμα ή το περιεχόμενο του πόρου.
4. Περιγραφή (**Description**): Αυτούσια περιγραφή του περιεχομένου του πόρου.
5. Εκδότης (**Publisher**): Ο διαθέτης του πόρου (εκδοτικός οίκος, οργανισμός, κλπ).
6. Συντελεστής (**Contributor**): Το πρόσωπο ή ο οργανισμός που έχει συντελέσει στη δημιουργία του πόρου.
7. Ημερομηνία (**Date**): Η ημερομηνία δημιουργίας η διάθεσης του πόρου.
8. Τύπος Πόρου (**Type**): Η κατηγορία του πόρου, όπως home page, μυθιστόρημα, ποίημα, αναφορά εργασίας, τεχνική αναφορά, έκθεση, λεξικό.
9. Μορφότυπος (**Format**): Η μορφή των δεδομένων του πόρου που χρησιμοποιείται.
10. Αναγνωριστής Πόρου (**Identifier**): Μοναδικός αναγνωριστής πόρου όπως URL ή ISBN.<sup>13</sup>
11. Πηγή (**Source**): Πληροφορίες για έναν δεύτερο πόρο από τον οποίο ο παρών πόρος απορρέει.
12. Γλώσσα (**Language**): Η γλώσσα που χρησιμοποιεί ο πόρος.
13. Σχέση (**Relation**): Μοναδικός αναγνωριστής σχετιζόμενου πόρου.
14. Κάλυψη (**Coverage**): Τα χαρακτηριστικά χώρου ή χρόνου του περιεχομένου του πόρου. Η κάλυψη χώρου ορίζει γεωγραφικές πληροφορίες (π.χ. γεωγραφικό μήκος και πλάτος) και η χρονική κάλυψη αναφέρεται στο γιατί ο πόρος σχετίζεται και όχι στο πότε δημιουργήθηκε ή πότε έγινε διαθέσιμος.
15. Δικαιώματα Χρήσης (**Rights**): Δήλωση δικαιωμάτων χρήσης.

Η ελληνική έκδοση του προτύπου ISO 15836:2009 «Information and Documentation - The Dublin Core metadata element set» είναι το πρότυπο ΕΛΟΤ 1450 «Πληροφόρηση και τεκμηρίωση - Το σύνολο στοιχείων μεταδεδομένων Dublin Core», τροποποιημένο για την ελληνική γλώσσα, και περιλαμβάνει, οδηγίες για το σύνολο στοιχείων (πεδίων) Dublin Core.

---

<sup>13</sup> International Standard Book Number



| XML                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | HTML                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | XHTML                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <pre>&lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?&gt; &lt;metadata xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"&gt; &lt;dc:title&gt;Αιπλο 2015&lt;/dc:title&gt; &lt;dc:creator&gt;Κολοκυθάς Κώστας&lt;/dc:creator&gt; &lt;dc:subject&gt;Φωτογραφικό τοπίο&lt;/dc:subject&gt; &lt;dc:description&gt;Από την φωτογραφική ενότητα "Τοπία"&lt;/dc:description&gt; &lt;dc:publisher&gt;Κολοκυθάς Κώστας&lt;/dc:publisher&gt; &lt;dc:contributor&gt;- &lt;/dc:contributor&gt; &lt;dc:date&gt;25/02/2014&lt;/dc: date&gt; &lt;dc:type&gt;φωτογραφία&lt;/dc:ty pe&gt; &lt;dc:format&gt;RGB TIFF 16- bit&lt;/dc:format&gt; &lt;dc:identifier&gt;64545435&lt; /dc:identifier&gt; &lt;dc:source&gt;-&lt;/dc:source&gt; &lt;dc:language&gt;Ελληνικά&lt;/dc :language&gt; &lt;dc:relation&gt;fsdfsdfs&lt;/d c:relation&gt; &lt;dc:coverage&gt;Ελλάδα&lt;/dc:c overage&gt; &lt;dc:rights&gt;© Kostas Kolokythas 2014, All Rights Reserved&lt;/dc:rights&gt; &lt;/metadata&gt;</pre> | <pre>&lt;!DOCTYPE html PUBLIC "- //W3C//DTD HTML 4.01//EN" &lt;html&gt;&lt;head profile="http://dublincore.org /documents/2008/08/04/dc- html/"&gt; &lt;title&gt;metadata&lt;/title&gt; &lt;link rel="schema.DC" href="http://purl.org/dc/eleme nts/1.1/"&gt; &lt;meta name="DC.Title" content="Αιπλο 2015"&gt; &lt;meta name="DC.Creator" content="Κολοκυθάς Κώστας"&gt; &lt;meta name="DC.Subject" content="Φωτογραφικό τοπίο"&gt; &lt;meta name="DC.Description" content="Από την φωτογραφική ενότητα "Τοπία"&gt; &lt;meta name="DC.Publisher" content="Κολοκυθάς Κώστας"&gt; &lt;meta name="DC.Contributor" content="-"&gt; &lt;meta name="DC.Date" content="25/02/2014"&gt; &lt;meta name="DC.Type" content="φωτογραφία"&gt; &lt;meta name="DC.Format" content="RGB TIFF 16-bit"&gt; &lt;meta name="DC.Identifier" content="64545435"&gt; &lt;meta name="DC.Source" content="-"&gt; &lt;meta name="DC.Language" content="Ελληνικά"&gt; &lt;meta name="DC.Relation" content="fsdfsdfs"&gt; &lt;meta name="DC.Coverage" content="Ελλάδα"&gt; &lt;meta name="DC.Rights" content="© Kostas Kolokythas 2014, All Rights Reserved"&gt; &lt;/head&gt;&lt;body&gt;&lt;/body&gt;&lt;/html&gt;</pre> | <pre>&lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?&gt;&lt;!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN"&gt; &lt;html&gt;&lt;head profile="http://dublincore.org /documents/2008/08/04/dc- html/"&gt; &lt;title&gt;metadata&lt;/title&gt; &lt;link rel="schema.DC" href="http://purl.org/dc/eleme nts/1.1/" /&gt; &lt;meta name="DC.Title" content="Αιπλο 2015" /&gt; &lt;meta name="DC.Creator" content="Κολοκυθάς Κώστας" /&gt; &lt;meta name="DC.Subject" content="Φωτογραφικό τοπίο" /&gt; &lt;meta name="DC.Description" content="Από την φωτογραφική ενότητα "Τοπία" /&gt; &lt;meta name="DC.Publisher" content="Κολοκυθάς Κώστας" /&gt; &lt;meta name="DC.Contributor" content="-" /&gt; &lt;meta name="DC.Date" content="25/02/2014" /&gt; &lt;meta name="DC.Type" content="φωτογραφία" /&gt; &lt;meta name="DC.Format" content="RGB TIFF 16-bit" /&gt; &lt;meta name="DC.Identifier" content="64545435" /&gt; &lt;meta name="DC.Source" content="-" /&gt; &lt;meta name="DC.Language" content="Ελληνικά" /&gt; &lt;meta name="DC.Relation" content="fsdfsdfs" /&gt; &lt;meta name="DC.Coverage" content="Ελλάδα" /&gt; &lt;meta name="DC.Rights" content="© Kostas Kolokythas 2014, All Rights Reserved" /&gt; &lt;/head&gt;&lt;body&gt;&lt;/body&gt;&lt;/html&gt;</pre> |

**Πίνακας 2.1.** Τα ίδια μεταδεδομένα DC και πώς εμφανίζονται σε έγγραφα με διαφορετικά σχήματα στις γλώσσες XML, HTML και XHTML.

Ένα υποσύνολο της προδιαγραφής RDF14/XML15, που ονομάζεται Επεκτάσιμη Πλατφόρμα Μεταδεδομένων (Extensible Metadata Platform - XMP), δημιουργήθηκε από

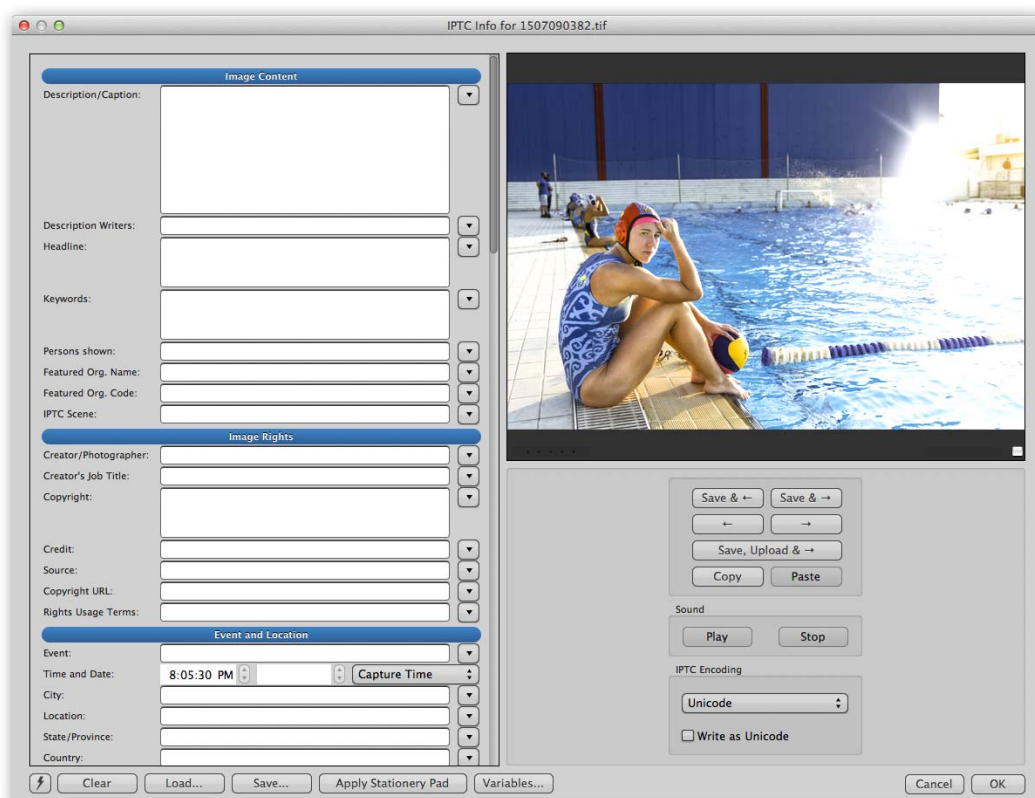
<sup>14</sup> Πλαίσιο Περιγραφής Πόρου (Resource Description Framework). Μια προδιαγραφή του οργανισμού W3C για την περιγραφή πόρων στον παγκόσμιο ιστό (<http://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/>)

<sup>15</sup> Extensible Markup Language (XML) είναι ένα ανοικτό πρότυπο γλώσσας σήμανσης του οργανισμού W3C για την κωδικοποίηση εγγράφων σε μορφή αναγνώσιμη από ανθρώπους και από μηχανές.

την Adobe για την υποστήριξη δημιουργίας μεταδεδομένων σε όλες τις εφαρμογές της δημιουργικής σουίτας (Adobe Creative Suite) αλλά και σε εφαρμογές τρίτων κατασκευαστών (ανοικτό πρότυπο). Το πρότυπο XMP ορίζει σχήματα παράθεσης μεταδεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των Dublin Core και Exif, καθώς και μεταδεδομένα που αφορούν στη διαχείριση δικαιωμάτων χρήσης προερχόμενα από το πρότυπο IPTC. Τα μεταδεδομένα XMP, μπορούν να ενσωματώνονται στα ψηφιακά αρχεία ή να εξάγονται ως ανεξάρτητα αρχεία με την κατάληξη «.xmp» (Adobe 2015).

Ένας τύπος μεταδεδομένων είναι και οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό του περιεχομένου των αρχείων. Στην περίπτωση που η υιοθέτηση τους γίνεται με προσωπικά κριτήρια του χρήστη (για παράδειγμα η λέξη κλειδί «Γιάννης»), η αποτελεσματικότητα του χαρακτηρισμού είναι τοπική (αφορά κατά πάσα πιθανότητα μια εικόνα ή μια ομάδα εικόνων στον υπολογιστή του χρήστη όπου εμφανίζεται κάποιος Γιάννης). Για αποτελεσματικό χαρακτηρισμό ψηφιακών πόρων με λέξεις κλειδιά (μεγαλύτερη εμβέλεια) συνήθως χρησιμοποιούνται λέξεις από ελεγχόμενα λεξιλόγια καθιερωμένων όρων ή θησαυρούς (ιεραρχικά δομημένα λεξιλόγια) τα οποία εκπονούνται από συλλογικούς οργανισμούς.

Ένα παράδειγμα τέτοιου ελεγχόμενου λεξιλογίου είναι ο θησαυρός Thesaurus for Graphic Materials (TGM), ο οποίος διατηρείται από το Τμήμα Εκτυπώσεων και Φωτογραφιών της βιβλιοθήκης του Κογκρέσου και ενημερώνεται τέσσερις φορές τον χρόνο (<http://www.loc.gov/rr/print/tgm1/>).



**Εικόνα 2.15.** Πεδία μεταδεδομένων IPTC σε παράθυρο εφαρμογής διαχείρισης ψηφιακού περιεχομένου (DAM).

## 2.8 Σύνοψη

- Η ψηφιακή αναπαράσταση των μέσων γίνεται με την οργάνωση των δεδομένων σε προκαθορισμένες δομές.
- Τα δεδομένα μπορεί να είναι κειμενικές οδηγίες που περιγράφονται από bytes, ή δυαδικά δεδομένα με μια συγκεκριμένη δομή.
- Οι εικόνες απεικονίζονται στην οθόνη του υπολογιστή ως συστοιχίες εικονοστοιχείων.
- Οι εικόνες αναπαριστώνται με λογικά εικονοστοιχεία ή κειμενικές περιγραφές.
- Οι εικόνες μπορεί να είναι ψηφιογραφικές ή διανυσματικές.
- Το κείμενο αναπαριστάται με τη συσχέτιση χαρακτήρων σε αριθμούς (σύνολα χαρακτήρων). Το κείμενο απεικονίζεται με τη βοήθεια γραμματοσειρών που ενσωματώνουν σχεδιαστικά πρότυπα για την μορφοποίηση των χαρακτήρων.
- Το χρώμα περιγράφεται με βάση χρωματικά μοντέλα τα οποία αναπαριστούν το χρώμα αριθμητικά.
- Το χρώμα μπορεί να δημιουργηθεί προσθετικά ή αφαιρετικά.
- Δύο βασικά χρωματικά μοντέλα είναι το RGB (προσθετικό) και το CMY(K) (αφαιρετικό).
- Χρωματικός χώρος είναι η περιγραφή μιας χρωματικής γκάμας με ένα χρωματικό μοντέλο. Τα χρωματικά μοντέλα αναφέρονται και ως χρωματικοί χώροι.
- Οι χρωματικοί χώροι RGB και CMYK είναι εξαρτημένοι συσκευών καθώς τα χρώματα που περιγράφουν εξαρτώνται από τις συσκευές που τα αναπαράγουν.
- Ο χρωματικός χώρος XYZ χαρτογραφεί όλα τα ορατά χρώματα του φάσματος και είναι ανεξάρτητος συσκευών.
- Ο χρωματικός χώρος LAB (CIE lab ή  $L^*a^*b^*$ ) είναι ανεξάρτητος συσκευών και χρησιμοποιείται σαν ο στάνταρτ χώρος αναφοράς στις χρωματικές μετατροπές.
- Οι (χρωματικοί) χώροι εργασίας είναι ανεξάρτητοι συσκευών και χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία εικόνας.
- Τα μεταδεδομένα είναι δεδομένα που περιγράφουν άλλα δεδομένα.
- Τα μεταδεδομένα χρησιμεύουν στην αναγνώριση και ανεύρεση ψηφιακών πόρων.
- Η χρήση και ενσωμάτωση μεταδεδομένων σε αρχεία ψηφιακών μέσων γίνεται βάσει προτύπων και κοινά αποδεκτών προδιαγραφών.

*η σελίδα παραμένει εσκεμμένα κενή*



## 3 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

### Βασικές Έννοιες

Ψηφιογραφικές εικόνες

Διανυσματικές εικόνες

Ψηφιοποίηση

Χρωματικός διαχωρισμός

Δειγματοληψία και ποσοτικοποίηση

Βάθος χρώματος

Ανάλυση

Χρωματική πληροφορία

Επίπεδα πληροφορίας



### 3.1 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Στα ψηφιακά μέσα και στις εφαρμογές τους, δύο είναι τα είδη εικόνων που μπορούμε να δημιουργήσουμε και να επεξεργαστούμε. Εικόνες που ήδη υπάρχουν και συλλαμβάνονται ψηφιακά, όπως οι φωτογραφικές εικόνες από ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ή ψηφιακούς σαρωτές και εικόνες που δημιουργούνται εξ αρχής με σχεδιαστικά προγράμματα στον υπολογιστή, όπως είναι τα γραφήματα, λογότυπα, σκίτσα, σχέδια κ.ά.

Οι πρώτες ονομάζονται **ψηφιογραφικές** (bitmapped images) ή **γραφικά πλέγματα** (bitmap graphics), απαρτίζονται από διακριτό αριθμό εικονοστοιχείων και περιγράφονται με δυαδικά δεδομένα (δυαδικές αναπαραστάσεις)<sup>16</sup>· οι δεύτερες ονομάζονται **διανυσματικές** (vector graphics), απαρτίζονται από σημεία, γραμμές, καμπύλες, σχήματα και περιγράφονται με μαθηματικές συναρτήσεις (κειμενικές αναπαραστάσεις).<sup>16</sup>

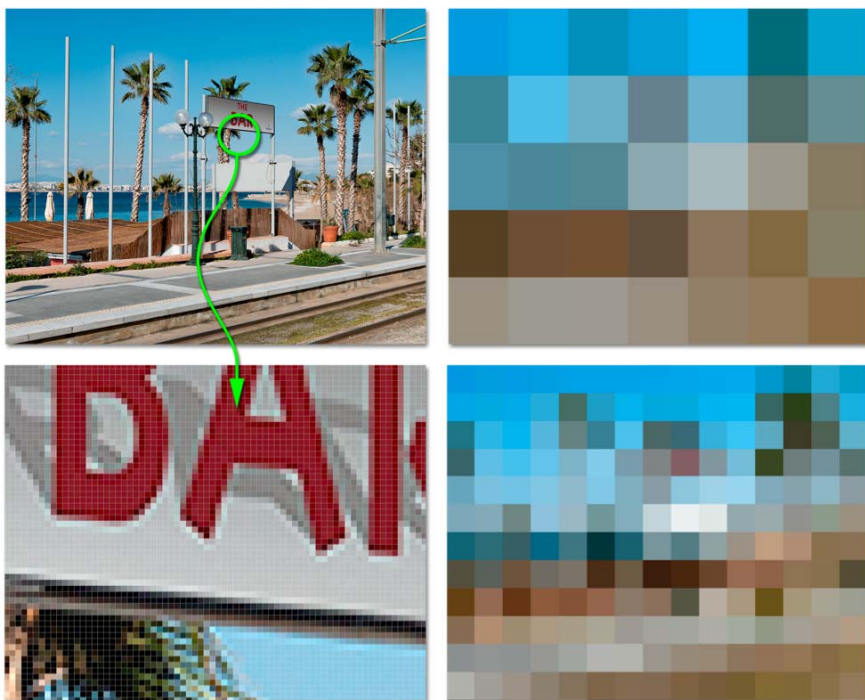
Χαρακτηριστικό και των δύο είναι ότι ανεξάρτητα από τον τρόπο δημιουργίας τους για να τις δούμε θα πρέπει να τις μετατρέψουμε σε ένα πλέγμα φυσικών ψηφίδων, οι προδιαγραφές του οποίου εξαρτώνται από το μέσο που κάθε φορά χρησιμοποιούμε. Για να τις δούμε τυπωμένες (**Εικόνα 3.2**), οι ψηφίδες (εικονοστοιχεία), θα πρέπει να είναι σημεία διαφορετικού χρώματος και μεγέθους πάνω στο χαρτί· όσο λεπτομερέες είναι το πλέγμα τους τόσο λιγότερο το διακρίνουμε και αντί γι' αυτό βλέπουμε τη σύνθεση των σημείων σαν εικόνα. Αν θέλουμε να τις δούμε στην οθόνη ενός υπολογιστή (**Εικόνα 3.1**), οι ψηφίδες θα πρέπει να είναι φωτεινά σημεία διαφορετικού χρώματος και έντασης· όσο μικρότερα είναι τα φωτεινά σημεία (εικονοστοιχεία οθόνης), τόσο πιο κοντά μπορεί να είναι το ένα στο άλλο με συνέπεια να μην γίνονται αντιληπτά σαν τέτοια και στην θέση τους να βλέπουμε τη σύνθεσή τους σαν εικόνα.

Και στις δύο περιπτώσεις, αν θέλουμε οι εικόνες να φαίνονται μεγαλύτερες, μπορούμε είτε να τις πλησιάσουμε, με κίνδυνο να γίνει εμφανής η ύπαρξη του πλέγματος των εικοστοιχείων ή απλά να τις μεγαλώσουμε, να φροντίσουμε δηλαδή να τις φτιάξουμε με περισσότερα φυσικά εικονοστοιχεία σε μεγαλύτερες διαστάσεις. Γενικά, αν οι διαστάσεις τους είναι πολύ μεγάλες μάλλον θα υποχρεωθούμε να πάμε προς τα πίσω για να χωρέσουν στο οπτικό μας πεδίο, οπότε η λεπτομέρεια του πλέγματος των εικονοστοιχείων θα μπορούσε να είναι και μικρότερη (αραιό πλέγμα)<sup>17</sup>· αν είναι πολύ μικρές μάλλον θα υποχρεωθούμε να πάμε πιο κοντά για να τις δούμε, οπότε η λεπτομέρεια του πλέγματος των εικονοστοιχείων θα πρέπει να είναι υψηλή (πυκνό πλέγμα).

*Η λεπτομέρεια του πλέγματος των φυσικών εικονοστοιχείων ονομάζεται ανάλυση<sup>17</sup> και ορίζεται από το πλήθος των εικονοστοιχείων ανά μονάδα μήκους.*

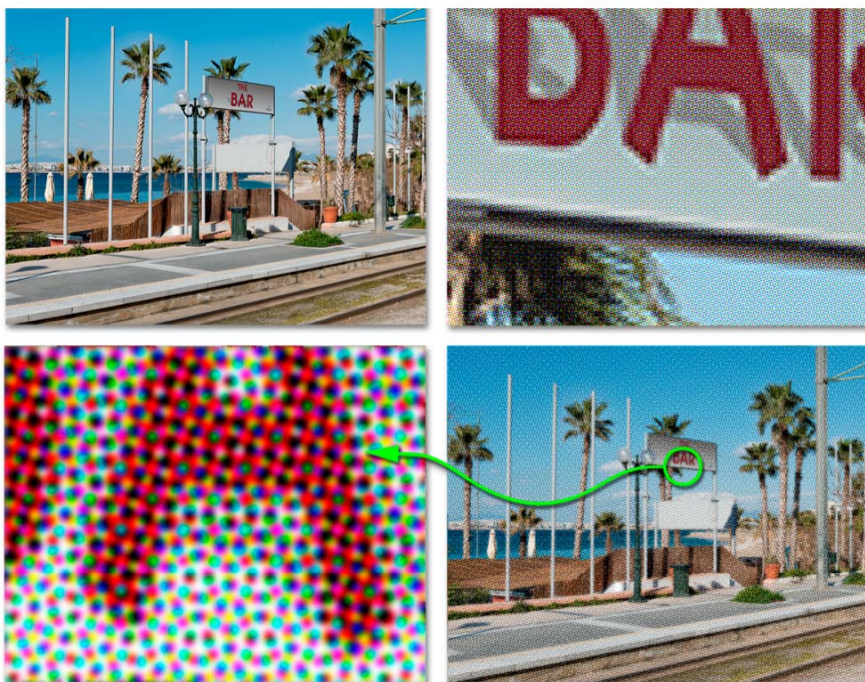
<sup>16</sup> Στις κειμενικές αναπαραστάσεις χρησιμοποιούνται επίσης δυαδικά δεδομένα, αλλά για να αναπαραστήσουν το κείμενο και όχι το μέσο που το κείμενο περιγράφει.

<sup>17</sup> Ο όρος ανάλυση χρησιμοποιείται πυκνά συχνά και συνήθως προκαλεί σύγχυση αν δεν συνοδεύεται από το πλαίσιο αναφοράς του, στην εν λόγω περίπτωση αφορά τη διάταξη φυσικών εικονοστοιχείων σε διδιάστατο χώρο.



**Εικόνα 3.1.** Μια ψηφιακή φωτογραφική εικόνα (αριστερά) με χιλιάδες εικονοστοιχεία. Η ίδια ακριβώς εικόνα (δεξιά), στο ίδιο μέγεθος, όπως περιγράφεται από μόνο 35 (επάνω) και 180 (κάτω δεξιά) εικονοστοιχεία. Η ευκρίνεια της εικόνας εξαρτάται από το πλήθος των εικονοστοιχείων στα οποία αναλύεται, όσο μεγαλύτερη είναι η ανάλυση (πιο πυκνό πλέγμα) τόσο μεγαλύτερη είναι και η ικανότητα περιγραφής που ενσωματώνει.

Εικόνα 1



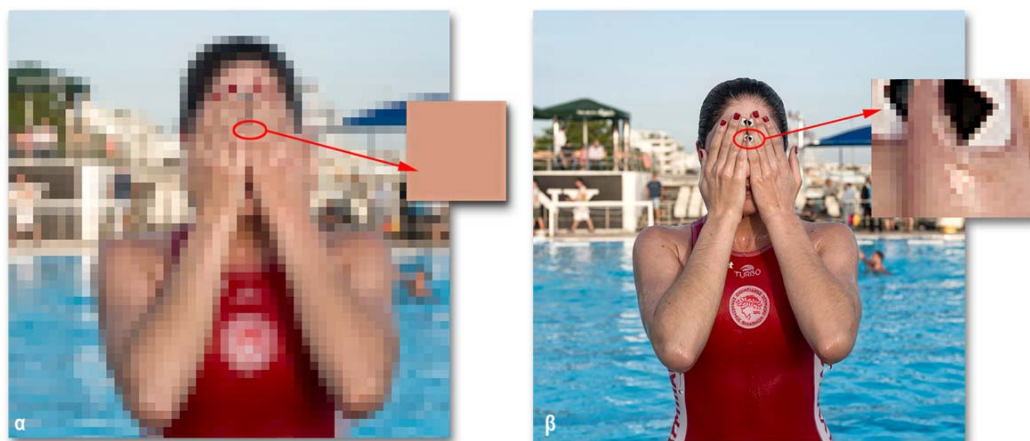
**Εικόνα 3.2.** Μια ημιτονική\* εκτύπωση τετραχρωμίας (κάτω δεξιά) της ίδιας ψηφιακής εικόνας (επάνω αριστερά). Τα εικονοστοιχεία της τυπωμένης φωτογραφίας είναι διακριτές έγχρωμες κουκίδες μελανιού\* το διαφορετικό τους μέγεθος και η μικρή (σταθερή) απόσταση διάταξης μεταξύ τους (πυκνότητα πλέγματος\*\*) τελικά δίνουν την εντύπωση της φωτογραφικής απεικόνισης. Όσο πλησιάζουμε για να τη δούμε από πιο κοντά, τόσο περισσότερο εμφανές γίνεται το πλέγμα των εικονοστοιχείων της (επάνω δεξιά).

(\*) Ημιτονικές (halftone) ονομάζονται οι μέθοδοι γραφικής αναπαραγωγής που χρησιμοποιούν κουκίδες (διακριτά σημεία) διαφορετικού μεγέθους ή και απόστασης μεταξύ τους για να προσομοιάσουν την ομαλή τονική συνέχεια μιας φυσικής εικόνας. Η τεχνική αυτή είναι γνωστή και ως dithering. Οι τεχνικές εκτύπωσης εικόνων που δεν χρησιμοποιούν κουκίδες λέγονται εκτυπώσεις συνεχών τόνων (contone), όπως π.χ. οι εκτυπώσεις με laser σε φωτοχημικά χαρτιά ή οι εκτυπώσεις θερμικής εξάχνωσης χρωστικών (dye sublimation).

(\*\*) Η πυκνότητα πλέγματος στις ημιτονικές εκτυπώσεις μετρείται σε γραμμές ανά μονάδα μήκους (lines per inch - LPI) και στον χώρο των γραφικών τεχνών αναφέρεται ως «ανάλυση ράστερ».

## 3.2 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η δημιουργία ψηφιακών εικόνων αφορά τη μετατροπή αναλογικού σήματος (αναλογική πληροφορία, φυσικό ερέθισμα) σε ψηφιακά δεδομένα (βλ. Κεφάλαιο 1.4 - Από το Αναλογικό στο Ψηφιακό). Το αναλογικό σήμα στην περίπτωση της φωτογραφικής εικόνας είναι η φωτεινή πληροφορία (χρώματα) του ανεστραμμένου φωτογραφικού ειδώλου που εμφανίζεται στο εστιακό επίπεδο του φωτογραφικού φακού. Κάθε φωτεινό σημείο σε αυτό το επίπεδο μπορεί να έχει διαφορετικές τιμές έντασης με πρακτικά άπειρη διαβάθμιση (είναι αναλογική πληροφορία). Η εικόνα δηλαδή είναι μια διαρκής συνάρτηση χρωμάτων (φυσική μεταβλητή) και χωρικών συντεταγμένων. Αν στις μεταβλητές του χώρου (σημεία επιπέδου εικόνας) και των χρωμάτων, αυτής της συνάρτησης, δώσουμε τιμές από ένα διακριτό και πεπερασμένο σύνολο τιμών, θα έχουμε μετατρέψει το αναλογικό σήμα σε ψηφιακό (ψηφιοποίηση). Κάθε διαδικασία ψηφιοποίησης διακρίνεται στο στάδιο της **δειγματοληψίας** και της **ποσοτικοποίησης** ή αλλιώς **κβαντισμού**.



**Εικόνα 3.4.** Μια εικόνα με διαφορετικούς ρυθμούς δειγματοληψίας. Η ίδια περιοχή της εικόνας με χαμηλή συχνότητα δειγματοληψίας αναπαριστάται με ένα εικονοστοιχείο (α) και με πολύ περισσότερα όταν η συχνότητα είναι υψηλή (β), όταν δηλαδή για τον ίδιο χώρο λαμβάνονται περισσότερα δείγματα. Οι διαστάσεις της εικόνας β σε εικονοστοιχεία (pixel dimensions) είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από αυτές της εικόνας α.

### 3.2.1 Δειγματοληψία

Το πρώτο στάδιο ψηφιοποίησης φωτογραφικών εικόνων είναι η δειγματοληψία. Τα διακριτά δείγματα ονομάζονται εικονοστοιχεία (picture elements - pixels) και περιγράφουν τη χρωματική πληροφορία των αντίστοιχων σημείων της φωτεινής εικόνας.

Στη δειγματοληψία (sampling) γίνεται λήψη δειγμάτων χρώματος από ισαπέχοντα σημεία της εικόνας, τα οποία προσδιορίζονται σε ένα ορθοκανονικό σύστημα συντεταγμένων (πλέγμα δειγματοληψίας). Για το ίδιο φωτογραφικό κάδρο, όσο περισσότερα είναι τα σημεία (υψηλός ρυθμός ή υψηλή χωρική συχνότητα δειγματοληψίας), όσο πυκνότερο δηλαδή είναι το πλέγμα δειγματοληψίας, τόσο περισσότερη θα είναι και η λεπτομέρεια εικόνας που θα καταγραφεί. Η μετέπειτα συναρμογή των δειγμάτων (στοιχείων εικόνας, εικονοστοιχείων, pixels) σαν χρώματα, με τιμές από ένα συγκεκριμένο σύνολο τιμών (εύρος τιμών δείγματος), σε ένα ανάλογο ορθοκανονικό πλέγμα, θα έχει σαν αποτέλεσμα

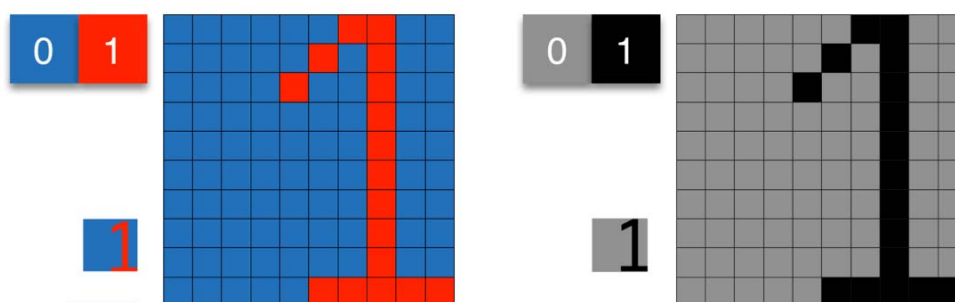


την ανασύσταση της αρχικής εικόνας σαν σε μια μορφή ψηφιδωτού· ο βαθμός περιγραφής (λεπτομέρεια) αυτής της εικόνας θα εξαρτάται από τον αριθμό των εικονοστοιχείων στα οποία αναλύεται.

Ο ρυθμός ή αλλιώς συχνότητα δειγματοληψίας, το πλήθος δηλαδή των δειγμάτων ανά μονάδα μήκους, καθορίζει τις διαστάσεις της ψηφιακής εικόνας σε εικονοστοιχεία (**pixel dimensions**) ή αλλιώς την ανάλυση της ψηφιακής εικόνας (**pixel resolution**). Αυξάνοντας τη συχνότητα δειγματοληψίας αυξάνεται η ανάλυση της εικόνας.

### 3.2.2 Ποσοτικοποίηση

Τα χρώματα της αρχικής φυσικής σκηνής (**Εικόνα 3.4**) γίνονται αντιληπτά σαν συνεχείς αδιάλειπτες διαβαθμίσεις γιατί η ανάλυσή τους είναι άπειρη· μπορεί δηλαδή να λάβουν άπειρες τιμές και δεν μπορούμε να διακρίνουμε ξέχωρα τη μια από την άλλη. Επειδή η φύση των ψηφιακών δεδομένων είναι πεπερασμένη, το χρώμα κάθε εικονοστοιχείου της σκηνής (τιμή δείγματος) θα πρέπει να αντιστοιχηθεί αναγκαστικά, σε κάποια τιμή ενός πεπερασμένου συνόλου τιμών (χρωμάτων). Η διαδικασία αυτή, της χαρτογράφησης των τιμών των δειγμάτων σε ένα νέο διακριτό και πεπερασμένο σύνολο τιμών ονομάζεται **ποσοτικοποίηση** ή αλλιώς **κβαντισμός**<sup>18</sup> (quantization) των τιμών των δειγμάτων.



**Εικόνα 3.6.** Μια εικόνα με βάθος χρώματος 1-bit μπορεί να έχει δύο μόνο χρώματα ( $2^1=2$ ). Στην πρώτη εικόνα στην τιμή μηδέν ανατέθηκε το μπλε και στην τιμή 1 το κόκκινο, ενώ στη δεύτερη ένας τόνος του γκρι και το μαύρο αντίστοιχα.

Το πλήθος των διαθέσιμων τιμών στις οποίες μπορούν να αντιστοιχιστούν οι τιμές των δειγμάτων,<sup>19</sup> ονομάζεται **εύρος τιμών δείγματος** ή απλά **βάθος χρώματος** (color depth ή bit depth). Το εύρος τιμών δείγματος καθορίζεται από την ποσότητα ψηφιακής πληροφορίας (δυναδικών δεδομένων, δυφίων) που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τις πιθανές τιμές κάθε εικονοστοιχείου της εικόνας και μετριέται σε αριθμό δυφίων (bits). Αν π.χ. χρησιμοποιηθεί μόνο ένα bit πληροφορίας (**Εικόνα 3.6**) κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας μπορεί να έχει δύο (οποιαδήποτε) χρώματα ( $2^1=2$ ), αν χρησιμοποιηθούν 8-bit, κάθε εικονοστοιχείο μπορεί να έχει ένα από 256 χρώματα ( $2^8=256$ ). Για ένα δεδομένο εύρος τιμών δείγματος, ανάλογα με το πλήθος των εικονοστοιχείων της εικόνας

<sup>18</sup> Κβαντισμός, κβαντισμένο, κβάντωση: προκύπτουν από το «κβάντο», ελληνική απόδοση του «quantum» (κουάντουμ > κβάντο) που σχετίζεται με την έννοια της ελάχιστης (δεδομένης, σταθερής) ποσότητας. Το «ποσοτικοποίηση» χρησιμοποιείται εδώ με την έννοια της δεδομένης ποσότητας (στάθμης)· στην ελληνική επιστημονική ορολογία το συναντάμε σχεδόν αποκλειστικά σαν «κβαντισμό».

<sup>19</sup> Οι τιμές δείγματος αφορούν σε δειγματοληπτημένες στάθμες φωτεινότητας σημείων της εικόνας. Το εύρος τιμών δείγματος αφορά τις διαθέσιμες στάθμες φωτεινότητας στις οποίες θα πρέπει να στρογγυλοποιηθούν (κωδικοποιηθούν) οι τιμές δείγματος και ονομάζονται στάθμες κβαντισμού ή ποσοτικοποίησης.

καθορίζεται και το μέγεθος του ψηφιακού αρχείου (file size), δηλαδή η μνήμη που απαιτείται για την αποθήκευση της εικόνας.

*Το δεύτερο στάδιο ψηφιοποίησης φωτογραφικών εικόνων αφορά την ποσοτικοποίηση ή κβαντισμό των τιμών των δειγμάτων σε ένα διακριτό εύρος τιμών. Το εύρος των τιμών καθορίζεται από τα δυφία (bits) που χρησιμοποιούνται και ονομάζεται **βάθος χρώματος** (color depth ή αλλιώς bit depth).*

### 3.3 ΒΑΘΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το βάθος χρώματος ορίζει τη διαθεσιμότητα μοναδικών χρωμάτων για μια εικόνα με βάση τον αριθμό των δυφίων (bits) που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή τους· αυτό πρακτικά καθορίζει την **ακρίβεια περιγραφής** των εκάστοτε χρωμάτων που αναπαριστά η εικόνα.

Για μια αχρωματική εικόνα (grayscale) το βάθος χρώματος καθορίζει την διαθέσιμη κλίμακα μοναδικών διαβαθμίσεων του γκρι, από το άσπρο έως το μαύρο· αν είναι 8-bit υπάρχει η δυνατότητα να αναπαρασταθούν 256 ( $2^8=256$ ) τονικές διαβαθμίσεις (τιμές φωτεινής έντασης) με τιμές από το 0 (μαύρο) έως το 255 (λευκό) ενώ αν είναι 12-bit, 4096 αντίστοιχα ( $2^{12}=4096$ ).

Σε μια έγχρωμη εικόνα RGB κάθε εικονοστοιχείο δημιουργείται από συνδυασμούς έντασης (στάθμες φωτεινότητας) των τριών βασικών χρωμάτων, κόκκινου, πράσινου και μπλε. Οι τρεις χρωματικές συνιστώσες αναφέρονται και ως «χρωματικά κανάλια» (color channels) και λαμβάνουν τιμές από την διαθέσιμη κλίμακα τιμών που επιτρέπει το εκάστοτε βάθος χρώματος. Το βάθος χρώματος κάθε καναλιού αναφέρεται σαν «βάθος χρώματος ανά κανάλι» (bits per channel - bpc) ή ανά χρώμα. Αντίστοιχα, το σύνολο των διαθέσιμων δυφίων (bits) και των τριών καναλιών αναφέρεται σαν «βάθος χρώματος ανά εικονοστοιχείο» (bits per pixel - bpp)· στην καθημερινή πρακτική ονομάζεται απλά «βάθος χρώματος» (χωρίς άλλη αναφορά). Για παράδειγμα, η έκφραση «εικοσιτετράμπιτη εικόνα» αφορά μια εικόνα με βάθος χρώματος 24-bit ανά εικονοστοιχείο ( $3 \times 8\text{-bit}=24\text{-bit}$ ).

*Το **βάθος χρώματος** (bit depth), επηρεάζει την πιστότητα (ακρίβεια) της αναπαράστασης των χρωμάτων της εικόνας· όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος χρώματος τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιλογή τιμών για την αναπαράστασή τους. Το μέγεθος του ψηφιακού αρχείου εικόνας είναι συνάρτηση της ανάλυσης της εικόνας (pixel resolution) σε εικονοστοιχεία και του βάθους χρώματος (bit depth) ανά εικονοστοιχείο.*

Το βάθος χρώματος εξαρτάται και από τις προδιαγραφές του μορφότυπου της εικόνας. Οι εικόνες από τις περισσότερες φωτογραφικές μηχανές αποθηκεύονται συνήθως σαν αρχεία JPEG. Ο μορφότυπος JPEG υποστηρίζει βάθος χρώματος 24-bit ανά εικονοστοιχείο, που σημαίνει ότι μπορεί να αναπαραστήσει μέχρι και 16777216 χρώματα ( $2^{24} = 16777216$ ). Παρά το γεγονός ότι το χρώμα 24-bit είναι αρκετό για να αναπαραστήσει τα χρώματα, δεν έχει το βάθος της πληροφορίας που θα εξασφαλίσει τις μικρότερες δυνατές απώλειες κατά την επεξεργασία της εικόνας.

Εικόνες με βάθος χρώματος 32-bit<sup>20</sup> είναι εικόνες 24-bit με ένα επιπρόσθετο κανάλι alpha 8-bit το οποίο χρησιμοποιείται για τον ορισμό της διαφάνειας της εικόνας· σε αντίθεση με τις εικόνες 24-bit που είναι αδιαφανείς, οι εικόνες με βάθος χρώματος 32-bit μπορούν να συνδυαστούν με άλλες εικόνες και χρησιμοποιούνται σε τεχνικές HDR (High Dynamic Range).



**Εικόνα 3.6.** Η ίδια εικόνα RGB με βάθος χρώματος 5-bit (α), 6-bit (β), 7-bit (γ) και 8-bit (δ) για κάθε χρωματικό κανάλι. Στην πρώτη εικόνα (α) οι διαθέσιμες στάθμες φωτεινότητας για κάθε χρώμα είναι 32 ( $2^5=32$ ), δηλαδή το σύνολο των διαθέσιμων χρωμάτων είναι 32768 χρώματα ( $2^{15}=32768$ ). Στη δεύτερη (β) οι διαθέσιμες στάθμες φωτεινότητας για κάθε χρώμα είναι διπλάσιες, ( $2^6=64$ ), και το σύνολο των διαθέσιμων χρωμάτων είναι 262144 χρώματα ( $2^{18}=262144$ ). Στην τρίτη (γ) οι στάθμες φωτεινότητας είναι 128 ( $2^7=128$ ) και τα διαθέσιμα χρώματα 2097152 ( $2^{21}=2097152$ ), ενώ στην τελευταία εικόνα (δ), 256 ( $2^8=256$ ) και 16777216 ( $2^{24}=16777216$ ) αντίστοιχα. Η ανάλυση σε εικονοστοιχεία είναι ίδια και για τις τέσσερις εικόνες (ίδιος ρυθμός δειγματοληψίας). Η σχετική ευκρίνεια της εικόνας εξαρτάται (και) από το πλήθος των χρωμάτων με τα οποία περιγράφεται.

<sup>20</sup> Χρησιμοποιούνται αριθμητικές αναπαραστάσεις κινητής υποδιαστολής με μήκος 32-bit.



### 3.4 ΣΥΛΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Η ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές καταγράφουν φυσικές εικόνες χρησιμοποιώντας φωτοαισθητήρες (ανιχνευτές φωτονίων) οι οποίοι μετατρέπουν τη φωτεινή ενέργεια σε ανιχνεύσιμο ηλεκτρικό σήμα· σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως αισθητήρες τύπου CCD (Charged Coupled Devices) ή CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductors).<sup>21</sup>

Οι φωτοαισθητήρες έχουν αντικαταστήσει το φωτοχημικό φιλμ στη θέση του εστιακού επιπέδου της φωτογραφικής μηχανής. Η λειτουργία τους βασίζεται σε εκατομμύρια μικροσκοπικά φωτοστοιχεία (φωτοδιόδους) με βάση το κρυσταλλικό πυρίτιο (Si), διατεταγμένα σε ένα ορθοκανονικό πλέγμα. Κατά τη διάρκεια της φωτογραφικής έκθεσης (φωτογραφική λήψη, σύλληψη εικόνας), τα φωτοστοιχεία λειτουργούν σαν κυψέλες συσσώρευσης<sup>22</sup> ηλεκτρονίων (ηλεκτρικό φορτίο) η ποσότητα των οποίων είναι ευθέως ανάλογη με την ποσότητα (στιγμιαία ροή) των φωτονίων (φως) που φτάνουν σε αυτό. Με το πέρας της έκθεσης, το ηλεκτρικό φορτίο κάθε στοιχείου (που είναι ανάλογο της φωτεινότητας του σημείου της εικόνας στο οποίο αντιστοιχεί) μετατρέπεται και καταγράφεται σαν ηλεκτρική τάση, ενισχύεται και μεταφέρεται σαν ηλεκτρικό (αναλογικό) σήμα μέσω κυκλωμάτων στον μετατροπέα ADC (Analog to Digital Converter) όπου και μετατρέπεται σε ψηφιακό (διακριτό) σήμα.

Το πλήθος των φωτοστοιχείων του αισθητήρα (ανάλυση αισθητήρα) ορίζει τη *χωρική συχνότητα δειγματοληψίας*<sup>23</sup> της ψηφιοποίησης. Η ελάχιστη φωτεινή ένταση που καταγράφεται εξαρτάται από τον εγγενή θόρυβο του συστήματος (στάθμη θερμικού θορύβου<sup>24</sup> ημιαγωγών), ενώ η μέγιστη καθορίζεται από τη συνολική φόρτιση που μπορεί να συσσωρεύσουν τα φωτοστοιχεία. Η διαφορά των δύο μεγεθών καθορίζει και την **δυναμική κλίμακα** καταγραφής του αισθητήρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η δυναμική κλίμακα τόσο μεγαλύτερη είναι και η κλίμακα φωτεινότητας που μπορεί να καταγράψει ο αισθητήρας της μηχανής.

Επειδή κάθε σύστημα χρωματικής αναπαραγωγής θα πρέπει να διαχωρίσει τις χρωματικές συνιστώσες αυτού που αναπαράγει και να τις ανασυνθέσει με διακριτά στοιχεία εικόνας (**Εικόνα 3.11**) και επειδή τα φωτοστοιχεία του αισθητήρα δεν μπορούν να διαχωρίσουν και να καταγράψουν χρώματα παρά μόνο φωτεινή ενέργεια, ο χρωματικός διαχωρισμός της εικόνας επιτυγχάνεται με τη χρήση φίλτρων των τριών βασικών χρωμάτων που τοποθετούνται μπροστά από κάθε φωτοστοιχείο του αισθητήρα. Το σύνολο σχεδόν των ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών καταγράφει μόνο ένα από τα τρία βασικά χρώματα σε κάθε εικονοστοιχείο του αισθητήρα αξιοποιώντας πρακτικά περίπου μόνο το 1/3 της

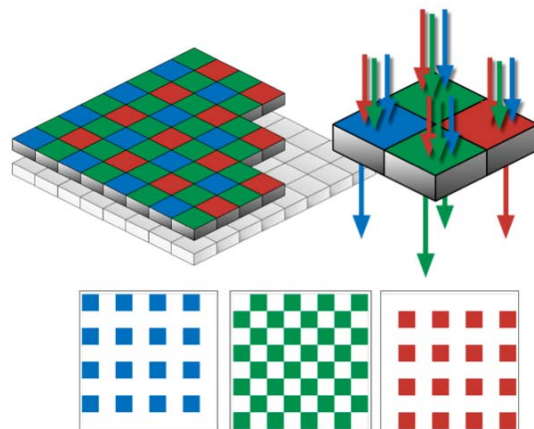
<sup>21</sup> Η γενική αρχή λειτουργίας είναι η ίδια αλλά διαφέρουν στον τρόπο καταγραφής της μετατροπής του ηλεκτρικού φορτίου σε τάση για τη μεταφορά του στη μονάδα μετατροπής ADC. Στην αρχιτεκτονική CCD η μετατροπή της στιγμιαίας ροής φωτονίων σε ηλεκτρικό φορτίο συμβαίνει μέσα στο φωτοστοιχείο αλλά η μετατροπή του φορτίου σε τάση γίνεται σε κυκλώματα εξωτερικά του πλέγματος των φωτοστοιχείων. Στην αρχιτεκτονική των αισθητήρων τύπου CMOS η μετατροπή του φορτίου σε τάση γίνεται μέσα στο ίδιο το πλέγμα διάταξης των φωτοστοιχείων και καταγράφεται διαδοχικά για κάθε σειρά εικονοστοιχείων του πλέγματος. Η διαφορετικές αρχιτεκτονικές επηρεάζουν το κόστος παραγωγής των φωτοαισθητήρων (οι αισθητήρες τύπου CCD έχουν υψηλότερο κόστος κατασκευής) και κάποια από τα χαρακτηριστικά των λήψεων.

<sup>22</sup> Μπορούμε να τα φανταστούμε πρακτικά σαν δοχεία αποθήκευσης φωτονίων το βάθος των οποίων ορίζει αυτό που ονομάζεται «πηγάδι δυναμικού» (potential well). Το βάθος και οι διαστάσεις του πηγαδιού ορίζουν τη μέγιστη δυνατότητα καταγραφής του φωτοστοιχείου.

<sup>23</sup> Δεν ταυτίζεται (συνήθως) με την έννοια της ανάλυσης σε εικονοστοιχεία της τελικής ψηφιακής εικόνας.

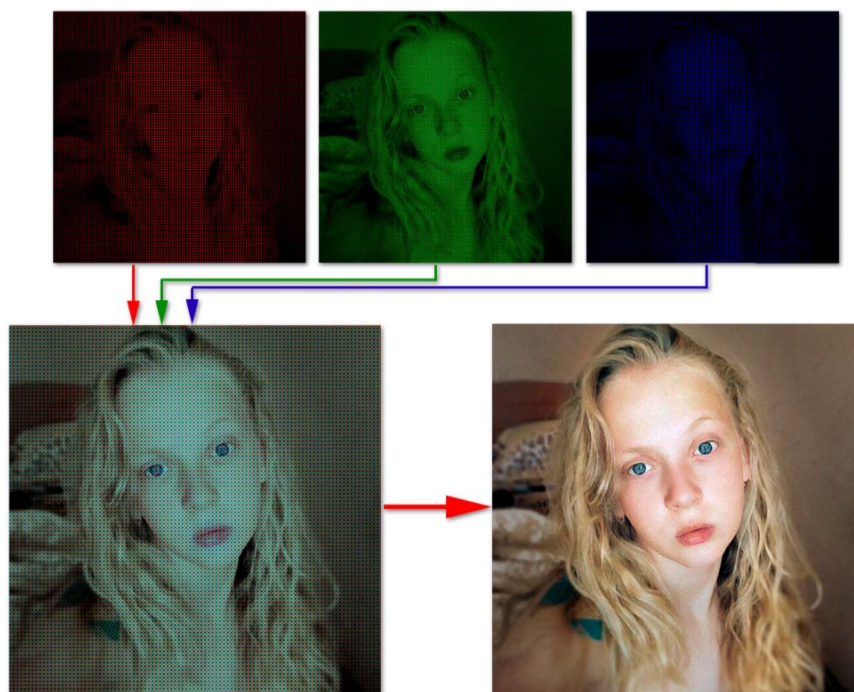
<sup>24</sup> Ο εγγενής ηλεκτρονικός θόρυβος ενός ημιαγωγού ανεξάρτητα από την τάση που εφαρμόζεται σε αυτόν.

φωτεινής πληροφορίας. Συνεπακόλουθα, για την πλήρη καταγραφή χρώματος σε κάθε εικονοστοιχείο, η μηχανή θα πρέπει υπολογίσει τη συμμετοχή των υπόλοιπων δύο χρωμάτων.



**Εικόνα 3.7.** Φωτοαισθητήρας με έγχρωμα φίλτρα σε διάταξη Bayer. Λόγω της διάταξης των φίλτρων η καταγραφή των χρωμάτων είναι ατελής καθώς καταγράφεται το 50% του πράσινου και το 25% του κόκκινου και μπλε αντίστοιχα. Τα τελικά δείγματα προκύπτουν από τη συναρμολόγηση των τριών μωσαϊκών με αλγόριθμους παρεμβολής. Η διαδικασία αυτή λέγεται αποψηφιδοποίηση (*demosaicing*).

Ο πιο κοινός τρόπος διάταξης φίλτρων μπροστά από τα φωτοστοιχεία του αισθητήρα είναι η διάταξη Bayer (**Εικόνα 3.7**), μια συστοιχία εναλλασσόμενων σειρών κόκκινων-πράσινων και πράσινων-μπλε φίλτρων. Με τη διάταξη Bayer αφιερώνονται περισσότερα φωτοστοιχεία στην καταγραφή του πράσινου· επειδή η ανθρώπινη όραση είναι πιο ευαίσθητη στο πράσινο φως, για κάθε τετράδα φωτοστοιχείων τα δύο αφορούν στο πράσινο. Γενικά, ο πλεονασμός καταγραφής του πράσινου δίνει εικόνες με λιγότερο θόρυβο και καλύτερη λεπτομέρεια, κάτι που φαίνεται και στα κανάλια της εικόνας (**Εικόνα 3.19**).



**Εικόνα 3.8.** Η πρωτογενής καταγραφή του φωτογραφικού ειδώλου είναι ελλιπής και θα πρέπει να υπολογιστεί η πληροφορία που απουσιάζει κατά τη διαδικασία της αποψηφιδοποίησης (*demosaicing*).

Συνδυάζοντας τις καταγραφές των φωτοστοιχείων του αισθητήρα μέσα από το πλέγμα Bayer το αποτέλεσμα είναι μια ελλιπής εικόνα (**Εικόνα 3.8**) καθώς τα δείγματα από κάθε φωτοστοιχείο περιέχουν πληροφορίες για ένα μόνο χρώμα. Για τη δημιουργία των τελικών εικονοστοιχείων της εικόνας (RGB) χρησιμοποιούνται οι πληροφορίες από συμπαγή μπλοκ τεσσάρων (2X2) φωτοστοιχείων του αισθητήρα (RGBG) οι οποίες συσχετίζονται με αυτές των γειτονικών μπλοκ σε διάφορους συνδυασμούς. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **αποψηφιδοποίηση (demosaicing)** και υλοποιείται από διαφορετικούς αλγόριθμους παρεμβολής με διαφορετικούς τρόπους.<sup>25</sup> Η αποτελεσματικότητα του αλγόριθμου αποψηφιδοποίησης που επιλέγεται έχει άμεσο αντίκτυπο στην ποιότητα της μετατροπής, άρα και της τελικής εικόνας.

Στην περίπτωση που η φωτογραφική μηχανή έχει ρυθμιστεί να αποδίδει *ψηφιογραφικές εικόνες* (JPEG ή TIFF) η διαδικασία της αποψηφιδοποίησης εκτελείται από το λογισμικό της μηχανής για να ακολουθήσουν διαδικασίες (σύμφωνα με τις εκάστοτε προρυθμίσεις της μηχανής), όπως η ρύθμιση ισορροπίας λευκού, αντίθεση τονικότητας, χρωματικότητα, κορεσμού χρωμάτων, οξύτητας, κωδικοποίησης κ.ά. Αν επιλεγεί σαν παραδοτέο το *ακατέργαστο αρχείο με τα δεδομένα του αισθητήρα* (αρχείο **raw**)<sup>26</sup>, η διαδικασία αυτή υλοποιείται κατά τη μετατροπή των δεδομένων raw σε ψηφιογραφική εικόνα στο στάδιο της επεξεργασίας του αρχείου με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού μετατροπής (raw converters).

Σε φωτογράφιση θεμάτων με λεπτομέρειες μικρής κλίμακας, όπως ύφανση ή σχέδια με πυκνές γραμμές, υπάρχει περίπτωση η διαδικασία αποψηφιδοποίησης να εμφανίσει διάφορα τεχνουργήματα, με πιο κοινά τα μοτίβα μουaré (moiré) ή και αφύσικα χρώματα. Για τον λόγο αυτό, σχεδόν κάθε αισθητήρας χρησιμοποιεί *οπτικά φίλτρα χαμηλής διέλευσης* (Optical Low Pass Filter - OLPF)<sup>27</sup> για να μπλοκάρει τις υψηλές συχνότητες (συχνές εναλλαγές τονικότητας). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ευκρίνειας της εικόνας κάτι που συνήθως διορθώνεται με φίλτρα όξυνσης κατά την επεξεργασία της.

### 3.4.1 Το Μέγεθος του Αισθητήρα

Ανεξάρτητα από τον τεχνικό σχεδιασμό ενός αισθητήρα αυτό που ορίζει το μέγεθος της τελικής ψηφιακής εικόνας είναι το πλήθος των λογικών εικονοστοιχείων που περιγράφονται μετά από το στάδιο της αποψηφιδοποίησης. Η ανάλυση σε εικονοστοιχεία της τελικής εικόνας καθορίζει αυτό που λέμε μέγεθος ψηφιακής εικόνας το οποίο και μετρείται σε εκατομμύρια εικονοστοιχεία (Mega Pixels).

Η ποιότητα των λογικών εικονοστοιχείων εξαρτάται και από το μέγεθος των φωτοστοιχείων του αισθητήρα. Δυο φωτογραφικές μηχανές μπορεί να έχουν αισθητήρες διαφορετικών διαστάσεων αλλά τον ίδιο αριθμό φωτοστοιχείων· ο αισθητήρας με τις μικρότερες διαστάσεις διαθέτει προφανώς μικρότερα φωτοστοιχεία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα εικόνες με περισσότερο θόρυβο και μικρότερη δυναμική κλίμακα. Αντιθέτως, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των φωτοστοιχείων τόσο πιο δυνατό είναι το σήμα που καταγράφουν και τόσο μεγαλύτερη η δυνατότητα συλλογής φωτονίων μέχρι το σημείο κορεσμού τους (στάθμη λευκού).

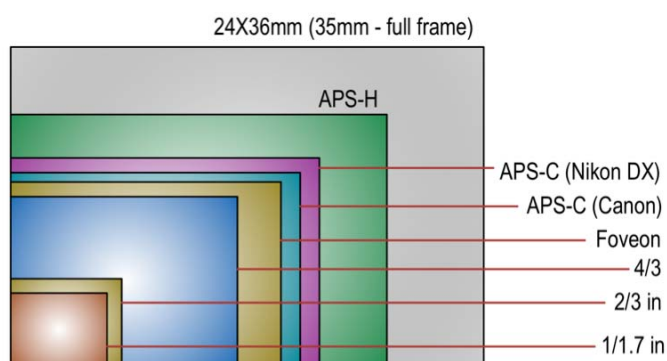
Οι διαστάσεις των αισθητήρων επηρεάζουν όχι μόνο την ανάλυση της εικόνας, αλλά και παράγοντες όπως το βάθος πεδίου (όσο μικρότερες είναι οι διαστάσεις του αισθητήρα

<sup>25</sup> Κάθε κατασκευαστής χρησιμοποιεί διαφορετικούς αλγόριθμους ή συνδυασμούς τους οι οποίοι δεν κοινοποιούνται για εμπορικούς λόγους.

<sup>26</sup> Η λέξη raw χρησιμοποιείται με την έννοια «ωμό», «ακατέργαστο», «ως έχει».

<sup>27</sup> Αναφέρεται και σαν φίλτρο anti-alias.

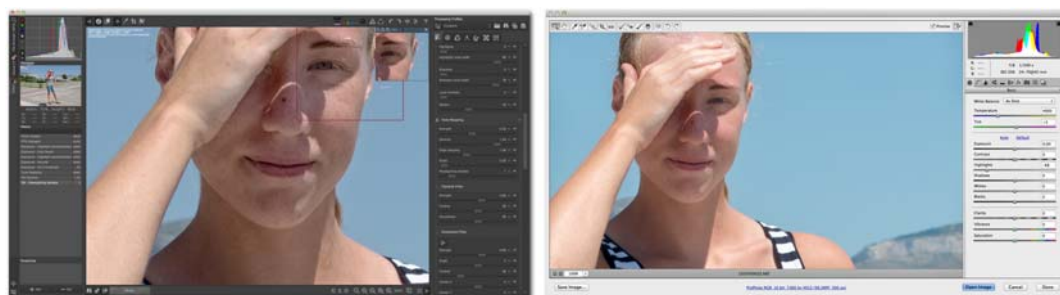
τόσο αυξάνεται το βάθος πεδίου), το κάδρο της εικόνας (αναλογίες πλευρών) και την ωφέλιμη γωνία οπτικού πεδίου των φωτογραφικών φακών. Όλες οι φωτογραφικές μηχανές με αισθητήρες μικρότερους από 24×36 mm (διαστάσεις κάδρου του φωτογραφικού φιλμ τύπου 135), έχουν μικρότερη ωφέλιμη γωνία οπτικού πεδίου αν χρησιμοποιηθούν με τον ίδιο φακό. Αυτό συμβαίνει γιατί στην επιφάνεια του μικρότερου αισθητήρα προβάλλεται πλέον ένα μικρότερο μέρος του ειδώλου της εικόνας που σχηματίζει ο φακός με συνέπεια το ωφέλιμο οπτικό πεδίο του φακού να μειώνεται· αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένας φακός με εστιακή απόσταση 50 mm (θεωρείται σαν «κανονικός» φακός για φιλμ τύπου 135) να συμπεριφέρεται σαν φακός των 75mm (μεσαίος τηλεφακός). Ο συντελεστής που προσδιορίζει το απαιτούμενο εστιακό μήκος για να καλυφθεί το ίδιο οπτικό πεδίο αν ο αισθητήρας είχε διαστάσεις 24×36 mm, ονομάζεται **συντελεστής αποκοπής** (crop factor). Οι ψηφιακές μηχανές με αισθητήρα 24×36 mm έχουν συντελεστή κάδρου 1 και ονομάζονται τύπου full frame (**Εικόνα 3.10.1**).



**Εικόνα 3.9.** Σύγκριση μεγεθών αισθητήρων με το κλασικό σχήμα 24×36 mm ενός τυπικού φωτογραφικού φιλμ 35mm (τύπου 135).

### 3.4.2 Τα Αρχεία Raw

Οι περισσότερες ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές έχουν τη δυνατότητα εξαγωγής των δεδομένων του αισθητήρα σε μορφή ψηφιακού αρχείου πριν από την επεξεργασία τους και τη μεταμόρφωσή τους σε ψηφιογραφικές εικόνες (αρχεία TIFF ή JPEG). Τα αρχεία αυτού του είδους ονομάζονται **αρχεία raw** και οι πληροφορίες που περιέχουν είναι οι τιμές φωτεινότητας των φωτοστοιχείων του αισθητήρα, μια εικόνα JPEG για την επισκόπηση της λήψης (η εικόνα που εμφανίζεται στην οθόνη της μηχανής) με βάση τις ρυθμίσεις της μηχανής<sup>28</sup> και μεταδεδομένα, όπως τεχνικά που αφορούν την κωδικοποίηση των δεδομένων (για να είναι δυνατή η μετέπειτα αποκωδικοποίησή τους) και δεδομένα EXIF που αφορούν στη φωτογραφική λήψη.



**Εικόνα 3.10.** Περιβάλλον εργασίας λογισμικών μετατροπής αρχείων raw σε ψηφιογραφικές εικόνες.

<sup>28</sup> Η εικόνα επισκόπησης δημιουργείται σύμφωνα με τις προρυθμίσεις της φωτογραφικής μηχανής (ισορροπία λευκού, τονικότητα, αντίθεση, χρωματικότητα κλπ) χωρίς όμως αυτές να επηρεάζουν τα δεδομένα της λήψης.



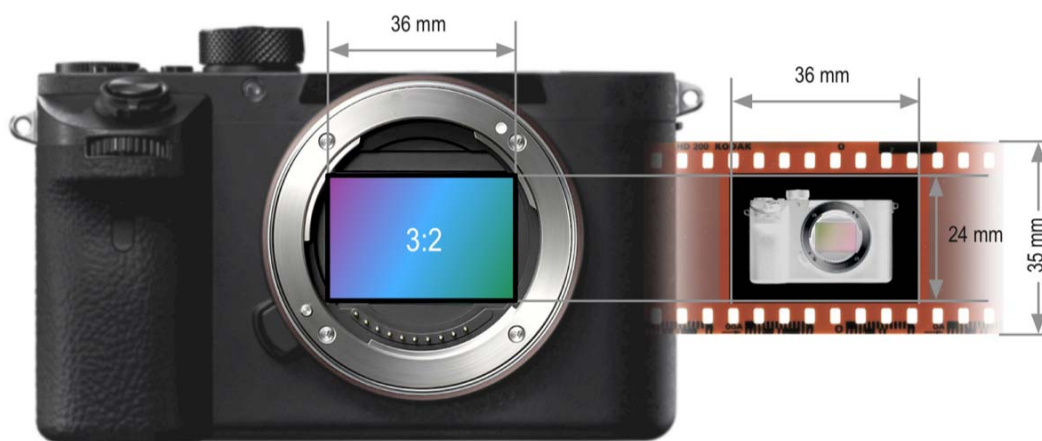
Τα αρχεία raw δεν είναι αρχεία εικόνας και η ανάγνωσή τους γίνεται μόνο σε εφαρμογές λογισμικού σχεδιασμένες να μετατρέπουν ανεπεξέργαστα δεδομένα εικόνας σε ψηφιογραφικές εικόνες. Τέτοια λογισμικά είναι συνήθως ενσωματωμένα σαν βοηθητικά προγράμματα σε εφαρμογές επεξεργασίας (π.χ. Adobe Camera Raw) ή σαν ανεξάρτητες εφαρμογές, εμπορικές (π.χ. Capture One Pro, Lightroom) ή ανοικτού κώδικα (π.χ. RawTherapy).

Η βασική τους λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των φωτογραφικών αρνητικών· λειτουργούν σαν ένα μητρώο εικόνας από το οποίο μπορούν να προκύψουν πολλά διαφορετικά αντίγραφα της ίδιας εικόνας. Όπως και με τα φωτογραφικά αρνητικά, η πληροφορία που ενσωματώνουν είναι πολύ περισσότερη από τις εικόνες που μπορούν τελικά να προκύψουν (αρχεία JPEG ή TIFF).

Το πλεονέκτημα των αρχείων raw είναι η δυνατότητα ελέγχου όλης της επεξεργασίας που υλοποιεί το λογισμικό της μηχανής, συμπεριλαμβανομένης της αποψηφidoποίησης, για τη δημιουργία των τελικών αρχείων εικόνας, εκτός μηχανής. Η επεξεργασία αυτή αφορά στη ρύθμιση της φωτεινότητας, της αντίθεσης, της χρωματικής ισορροπίας, του κορεσμού των χρωμάτων, του βαθμού όξυνσης της εικόνας, του βάθους χρώματος, και της επιλογής του τελικού μορφότυπου. Επιπρόσθετα υπάρχει η ευχέρεια επιλογής του χρωματικού χώρου επεξεργασίας της εικόνας και διόρθωσης χρωματικών αποκλίσεων και οπτικών παραμορφώσεων.

Ένα βασικό πλεονέκτημα είναι ότι τα αρχεία raw είναι κωδικοποιημένα σε περισσότερα από 8-bit ανά χρώμα (συνήθως σε 12 ή 14-bit ανά χρωματικό κανάλι και σε 16-bit με τη βοήθεια αλγόριθμων παρεμβολής) κάτι που προσθέτει ευελιξία στο στάδιο της επεξεργασίας των παράγωγων αρχείων σε ότι αφορά την (αναπόφευκτη) απώλεια δεδομένων.

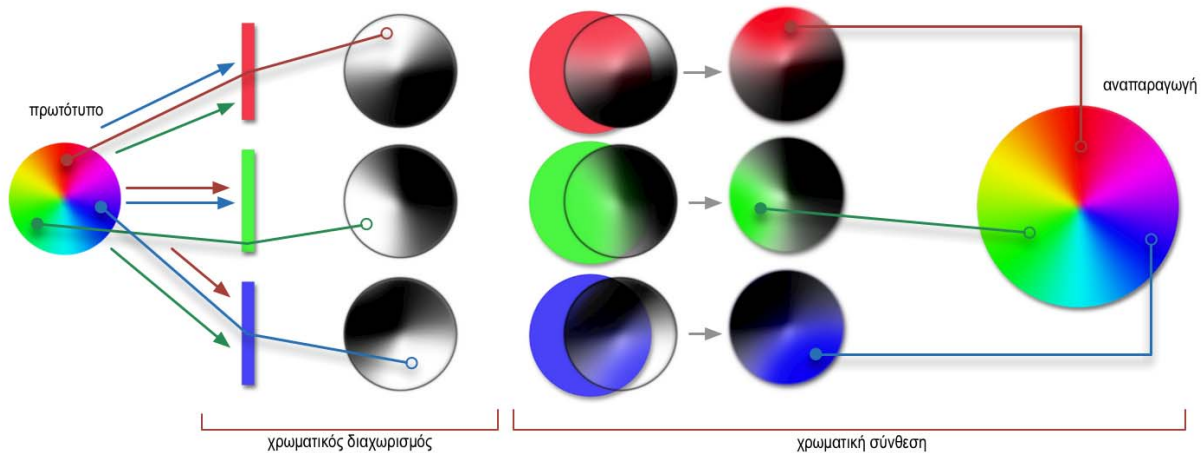
Μειονεκτήματα είναι το μεγάλο μέγεθός τους (σε σχέση με τα αντίστοιχα αρχεία JPEG), το γεγονός ότι δεν υπάρχει κοινό ανοικτό πρότυπο μορφότυπου αποθήκευσης (κάθε κατασκευαστής κωδικοποιεί τα δεδομένα σε εμπορικούς μορφότυπους) και ο χρόνος που απαιτείται για την επεξεργασία τους.



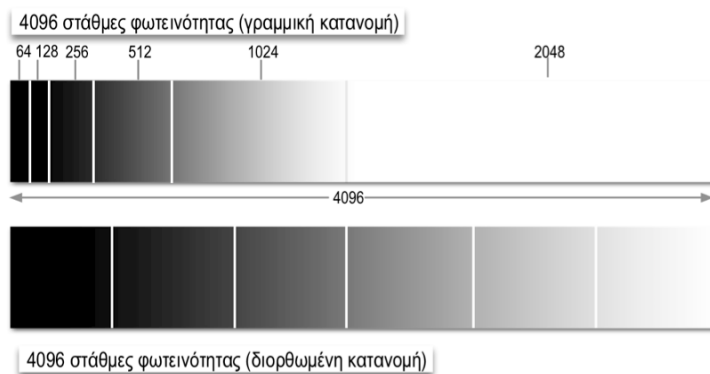
**Εικόνα 3.10.01.** Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή με αισθητήρα «πλήρους κάδρου» (full frame).

Πλήρες κάδρο θεωρείται το κάδρο που αποτυπώνεται στο φωτογραφικό φιλμ πλάτους 35 mm (type 135), με διαστάσεις 36×24 mm και λόγο πλευρών 1,5 (3:2). Ο συντελεστής αποκοπής της μηχανής πλήρους κάδρου είναι 1.





**Εικόνα 3.11.** Κάθε χρωματική αναπαραγωγή διακρίνεται στα στάδια του διαχωρισμού και της χρωματικής σύνθεσης. Στο πρώτο, διαχωρίζονται με τη βοήθεια φίλτρων R, G και B, οι βασικές χρωματικές συνιστώσες του λευκού φωτός (το κόκκινο φίλτρο μπλοκάρει το πράσινο και το μπλε και επιτρέπει να περάσει μόνο το κόκκινο φως κ.ο.κ) και κωδικοποιούνται ξεχωριστά σαν τιμές φωτεινότητας (διαφάνειας, τονικής διαβάθμισης κλπ). Στο δεύτερο στάδιο οι τιμές φωτεινότητας (διαφάνειας, τονικής διαβάθμισης κλπ) των διαχωρισμών αντιστοιχούνται σε εντάσεις των τριών χρωμάτων, όπου και στη συνέχεια η (προσθετική) σύνθεσή τους ανασυνθέτει την πρωτότυπη εικόνα.



**Εικόνα 3.11.01.** Ο αισθητήρας της ψηφιακής κάμερας, σε αντίθεση με το ανθρώπινο σύστημα όρασης, καταγράφει τη φωτεινή ένταση **γραμμικά**. Αυτό σημαίνει ότι σε μια κωδικοποίηση λήψης με 12-bit (4096 στάθμες φωτεινότητας), η στάθμη 2048 αντιπροσωπεύει ακριβώς τη μισή έκθεση, η στάθμη 1024 το ένα τέταρτο, κ.ο.κ. Σαν συνέπεια, για μια μηχανή με τυπική δυναμική κλίμακα καταγραφής 6 f-stops, οι μισές στάθμες φωτεινότητας (2048) περιγράφουν το πρώτο φωτεινό stop, οι μισές από τις υπόλοιπες (1024) το αμέσως επόμενο,

οι μισές από τις υπόλοιπες (512) το επόμενο κ.ο.κ. με το τελευταίο stop να περιγράφεται με μόνο 64 στάθμες φωτεινότητας· το πρακτικό αποτέλεσμα είναι ότι για τους σκοτεινούς τόνους (όπου η ανθρώπινη όραση είναι πιο ευαίσθητη) αφιερώνονται ελάχιστες στάθμες φωτεινότητας σε σύγκριση με τους φωτεινούς.

Για να διορθωθεί αυτή η ισομερής αλλά όχι πρακτική κατανομή, κατά την κωδικοποίηση της εικόνας εφαρμόζεται μια διόρθωση στις τιμές καταγραφής της φωτεινότητας και η γραμμική σχέση της αρχικής φωτεινής έντασης με την τελική απόδοσή της γίνεται εκθετική έτσι ώστε να προσομοιάζει περισσότερο με την ανθρώπινη αντίληψη της φωτεινότητας. Η διόρθωση αυτή είναι γνωστή σαν διόρθωση καμπύλης gamma ή απλά gamma.

Στην περίπτωση που το παράγωγο αρχείο είναι JPEG ή TIFF, η διόρθωση gamma γίνεται από το λογισμικό της μηχανής, ενώ στην περίπτωση των αρχείων raw η διόρθωση εφαρμόζεται κατά τη μετατροπή του αρχείου σε ψηφιογραφική εικόνα και ελέγχεται από τον χρήστη. Η κωδικοποίηση εικόνων JPEG και TIFF γίνεται σε gamma 2.2 (υποστηρίζεται από τους δύο συνήθως διαθέσιμους χρωματικούς χώρους σε ψηφιακές μηχανές, sRGB και AdobeRGB 1998).

Η γραμμική καταγραφή του αισθητήρα σημαίνει ότι η **ακρίβεια της έκθεσης είναι το ίδιο σημαντική όπως και για το φωτογραφικό φιλμ**· θα πρέπει να είναι ικανοποιητική για τις σκιές (έτσι ώστε να αποφευχθεί ο θόρυβος στην περίπτωση που θα πρέπει να "ανοίξουν" κατά τη μετατροπή του αρχείου raw) και να είναι τόση ώστε να μην αποκοπούν οι φωτεινοί τόνοι της εικόνας που ενδιαφέρει η καταγραφή τους. Όπως και με το έγχρωμο αντιστρεπτό φιλμ (slide film), οι φωτεινοί τόνοι που έχουν αποκοπεί (έχουν «καεί») δεν μπορεί να ανακτηθούν.

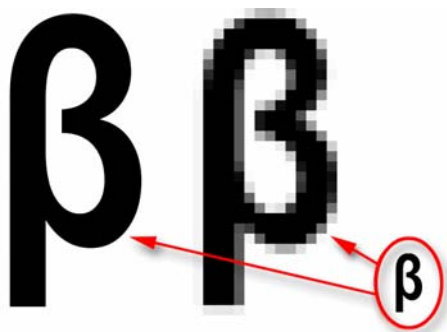
### 3.5 ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Όπως έχουμε ήδη αναφερθεί, μια ξεχωριστή κατηγορία ψηφιακών εικόνων είναι οι **διανυσματικές εικόνες** ή αλλιώς τα **διανυσματικά γραφικά**. Ξεχωρίζουν από τις φωτογραφικές εικόνες γιατί είναι συνθετικές, δεν αποτυπώνουν δηλαδή κάποια φυσική εικόνα, μπορούν όμως (υπό συνθήκες) να μοιάζουν σε αυτές (σε μικρό ή μεγάλο βαθμό). Βασική διαφορά τους με τις ψηφιογραφικές εικόνες είναι ότι δεν περιγράφουν (ένα προς ένα) εικονοστοιχεία αλλά κείμενο το οποίο περιγράφει διανύσματα και εντολές σχεδίασης (**Εικόνα 3.12**) σε ένα διδιάστατο πλέγμα ορθοκανονικών συντεταγμένων είναι δηλαδή εικόνες **ανεξάρτητες ανάλυσης** (**Εικόνα 3.13**).



**Εικόνα 3.12** Διανυσματικό γραφικό και ο κώδικας που το περιγράφει στη γλώσσα SVG (Scalable Vector Graphics). Τα διανυσματικά γραφικά είναι κειμενικές αναπαραστάσεις. Για την απεικόνισή τους σε φυσικά μέσα (οθόνη, εκτύπωση) θα πρέπει πρώτα να μετατραπούν σε ψηφιογραφικές εικόνες.

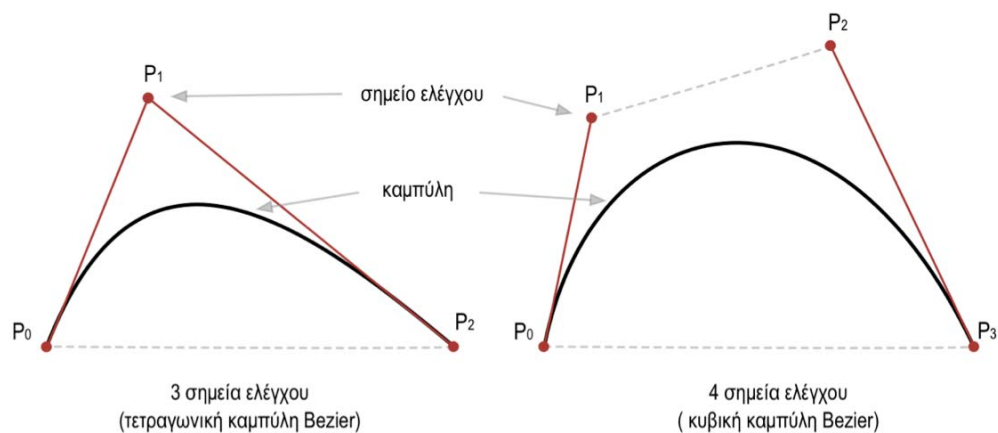
Για την περιγραφή ενός σημείου  $P_1$ , αρκεί να δηλωθεί η σχέση  $P_1 = (x_1, y_1)$ , όπου  $x_1$  και  $y_1$  είναι οι δυο συντεταγμένες του στο χώρο. Για μια ευθεία γραμμή που ενώνει δύο σημεία  $P_1 = (x_1, y_1)$  και  $P_2 = (x_2, y_2)$ , αρκεί να δηλωθεί η μετατόπιση από το ένα σημείο στο άλλο  $(x_1 - x_2, y_1 - y_2)$ , να περιγραφεί δηλαδή το διάνυσμα  $P_1 \rightarrow P_2$ . Με αυτό τον τρόπο προσδιορίζεται, εκτός από το μήκος της γραμμής (μέτρο διανύσματος), η θέση της στο επίπεδο των συντεταγμένων (διεύθυνση διανύσματος, γωνία ως προς άξονα) και η φορά της (κατεύθυνση). Ο λόγος που τα ψηφιακά αρχεία διανυσματικών δεδομένων είναι κατά πολύ μικρότερα από αυτά των ψηφιογραφικών είναι γιατί ακριβώς περιγράφουν ιδεατά σχήματα και όχι το σύνολο των εικονοστοιχείων που τα απεικονίζουν.



**Εικόνα 3.13.** Κλιμάκωση ενός γράμματος ως διανυσματικού (αριστερά) και ψηφιογραφικού γραφικού (δεξιά). Το ιδιαίτερο ανάμεσα στις δύο εικόνες είναι ότι η μεν διανυσματική είναι ανεξάρτητη ανάλυσης (παραμένει ίδια παρά την κλιμάκωση), ενώ η ψηφιογραφική είναι δέσμια της ανάλυσης (χρησιμοποιεί τον ίδιο αριθμό εικονοστοιχείων για να περιγραφεί σε μια μεγαλύτερη διάσταση με συνέπεια να χάνει την αρχική της ευκρίνεια).

Χρησιμοποιώντας διανύσματα και απλές μαθηματικές εξισώσεις που περιγράφουν βασικά γεωμετρικά σχήματα οι διαθέσιμες εφαρμογές γραφικών επιτρέπουν την υλοποίηση διάφορων γραμμικών σχεδίων. Το βασικό ρεπερτόριο των άμεσα διαθέσιμων σχημάτων είναι συνήθως ορθογώνια, ελλείψεις, κύκλοι, ευθείες γραμμές, πολύγωνα και καμπύλες.

Μια ιδιαίτερη κατηγορία καμπυλών είναι οι **καμπύλες Bezier**. Πρόκειται για παραμετρικές καμπύλες που ορίζονται από ένα σύνολο σημείων (σημεία ελέγχου) με το πρώτο και το τελευταίο να αποτελούν την αρχή και το τέλος τους. Οι καμπύλες εμπεριέχονται πάντοτε στο πολύγωνο που σχηματίζουν τα σημεία ελέγχου της (**Εικόνα 3.14**)<sup>29</sup> ο αριθμός των σημείων ελέγχου ορίζει τον βαθμό της καμπύλης: πρώτου βαθμού (γραμμική), δεύτερου βαθμού (τετραγωνική), τρίτου βαθμού (κυβική), κ.ο.κ. Οι γραμμές που ενώνουν το πρώτο και το επόμενο σημείο ελέγχου, όπως και το τελευταίο με το προηγούμενό του, είναι εφαπτόμενες στο σχήμα της καμπύλης.



**Εικόνα 3.14.** Τετραγωνική και κυβική καμπύλη Bezier με τρία και τέσσερα σημεία ελέγχου αντίστοιχα. Τα λογισμικά επεξεργασίας διανυσματικών γραφικών επιτρέπουν τη δημιουργία και τη διαχείριση (πρόσθεση, διαγραφή, μετατόπιση, παραμετροποίηση κλπ) σημείων ελέγχου δίνοντας τη δυνατότητα δημιουργίας πολύπλοκων σχεδίων.

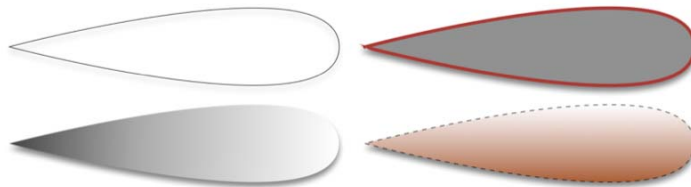
Οι πιο κοινές καμπύλες σε προγράμματα σχεδιασμού είναι οι κυβικές. Ελέγχοντας τη θέση των σημείων ελέγχου  $P_1$  και  $P_2$  (**Εικόνα 3.14**), τα οποία ονομάζονται *σημεία κατεύθυνσης*, ελέγχουμε και την τελική τροχιά της καμπύλης από την αρχή της μέχρι το τέλος της, δημιουργώντας κάθε φορά ένα νέο σχήμα.<sup>29</sup> Οι καμπύλες Bezier μπορούν εύκολα να συνδυαστούν μεταξύ τους ή με άλλες γραμμές για να δημιουργήσουν διάφορα ακανόνιστα και πολύπλοκα σχέδια. Μια εφαρμογή τους είναι και η σχεδίαση περιγραμμάτων για τη δημιουργία επιλογών σε προγράμματα επεξεργασίας όπως το Photoshop (pen tool).

Οι κάθε είδους γραμμές που σχεδιάζονται σε μια εφαρμογή επεξεργασίας διανυσματικών γραφικών ονομάζονται **μονοπάτια (paths)**. Τα μονοπάτια μπορεί να είναι κλειστά ή ανοικτά και να απαρτίζονται από πολλά τμήματα (άλλα μονοπάτια) τα οποία συνδέονται μεταξύ τους σε «σημεία αγκύρωσης» (**anchor points**).

Τα μονοπάτια αφορούν στην περιγραφή γραμμών και είναι πρακτικά μη οπτικοποιημένα γραφικά. Η μετατροπή τους σε σχεδιαστική πληροφορία γίνεται συνήθως με την εφαρμογή της εντολής Stroke (κονδυλιά), η οποία ζωγραφίζει το ιδεατό μονοπάτι με

<sup>29</sup> Το διάνυσμα  $P_0 \rightarrow P_1$  ορίζει τη διεύθυνση και κατεύθυνση της καμπύλης προς το σημείο  $P_1$  και το διάνυσμα  $P_2 \rightarrow P_3$  τη διεύθυνση από την οποία θα πρέπει τελικά να φτάσει στο σημείο  $P_3$ .

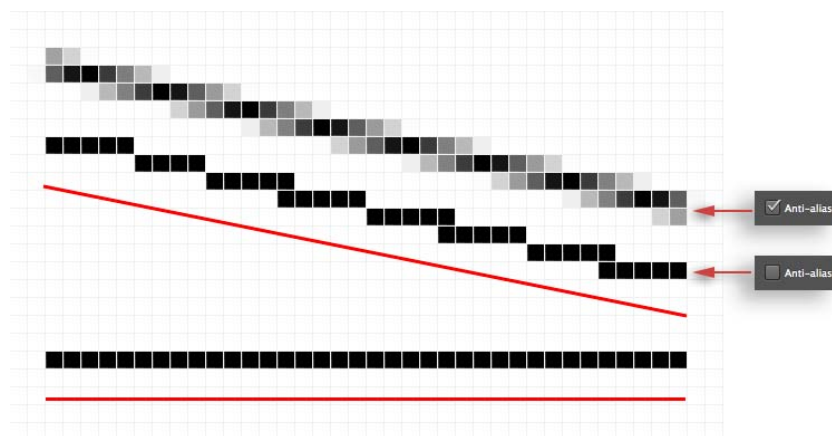
χρώμα προσομοιώνοντας διάφορα διαθέσιμα εργαλεία (μολύβι, αερογράφο, πινέλο, κ.ά.). Μπορεί επίσης να θεωρηθούν σαν περίγραμμα του σχημάτων που διαμορφώνουν και με την εντολή Fill (γέμισμα) να γεμίσουν με χρώμα ή με διάφορα σχεδιαστικά μοτίβα που οι εφαρμογές επεξεργασίας διαθέτουν σε σχετικές βιβλιοθήκες. Μια άλλη κοινή επιλογή είναι επίσης και η διαμόρφωση των άκρων ενός μονοπατιού (στρογγυλά, ορθογώνια κλπ).



**Εικόνα 3.15.** Το ίδιο μονοπάτι (path) με διαφορετικές επιλογές σχεδιασμού.

### 3.5.1 Ραστεροποίηση Διανυσματικών Γραφικών

Όταν θα πρέπει ένα διανυσματικό γραφικό να εικονοποιηθεί, να αποδοθεί δηλαδή σαν ψηφιογραφικό, θα πρέπει οι (άπειρες) τιμές του να αντιστοιχηθούν σε ένα πεπερασμένο σύνολο θέσεων<sup>30</sup> στο ορθοκανονικό πλέγμα των εικονοστοιχείων της εικόνας. Είναι προφανές ότι το πλέγμα της εικόνας μπορεί να αποδώσει τις κατακόρυφες και οριζόντιες γραμμές με ακρίβεια (**Εικόνα 3.16**), όχι όμως και τις πλάγιες λόγω της χαμηλής του ανάλυσης με αποτέλεσμα το φαινόμενο της **αναδίπλωσης (aliasing)**<sup>31</sup>· η εικόνα εμφανίζεται σαν μια σειρά από σκαλοπάτια. Για να αποκτήσει η απεικόνιση πιο ομαλή μορφή προσδίδονται στα εικονοστοιχεία τιμές φωτεινότητας ανάλογες με το ποσοστό του κοινού τους τόπου με τη γραμμή.<sup>31</sup> Παρά το γεγονός ότι η γραμμή φαίνεται πιο θολή (σε μεγέθυνση), η απεικόνισή της βελτιώνεται.



**Εικόνα 3.16.** Δυο μονοπάτια (κόκκινες γραμμές) και η εικονοποίησή τους με εικονοστοιχεία. Η πλάγια γραμμή έχει ραστεροποιηθεί με την εντολή stroke, με και χωρίς τη χρήση φίλτρου anti-alias.

<sup>30</sup> Ενώ οι συντεταγμένες κάθε σημείου του διανύσματος στον διανυσματικό χώρο μπορεί να είναι άπειρες (κλασματικές τιμές), οι συντεταγμένες των εικονοστοιχείων στο πλέγμα της εικόνας μπορεί να είναι μόνο ακέραιοι αριθμοί.

<sup>31</sup> Πρακτικά «μοιράζεται» η διαθέσιμη τονικότητα (μαύρο) σε περισσότερα εικονοστοιχεία. Αν προσθέσουμε τους νέους γκρι τόνους θα καταλήξουμε στην ίδια αρχική πυκνότητα.



### 3.6 ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΑΡΧΕΙΩΝ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΓΡΑΦΙΚΩΝ

| Μορφότυποι Αρχείων για Διανυσματικές Εικόνες |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Μορφότυπος                                   | Επίθυμα | Περιγραφή                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| EPS<br>(Encapsulated PostScript)             | .eps    | Μορφότυπος για την αποθήκευση διανυσματικών γραφικών. Υποστηρίζει κείμενο και γραφικά. Στάνταρτ μορφότυπος για την ανταλλαγή αρχείων                                                                                                                                                                           |
| SVG<br>(Scalable Vector Graphics)            | .svg    | Μορφότυπος περιγραφής διανυσματικών δεδομένων βασισμένος στη γλώσσα XML που υποστηρίζει διαδραστικότητα και animation. Βασίζεται στο ανοικτό πρότυπο SVG του οργανισμού W3C (World Wide Web Consortium). Υποστηρίζεται από σχεδόν όλους τους browsers για την παρουσίαση διανυσματικών γραφικών στο διαδίκτυο. |
| PDF<br>(Portable Document Format)            | .pdf    | Μορφότυπος αποθήκευσης που ενσωματώνει την πλήρη περιγραφή εγγράφων με κείμενο, ψηφιογραφικά και διανυσματικά δεδομένα. Προορίζεται να αντικαταστήσει τα αρχεία PostScript.                                                                                                                                    |
| AI<br>(Adobe Illustrator)                    | .ai     | Στάνταρτ εμπορικός μορφότυπος της Adobe Systems για την αναπαράσταση και επεξεργασία διανυσματικών γραφικών στην εφαρμογή Adobe Illustrator.                                                                                                                                                                   |
| SWF<br>(Small Web Format - Flash Movie)      | .swf    | Εμπορικός μορφότυπος της Adobe Systems για την παρουσίαση περιεχομένου στο διαδίκτυο. Τα αρχεία SWF υποστηρίζουν ήχο, βίντεο και διανυσματικά γραφικά.                                                                                                                                                         |
| FLASH<br>(Adobe)                             | .fla    | Εμπορικός μορφότυπος της Adobe Systems αποθήκευσης για την εφαρμογή Flash.                                                                                                                                                                                                                                     |
| WMF (Windows Metafile)                       | .wmf    | Εμπορικός μορφότυπος της Microsoft Windows. Υποστηρίζει ψηφιογραφικά και διανυσματικά γραφικά.                                                                                                                                                                                                                 |

**Πίνακας 3.1.** Μορφότυποι αρχείων για αποθήκευση και παρουσίαση διανυσματικών γραφικών.



**Εικόνα 3.1.1.** Οι διανυσματικές εικόνες (αριστερά) είναι εικόνες συνθετικές και σχεδιάζονται στον υπολογιστή. Οι ψηφιογραφικές εικόνες (δεξιά) συλλαμβάνονται με ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ή σαρωτές.



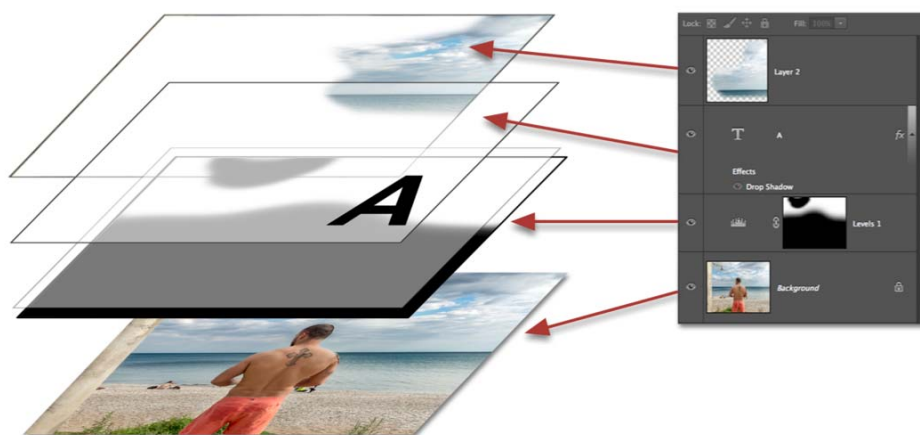
### 3.7 ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Όταν μια ψηφιογραφική εικόνα ανοίγει σε μια εφαρμογή επεξεργασίας, υπάρχει πρόσβαση σε πολλά και διαφορετικά επίπεδα πληροφορίας, ανάλογα με τη σχεδίαση της εφαρμογής. Στη defacto εμπορική εφαρμογή επεξεργασίας Adobe Photoshop, δύο βασικές προδιαγραφές που επιτρέπουν τέτοιες προσβάσεις είναι οι στρώσεις (Layers) και τα κανάλια (Channels).

#### 3.7.1 Στρώσεις

Κάθε ψηφιακή εικόνα θεωρείται ότι μπορεί να απαρτίζεται από επάλληλες στρώσεις πληροφορίας, οι οποίες στοιβάζονται πάνω από μια βασική στρώση όπου και βρίσκονται τα ψηφιογραφικά δεδομένα (pixels) της εικόνας. Η στρώση αυτή ονομάζεται **Background** (παρασκήνιο, **φόντο**) και σε κάθε πρωτότυπη ψηφιογραφική εικόνα υπάρχει μόνο μια, η οποία λειτουργεί σαν φόντο<sup>32</sup> για όλες τις στρώσεις που θα δημιουργηθούν πάνω από αυτή.

Μπορούμε να σκεφτούμε τις **στρώσεις (Layers)** σαν υπερκείμενες επάλληλες αδιάστατες διαφάνειες που μπορούν να ενσωματώνουν διαφορετική πληροφορία. Στην εικόνα 3.17 διακρίνονται τρεις στρώσεις πάνω από το φόντο. Η πρώτη είναι αντίγραφο ενός μέρους του φόντου (στρώση περιεχομένου - content layer), η αμέσως επόμενη μεταφέρει διανυσματικά δεδομένα (το γράμμα άλφα) και η τρίτη (ακριβώς πάνω από την εικόνα) ενσωματώνει οδηγίες ρύθμισης (Adjustment Layer) για τις στάθμες φωτεινότητας· η συγκεκριμένη ρύθμιση περιορίζεται σε μια επιλεγμένη περιοχή της εικόνας με τη βοήθεια μιας συνοδευτικής μάσκας. Ο βαθμός αδιαφάνειας (opacity) των στρώσεων μπορεί να ρυθμιστεί σε μια κλίμακα από 0 (πλήρης διαφάνεια) έως 100% (πλήρης αδιαφάνεια).



**Εικόνα 3.17.** Μια εικόνα με τρεις διαφορετικές στρώσεις, όπως φαίνονται στην παλέτα Layers (δεξιά) και όπως νοούνται από τον χρήστη (αριστερά).

Οι στρώσεις λειτουργούν προς τα κάτω επηρεάζοντας κάθε υποκείμενη στρώση συμπεριλαμβανομένου και του φόντου. Ο τρόπος με τον οποίο συνδυάζονται οι πληροφορίες των διαφορετικών στρώσεων και συνθέτουν αθροιστικά την τελική εικόνα εξαρτάται από τον βαθμό αδιαφάνειας στον οποίο ρυθμίζονται και από τη λειτουργία

<sup>32</sup> Αν σε μια κανονική στρώση πάνω από το φόντο απαλειφούν εικονοστοιχεία θα δημιουργηθεί κενό (διαφάνεια) μέσα από το οποίο θα είναι ορατό το φόντο.

μείξης (**blending mode**)<sup>33</sup> που κάθε φορά επιλέγεται. Στην κανονική λειτουργία της (normal blending mode) και σε πλήρη αδιαφάνεια (opacity 100%), μια στρώση με εικονοστοιχεία θα αποκρύπτει οποιαδήποτε άλλη στρώση κάτω από αυτή.

Βασικές χρήσεις των στρώσεων είναι ο συνδυασμός περισσότερων από μια εικόνων, η πρόσθεση κειμένου ή διανυσματικών γραφικών, η εφαρμογή μη καταστροφικών ρυθμίσεων μέσω ειδικών στρώσεων (Adjustment Layers), η αποθήκευση «έξυπνων δεδομένων» (Smart Objects) κ.ά.

Επειδή οι στρώσεις είναι πρόσθετα δεδομένα, αυξάνουν το αρχικό μέγεθος του αρχείου εικόνας, ιδιαίτερα αν πρόκειται για στρώσεις περιεχομένου (εικονοστοιχεία)· ένα αντίγραφο της εικόνας του φόντου σε μια νέα στρώση πρακτικά διπλασιάζει τον όγκο της απαιτούμενης μνήμης αποθήκευσης. Επιπρόσθετα, οι στρώσεις δεν υποστηρίζονται από όλους τους μορφότυπους αρχείων, όπως π.χ. από τον μορφότυπο JPEG. Αυτό σημαίνει ότι η διατήρησή τους, κάτι που θεωρείται καλή πρακτική, ιδιαίτερα για τα αρχεία αναφοράς (βλ. επόμενο κεφάλαιο «Αρχεία Αναφοράς»), προϋποθέτει την αποθήκευση του αρχείου σε άλλο μορφότυπο (συνήθως σε TIFF ή PSD).

### 3.7.2 Κανάλια

Τα κανάλια (Channels) είναι εικόνες grayscale<sup>34</sup> οι οποίες υποστηρίζουν διαφάνεια και χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή επεξεργασίας για να περιγράψουν τις χρωματικές συνιστώσες της ψηφιογραφικής εικόνας (**Εικόνα 3.18**). Μια τυπική εικόνα RGB 8-bpc (24-bpp), διαθέτει τρία ξεχωριστά κανάλια (RGB), στα οποία ο βαθμός διαφάνειας, από το 0 που αντιστοιχεί στο μαύρο (απουσία φωτός), έως και το 255 που αντιστοιχεί στο λευκό (πλήρης κορεσμός για κάθε χρώμα) αναπαριστά τη φωτεινή ένταση του κάθε χρώματος. Ο αριθμός (και τα ιδιοχαρακτηριστικά) των καναλιών εξαρτάται από το χρωματικό μοντέλο που κάθε φορά χρησιμοποιείται για την επεξεργασία της εικόνας. Μια εικόνα CMYK για παράδειγμα διαθέτει τέσσερα χρωματικά κανάλια πληροφορίας οι φωτεινές εντάσεις των οποίων περιγράφουν το ποσοστό συμμετοχής των τεσσάρων μελανιών στην εκτύπωση της εικόνας, ενώ μια εικόνα Lab διαθέτει τρία κανάλια, ένα «αχρωματικό» που περιγράφει τη φωτεινότητα και δύο «χρωματικά».

Τα κανάλια σε μια εικόνα RGB είναι το αποτέλεσμα της ψηφιακής σύλληψης (φωτογραφική λήψη ή σάρωση) όπου και γίνεται ο χρωματικός διαχωρισμός της εικόνας καταγράφοντας ξεχωριστά τις εντάσεις των τριών βασικών χρωμάτων με τη βοήθεια φίλτρων RGB μπροστά από τα (χρωματικά αναισθητα) στοιχεία του αισθητήρα. Μπορούμε δηλαδή να πούμε ότι τα κανάλια είναι το ακριβώς ανάλογο των ασπρόμαυρων ταινιών φιλμ διαχωρισμού της κλασικής (φωτοχημικής) προ εκτυπωτικής διαδικασίας στις γραφικές τέχνες.

Το αποτέλεσμα της σύνθεσης των καναλιών φαίνεται στο σύνθετο «έγχρωμο» κανάλι που εμφανίζεται πρώτο στη σχετική παλέτα των καναλιών<sup>35</sup> (composite channel) και έχει την ονομασία του χρωματικού μοντέλου της εικόνας (RGB, CMYK, κλπ). Μπορούμε να φανταστούμε αυτή τη σύνθεση σαν το αποτέλεσμα της αντικατάστασης της διαφάνειας του κάθε καναλιού με ανάλογες φωτεινές εντάσεις του χρώματος που αναπαριστά·

<sup>33</sup> Η λειτουργία Blending Mode επιτρέπει τον συνδυασμό (σύνθεση) στρώσεων εικόνας με βάση συγκεκριμένα κριτήρια και επεμβατικούς αλγόριθμους για την τελική σύνθεση φωτεινότητας και χρώματος.

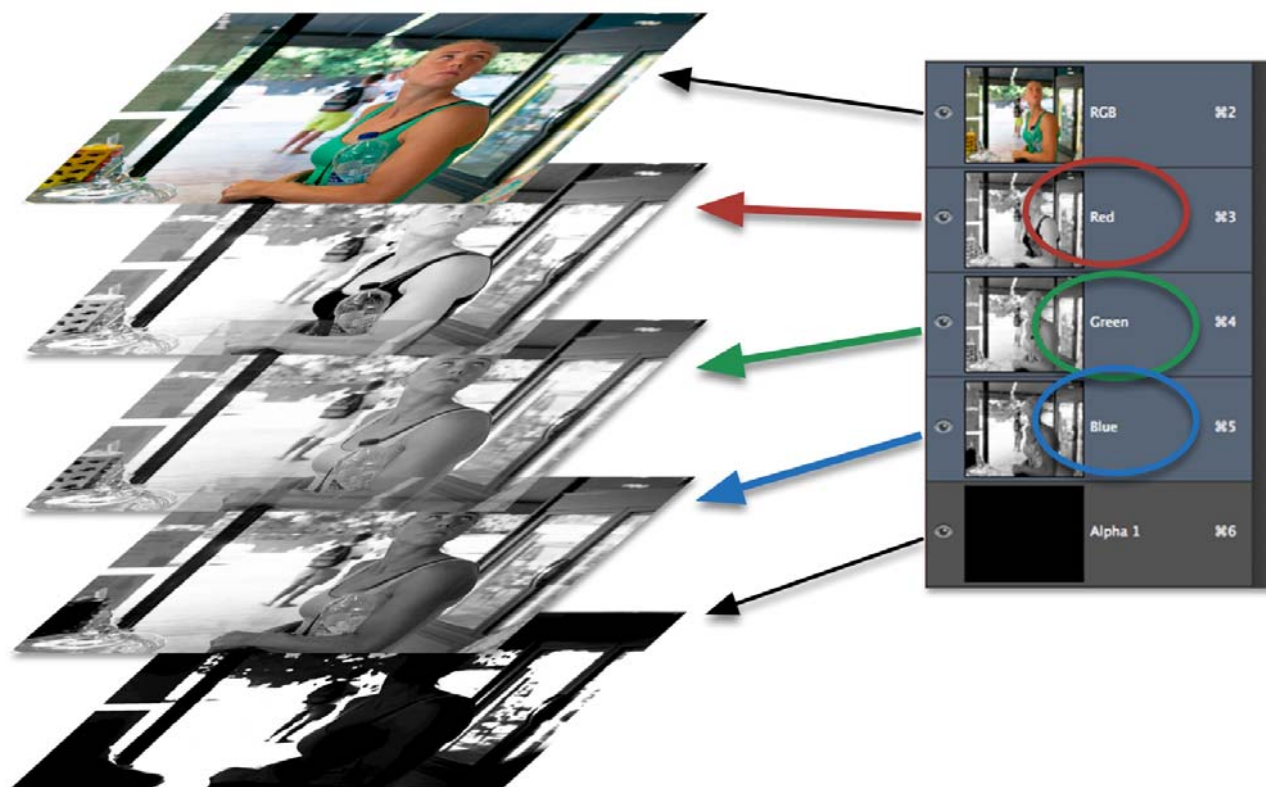
<sup>34</sup> Η εμφάνιση των καναλιών στην εφαρμογή επεξεργασίας είναι μονόχρωμη (προρύθμιση) αλλά μπορεί να ρυθμιστεί έτσι ώστε να εμφανίζεται με το χρώμα που αναπαριστά.

<sup>35</sup> Η σειρά εμφάνισης των καναλιών στα σχετικά πλαίσια διαλόγου δεν επηρεάζει τη σύνθεση της εικόνας σε αντίθεση με τη σειρά των στρώσεων (layers) πάνω από το φόντο της εικόνας.

πρόκειται δηλαδή για το στάδιο της «χρωματικής ανασύνθεσης» της εικόνας από τις τρεις χρωματικές συνιστώσες που διαχωρίστηκαν στο στάδιο του χρωματικού διαχωρισμού (σύλληψη).

Το σύνθετο κανάλι αναπαριστά τη σύνθεση των τριών καναλιών και όταν είναι επιλεγμένο, κάθε επεξεργασία της εφαρμογής ρυθμίζει ισόποσα και επηρεάζει ανάλογα τα δεδομένα όλων των καναλιών της εικόνας. Επειδή κάθε κανάλι ελέγχει ένα από τα βασικά χρώματα, οι όποιες αλλαγές τιμών των εικοστοιχείων σε αυτό (με σχετικά εργαλεία όπως Levels και Curves), συνεπάγεται και την αλλαγή της χρωματικής ισορροπίας της εικόνας.

Εκτός από τα βασικά κανάλια χρωματικής πληροφορίας είναι επίσης διαθέσιμα επιπρόσθετα κανάλια, συνήθως με την ονομασία Alpha τα οποία χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση επιλογών (Selections) ή διαφάνεια των εικονοστοιχείων ενός καναλιού Alpha αντιστοιχεί στο βαθμό επιλογής των εικονοστοιχείων της εικόνας. Τα κανάλια alpha δεν υποστηρίζονται από τον μορφότυπο JPEG, συνιστούν επιπρόσθετη πληροφορία και επιβαρύνουν το μέγεθος του αρχείου εικόνας.



**Εικόνα 3.18.** Τα κανάλια χρωματικής πληροφορίας μιας εικόνας όπως φαίνονται στην παλέτα Channels (δεξιά) και όπως νοούνται από τον χρήστη (αριστερά). Τα κανάλια σε εικόνες RGB είναι εικόνες grayscale, όπου καταγράφεται η φωτεινότητα των τριών χρωμάτων και η οποία αντιστοιχεί στη χρωματική συμμετοχή της κάθε (χρωματικής) συνιστώσας στην τελική σύνθεση της εικόνας.



**Εικόνα 3.19.** Τα τρία κανάλια μιας εικόνας RGB είναι εικόνες grayscale, οι στάθμες φωτεινότητας των οποίων αντιστοιχούν στις εντάσεις των τριών βασικών χρωμάτων. Το πράσινο κανάλι είναι το πιο ισορροπημένο από πλευράς διαβάθμισης και καταγράφει τον λιγότερο θόρυβο από τα άλλα δύο· στο στάδιο της δειγματοληψίας (φωτογραφική σύλληψη) αφιερώνονται περισσότερα φωτοσυναίσθητα στοιχεία για τη σύλληψή του (βλ. μοτίβο Bayer). Στη συγκεκριμένη εικόνα, η επιδερμίδα είναι περισσότερο φωτεινή στο κόκκινο κανάλι καθώς εκεί χρησιμοποιούνται θερμά χρώματα (κόκκινο και κίτρινο) ενώ το μπλουζάκι καταγράφεται σχεδόν σαν μαύρο μιας και το χρώμα του είναι σύνθεση κυανού και πράσινου (η θέση τους στον χρωματικό κύκλο είναι σχεδόν απέναντι από το κόκκινο). Πιο σκοτεινή εμφανίζεται η επιδερμίδα στο μπλε κανάλι καθώς εμπεριέχει ελάχιστο μπλε.



### 3.8 ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΓΙΑ ΨΗΦΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

| Μορφότυποι Αρχείων για Ψηφιογραφικές Εικόνες    |                              |                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                         |
|-------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Μορφότυπος                                      | Επίθυμα                      | Χρώμα                                        | Περιγραφή                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Συμπίεση                                |
| TIFF<br>(Tag Image File Format)                 | .tif<br>.tiff                | RGB<br>CMYK<br>CIE-Lab<br>Index<br>Grayscale | Στάνταρντ μορφότυπος για την ανταλλαγή αρχείων εικόνας<br>Υποστηρίζει χρώμα 16-bit ανά κανάλι<br>Ιδανικός μορφότυπος για επεξεργασία εικόνας                                                                                                                                                | LZW<br>ZIP<br>JPEG                      |
| JPEG<br>(Joint Photographic Experts Group)      | .jpg<br>.jpeg                | RGB<br>CMYK                                  | Ιδανικό για φωτογραφικές εικόνες<br>Υποστηρίζει 8-bit ανά χρώμα<br>Ιδανικό για χρήση διαδικτύου, υποστηρίζεται από το σύνολο των εφαρμογών περιήγησης                                                                                                                                       | Απολεστική<br>JPEG (DCT)                |
| JPEG 2000<br>(Joint Photographic Experts Group) | .jp2<br>.j2k<br>.jpf<br>.jpx | RGB<br>CMYK<br>CIE-Lab<br>Index<br>Grayscale | Υποστηρίζει εικόνες 16 και 32-bit (κινητής υποδιαστολής) σε κάθε χρωματικό χώρο<br>Αποθηκεύει την εικόνα σε διαφορετικές αναλύσεις<br>Καλύτερη σχέση ποιότητας/συμπίεσης από το JPEG<br>Αποθηκεύει περιοχές ενδιαφέροντος σε διαφορετική ανάλυση<br>Υποστηρίζει διαφάνεια και κανάλια alpha | Μη απολεστική &<br>Απολεστική (wavelet) |
| PNG<br>(Portable Network Graphics)              | .png                         | RGB<br>Index<br>Grayscale                    | Υποστηρίζει χρώμα 8-bit και 24-bit<br>Υποστηρίζει διαφάνεια<br>Ιδανικό για χρήση διαδικτύου                                                                                                                                                                                                 | Μη απολεστική                           |
| PSD<br>(Photoshop Digital Image)                | .psd                         | RGB<br>CMYK<br>CIE-Lab<br>Index<br>Grayscale | Ο εγγενής μορφότυπος της εφαρμογής Adobe Photoshop                                                                                                                                                                                                                                          | Μη απολεστική                           |
| GIF<br>(Graphics Interchange Format)            | .gif                         | Grayscale<br>Index                           | Δεν είναι κατάλληλος για φωτογραφικές εικόνες<br>Υποστηρίζει διαφάνεια και animation<br>Ιδανικός για γραφικές αναπαραστάσεις                                                                                                                                                                | LZW                                     |

Πίνακας 3.2. Μορφότυποι αρχείων για ψηφιογραφικές εικόνες.

### 3.9 ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΣ ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΥΣ ΑΡΧΕΙΩΝ

Τα ψηφιακά φωτογραφικά αρχεία εικόνας γενικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στα πρωτότυπα και στα παράγωγα (αντίγραφα). Τα πρωτότυπα είναι συνήθως αρχεία RAW, JPEG ή TIFF, που προέρχονται από φωτογραφικές λήψεις. Παράγωγα μπορεί να είναι αρχεία DNG (από μετατροπές αρχείων RAW) ή κάθε άλλο αρχείο που προέρχεται από αντιγραφή ή από κάποιου είδους μετατροπή του πρωτότυπου.<sup>36</sup> Και οι δύο τύποι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικά στάδια της ψηφιακής ροής εργασίας και συνήθως επιλέγονται με βάση τις προδιαγραφές του μορφότυπου.

Τα βασικά στάδια μιας τυπικής ροής εργασίας είναι η **σύλληψη** των εικόνων (φωτογράφιση, σάρωση), η **επεξεργασία** τους, η δημιουργία **παραδοτέων** (τελικές εικόνες για συγκεκριμένες χρήσεις) και η **αρχειοθέτησή** τους με βάση αυτό τον διαχωρισμό επιλέγουμε και τους κατάλληλους μορφότυπους αρχείων.

<sup>36</sup> Η γνωστή διακήρυξη ότι καθετί ψηφιακό αναπαράγεται σε πανομοιότυπα αντίγραφα δεν είναι ανακριβές αλλά δεν ισχύει (επακριβώς) στις μετατροπές ψηφιακών εικόνων.



## Σύλληψη

Σε ότι αφορά τη φωτογραφική σύλληψη εικόνων οι βασικές επιλογές είναι ανάμεσα σε αρχεία ανεπεξέργαστων δεδομένων **RAW** και σε αρχεία ψηφιογραφικών εικόνων, όπως τα αρχεία **JPEG** και **TIFF**.

Βασικά *πλεονεκτήματα* των **αρχείων raw** είναι:

- Μέγιστη δυνατή ποιότητα δεδομένων.
- Οι βασικές ρυθμίσεις ισορροπίας λευκού, φωτεινότητας και χρωματικότητας μπορούν να γίνουν μετά τη φωτογράφιση.
- Διόρθωση οπτικών χαρακτηριστικών εικόνας από έτοιμες βάσεις δεδομένων.
- Δημιουργία αρχείων εργασίας με βάθος χρώματος 16-bit.
- Μη καταστροφικές ρυθμίσεις και πρακτικά άπειρες χρήσεις των ίδιων δεδομένων.

*Μειονεκτήματα* μπορεί να είναι:

- Μεγάλο μέγεθος αρχείων, που απαιτούν κάρτες με περισσότερη μνήμη και χώρο αποθήκευσης.
- Οι εμπορικοί μορφότευποι raw μπορεί να πάψουν να υποστηρίζονται στο μέλλον.
- Κόστος επεξεργασίας (σε χρόνο, εξοπλισμό κλπ)
- Οι εμπορικοί μορφότευποι raw δεν επιδέχονται άμεση ενσωμάτωση μεταδεδομένων και απαιτούν τη δημιουργία αρχείων «συνοδών» (sidcar files) για την αποθήκευσή τους.
- Ο μορφότευπος DNG δεν υποστηρίζεται από όλες τις εφαρμογές παραμετρικής επεξεργασίας.

Τα **αρχεία JPEG** είναι ο πιο δημοφιλής τύπος αρχείων εικόνας. Βασικά *πλεονεκτήματα* που προσφέρουν είναι:

- Μικρό (ρυθμιζόμενο) μέγεθος αρχείου.
- Φορητότητα (μικροί χρόνοι μεταφοράς μέσω δικτύων).
- Άμεση διαθεσιμότητα μετά τη λήψη.
- Καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα επαγγελματικών εφαρμογών.

Στα *μειονεκτήματά* τους συμπεριλαμβάνονται:

- Η ποιότητά τους καθορίζεται από τη φωτογραφική μηχανή.
- Απαιτούν προσεκτική ρύθμιση έκθεσης και ισορροπίας λευκού.
- Υποστηρίζουν μόνο δεδομένα 8-bit ανά χρώμα.
- Είναι λιγότερο ανθεκτικά στην απώλεια δεδομένων κατά την επεξεργασία.
- Ο αλγόριθμος συμπίεσης JPEG είναι απωλεστικός και λειτουργεί σωρευτικά σε κάθε νέα επεξεργασία και εκ νέου αποθήκευση του ίδιου αρχείου.

Τα **αρχεία TIFF** έχουν γενικά παραγκωνιστεί σαν αρχεία σύλληψης από τα αρχεία JPEG και RAW για λόγους μεγέθους (περίπου τριπλάσιο μέγεθος από αντίστοιχα αρχεία RAW) και γιατί το πλεονέκτημα της μη απωλεστικής συμπίεσης που υποστηρίζουν δεν θεωρείται τόσο σημαντικό συγκριτικά. Μια εξαίρεση ίσως αποτελούν οι ψηφιακές φωτογραφικές πλάτες σάρωσης και πολλαπλών λήψεων, όπου το κάθε χρωματικό κανάλι (δεν χρησιμοποιούν το μοτίβο Bayer) συλλαμβάνεται ξεχωριστά και κωδικοποιείται σε μορφότευπο TIFF.

## Εργασία

Σαν αρχεία εργασίας χρησιμοποιούνται πρωτότυπα ή και παράγωγα αρχεία. Τα πρωτότυπα μπορεί να είναι ανεπεξέργαστα αρχεία (raw) ή αρχεία JPEG. Αν η επεξεργασία γίνεται με εφαρμογές λογισμικού ΠΕ (παραμετρικής επεξεργασίας), όπως είναι το

Lightroom ή το Aperture, τα αρχεία raw δεν απαιτούν μετατροπή σε ψηφιογραφικές εικόνες (raw conversion). Γενικότερα προτιμάται (σαν καλή πρακτική) η επεξεργασία σε αρχεία raw στην περίπτωση που οι εικόνες θα πρέπει να επεξεργαστούν σαν ψηφιογραφικές, επιλέγονται μορφότυποι που έχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης όλων των τυχόν πρόσθετων δεδομένων (στρώσεις, μάσκες κ.ά.), υποστηρίζουν μη απωλεστική συμπίεση και δυνατότητα επεξεργασίας σε δεδομένα τουλάχιστον 16-bit ανά χρώμα. Οι μορφότυποι αυτοί είναι οι TIFF και PSD. Συνήθως προτιμάται ο μορφότυπος TIFF καθώς υποστηρίζει ότι και ο εγγενής μορφότυπος της εφαρμογής Photoshop (PSD) και υποστηρίζεται από τις περισσότερες εφαρμογές επεξεργασίας στην περίπτωση που το αρχείο θα έχει πρόσθετες στρώσεις, για λόγους συμβατότητας με άλλες εφαρμογές λογισμικού εκτός του Photoshop (Lightroom, PhotoMechanick.ά.), τα αρχεία PSD αποθηκεύουν μια πρόσθετη στρώση που ενσωματώνει όλες τις άλλες, αυξάνοντας το μέγεθος του αρχείου σε σχέση με ένα αντίστοιχο αρχείο TIFF.

Τα αρχεία JPEG γενικά δεν προτιμώνται σαν αρχεία επεξεργασίας λόγω της απωλεστικής συμπίεσης που αναγκαστικά εφαρμόζουν στα δεδομένα εικόνας και γιατί δεν υποστηρίζουν βάθος χρώματος μεγαλύτερο από 8-bit ανά χρώμα.

### Παραδοτέα

Τα τελικά προς χρήση αρχεία (παραδοτέα) είναι συνήθως αρχεία JPEG ή αρχεία TIFF. Βασικοί κανόνες καλής πρακτικής είναι η ενσωμάτωση στα αρχεία χρωματικών προφίλ και βασικών πεδίων μεταδεδομένων του προτύπου IPTC με απολύτως απαραίτητα το copyright και τα στοιχεία δημιουργού.

**Σημείωση:** Στην περίπτωση βελτιστοποίησης αρχείων για χρήση στο διαδίκτυο υπάρχει η επιλογή ενσωμάτωσης ή μη των μεταδεδομένων της εικόνας στο παράγωγο αρχείο. Η συνήθης προϋπόθεση των σχετικών εργαλείων είναι η ενσωμάτωση.

### Αρχειοθέτηση

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος μόνιμης αποθήκευσης ψηφιακών αρχείων μπορεί να είναι πολύπλοκος και εξαρτάται πάντα από το είδος της χρησιμότητας που θα εξυπηρετεί. Ένας βασικός παράγοντας επιλογής μορφότυπων είναι και ο προβλεπόμενος χρόνος ζωής του μορφότυπου με τη μορφή υποστήριξης από προγράμματα επεξεργασίας. Το μικρότερο ρίσκο φέρει συνήθως η επιλογή ανοικτών μη εμπορικών προτύπων, όπως π.χ. τα αρχεία JPEG και JPEG 2000. Γενικά, οι εγγενείς μορφότυποι εμπορικών εφαρμογών επεξεργασίας (π.χ. τα αρχεία PSD) αποφεύγονται για μόνιμη αρχειοθέτηση. Αν και το πρότυπο TIFF ανήκει στην Adobe Systems, επειδή έχει καταστεί defacto στάνταρντ στο χώρο των γραφικών τεχνών, συνήθως αποτελεί επιλογή για πολλά συστήματα.

| Προτεινόμενες καλές πρακτικές χρήσης μορφότυπων αρχείων εικόνας |         |         |           |              |
|-----------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------|--------------|
|                                                                 | Σύλληψη | Εργασία | Παραδοτέο | Αρχειοθέτηση |
| TIFF                                                            |         | ✓       | ✓         | ✓            |
| JPEG                                                            | ✓       |         | ✓         |              |
| JPEG 2000                                                       |         | ✓       | ✓         | ✓            |
| PSD                                                             |         | ✓       |           |              |
| RAW                                                             | ✓       | ✓       |           |              |
| DNG                                                             |         | ✓       |           | ✓            |

|  |                 |   |               |
|--|-----------------|---|---------------|
|  | προτείνεται     | ✓ | καλή πρακτική |
|  | δεν προτείνεται |   | μη διατίθεται |

**Πίνακας 3.3.** Προτεινόμενες καλές πρακτικές χρήσης μορφότυπων αρχείων εικόνας σε στάδια της ροής εργασίας.

Ένας μορφότυπος, ο οποίος είναι ανοικτό πρότυπο αλλά δεν έχει τύχει ευρύτερης υποστήριξης από τους κατασκευαστές φωτογραφικών μηχανών είναι τα αρχεία JPEG2000. Πολιτισμικοί οργανισμοί εμβέλειας, όπως η βιβλιοθήκη του Κογκρέσου έχουν υιοθετήσει το μορφότυπο JPEG2000 σαν μια από τις πιο αξιόπιστες λύσεις για την αποθήκευση των ψηφιακών συλλογών τους (Library of Congress n.d.).

### 3.10 Σύνοψη

- Οι ψηφιακές εικόνες μπορεί να είναι ψηφιογραφικές ή διανυσματικές.
- Οι ψηφιογραφικές εικόνες (*bitmapped graphics*) είναι δυαδικές αναπαραστάσεις και εξαρτημένες ανάλυσης
- Οι διανυσματικές εικόνες (*vector graphics*) είναι κειμενικές αναπαραστάσεις και ανεξάρτητες ανάλυσης
- Οι ψηφιογραφικές εικόνες συλλαμβάνονται (φωτογράφηση, σάρωση) ενώ οι διανυσματικές σχεδιάζονται
- Με τη φωτογραφική λήψη υλοποιείται η δειγματοληψία της προτότυπης εικόνας και η ποσοτικοποίηση των δειγμάτων σε διακριτές τιμές φωτεινότητας
- Για την αναπαραγωγή χρώματος χρησιμοποιούνται διατάξεις φίλτρων για την ξεχωριστή καταγραφή της έντασης των τριών βασικών χρωμάτων
- Η πιο κοινή διάταξη φίλτρων είναι το πλέγμα Bayer
- Η χρήση πλέγματος Bayer απαιτεί την εφαρμογή αλγόριθμων αποψηφιοποίησης για τον υπολογισμό των τιμών και των τριών χρωμάτων για κάθε εικονοστοιχείο της τελικής εικόνας.
- Η ανάλυση της τελικής ψηφιακής εικόνας αναφέρεται στο πλήθος των λογικών εικονοστοιχείων που προκύπτουν μετά από το στάδιο της αποψηφιοποίησης.
- Οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές χρησιμοποιούν μετατροπείς ADC 12 έως και 14-bit. Αρχεία με βάθος χρώματος 16-bit συνήθως προκύπτουν με χρήση αλγόριθμων παρεμβολής.
- Οι εικόνες JPEG ή TIFF (ψηφιογραφικές) που δημιουργούνται στη φωτογραφική μηχανή είναι εικόνες με βάθος χρώματος 8-bit (24-bpp).
- Τα ανεπεξέργαστα δεδομένα εικόνας του φωτογραφικού αισθητήρα μπορούν να εξαχθούν με τη μορφή αρχείων raw για μετέπειτα επεξεργασία.
- Τα αρχεία raw δεν είναι ψηφιογραφικά αρχεία εικόνας και η χρήση τους σαν τέτοια απαιτεί τη μετατροπή τους από ειδικά λογισμικά (*raw converters*).
- Τα διανυσματικά γραφικά σχεδιάζονται σε ειδικές εφαρμογές λογισμικού και είναι διανυσματικές περιγραφές εικόνων ανεξάρτητες ανάλυσης.
- Βασικά στοιχεία των διανυσματικών γραφικών είναι τα σημεία, οι γραμμές και οι καμπύλες τα οποία ορίζουν ιδεατά μονοπάτια (*paths*).
- Για το σχεδιασμό καμπυλών συνήθως χρησιμοποιούνται οι παραμετρικές καμπύλες Bezier.
- Τα μονοπάτια μπορούν να αποκτήσουν χαρακτηριστικά (χρώμα, πάχος κ.ά.) και να διαμορφώσουν πολύπλοκα σχέδια.
- Τα διανυσματικά γραφικά για να χρησιμοποιηθούν σαν εικόνες (προβολή, εκτύπωση) πρέπει πρώτα να μετατραπούν σε ψηφιογραφικές (ραστεροποίηση).
- Οι μορφότυποι αρχείων εικόνας επιλέγονται με βάση τη ροή εργασίας που εξυπηρετούν.



## 4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

### Βασικές Έννοιες

Βελτιστοποίηση εικόνας  
Επεξεργασία εικονοστοιχείων  
Παραμετρική επεξεργασία  
Μέγεθος, Διαστάσεις Εικόνας  
Κλιμάκωση  
Τονική Διαβάθμιση  
Ιστόγραμμα  
Τονικές Διορθώσεις  
Χρωματικές Διορθώσεις  
Ευκρίνεια Όξυνση  
Επιλογές και Μάσκες  
Βελτιστοποίηση για τον Ιστό  
Εκτύπωση



## 4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ

### 4.1.1 Ο ΧΩΡΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνων έχει σαν βασικό στόχο τη βελτιστοποίησή τους για συγκεκριμένες χρήσεις. Ο βαθμός βελτιστοποίησης διαπιστώνεται κατά βάση οπτικά, κοιτάζοντας τις εικόνες· εφόσον η αντίληψη του χρώματος εξαρτάται από τη σχέση της φωτιστικής πηγής (φωτιστικές συνθήκες), του αντικειμένου (εικόνα) και του θεατή, διατηρώντας τις φωτιστικές συνθήκες σταθερές εξασφαλίζουμε ένα κοινό μέτρο σύγκρισης.

Η αποτίμηση μιας φωτογραφικής εικόνας, είτε στην οθόνη του υπολογιστή είτε ως τυπωμένη φωτογραφία, εξαρτάται από τις συνθήκες θέασης· μια φωτογραφική εικόνα μάλλον θα φαίνεται διαφορετική σε διαφορετικές οθόνες διαφορετικών υπολογιστών και σίγουρα μια τυπωμένη φωτογραφία θα φαίνεται διαφορετική κάτω από διαφορετικές φωτιστικές συνθήκες. Η ανάγκη για την προτυποποίηση των συνθηκών θέασης (αποτίμησης) στις γραφικές τέχνες και στη φωτογραφία είναι προφανής με το σκεπτικό ότι αν όλοι συμμορφώνονται σε ένα πρότυπο συνθηκών θέασης θα έχει νόημα και η όποια επικοινωνία σχετικά με την ποιότητα (χαρακτηριστικά των εικόνων).

Για τον σκοπό αυτό, ο διεθνής οργανισμός ISO έχει εκδώσει το πρότυπο ISO 3664 - *Standard Viewing Conditions for the Graphic Arts* (ISO 2009) στο οποίο περιγράφονται τα χαρακτηριστικά της φωτιστικής πηγής, η ποσότητα του φωτισμού και οι συνθήκες του χώρου εργασίας. Περιληπτικά, οι προδιαγραφές σύμφωνα με το πρότυπο είναι:

*Για φωτογραφικές εκτυπώσεις:* Ομοιόμορφος φωτισμός χώρου θέασης με σχετική θερμοκρασία χρώματος 5000 Kelvin (φως ημέρας), φωτιστική πηγή D50<sup>37</sup> με δείκτη χρωματικής απόδοσης CRI (Color Rendering Index)  $\geq 90$  και φωτεινότητα περίπου 2000 (+/- 500) lux. Ο περιβάλλον χώρος εργασίας θα πρέπει να έχει ουδέτερο γκρι ματ χρώμα με ανακλαστικότητα φωτισμού  $< 60\%$ .

*Για οθόνες υπολογιστών:* Λευκό οθόνης D65 (αντιστοιχεί σε σχετική θερμοκρασία χρώματος 6500 Kelvin και θεωρείται «φως ημέρας»), φωτεινότητα περίπου 70 - 100 cd/m<sup>2</sup>, περιβάλλον χώρος χρωματικά ουδέτερος (βαθύ ματ γκρι ή μαύρο χρώμα).

### 4.1.2 Η ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σε ότι αφορά τη ροή εργασίας της επεξεργασίας για την βελτιστοποίηση των εικόνων, υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις.

- Η **επεξεργασία των δεδομένων της εικόνας** αυτής καθαυτής (επεξεργασία της πηγής ή αλλιώς επεξεργασία εικονοστοιχείων)
- Η **παραμετρική επεξεργασία** της εικόνας.

Η πρώτη αφορά την επεξεργασία (τροποποίηση) των εικονοστοιχείων της εικόνας και υλοποιείται με εφαρμογές λογισμικού επεξεργασίας εικόνας όπως η Adobe Photoshop και η εφαρμογή Gimp. Η δεύτερη αφορά τη δημιουργία εντολών οι οποίες εφαρμόζονται στην εικόνα χωρίς όμως να τροποποιούν τα αρχικά δεδομένα της και υλοποιείται με υβριδικές εφαρμογές που συνδυάζουν διαχείριση καταλόγου εικόνων και παραμετρική επεξεργασία, όπως οι εφαρμογές Lightroom της Adobe Systems ή Aperture της Apple.

---

<sup>37</sup> Η τρίτη έκδοση (2009) του προτύπου περιγράφει τη φωτιστική πηγή ως D50 όχι με την έννοια της σχετικής θερμοκρασία χρώματος 5000K αλλά με την αυστηρή έννοια μιας ιδεατής φωτιστικής πηγής με συγκεκριμένη κατανομή φασματικής ενέργειας (συμπεριλαμβάνει και τμήματα υπεριώδους ακτινοβολίας). Οι απλοί λαμπτήρες φθορισμού «τύπου ημέρας» συνήθως δεν καλύπτουν αυτή την προδιαγραφή.

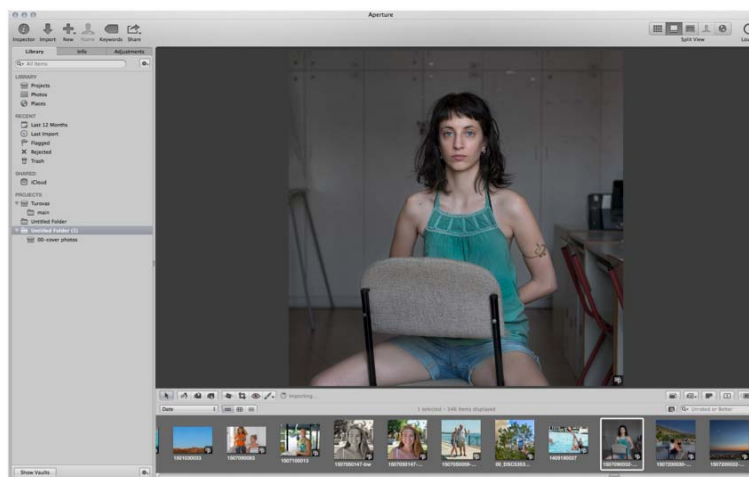
### 4.1.3 Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η επεξεργασία των εικονοστοιχείων λέγεται και «καταστροφική» επειδή μεταβάλλει τα δεδομένα της εικόνας και είναι μη αντιστρεπτή, εκτός αν δημιουργηθούν αντίγραφα της πρωτότυπης εικόνας, λύση που συνεπάγεται και ανάλογο αποθηκευτικό κόστος. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει η δυνατότητα μη καταστροφικής επεξεργασίας με τη βοήθεια επιπέδων (layers), τα οποία λειτουργούν σαν υπερκείμενες στρώσεις πληροφορίας (δεδομένα εικόνας, οδηγίες ρυθμίσεων, διανυσματικά δεδομένα κλπ.) πάνω από την εικόνα, εφαρμογές όπως το Photoshop επιτελούν (σε κάποιο σημείο της ροής εργασίας) μη αντιστρεπτή επεξεργασία. Επιπρόσθετα, το Photoshop είναι πρόγραμμα που επεξεργάζεται κάθε μια εικόνα ξεχωριστά· αν και μπορεί να ολοκληρώσει μαζικές επεξεργασίες σε ομάδες εικόνων (π.χ. να εφαρμόσει την ίδια διόρθωση σε πολλές εικόνες), θα πρέπει να επεξεργαστεί τη μία εικόνα μετά την άλλη. Γενικά, η επεξεργασία της κάθε εικόνας ξεχωριστά συνήθως προτιμάται για τη δημιουργία αρχείων αναφοράς (βλ. *Το Αρχείο Αναφοράς*) ή για ροές εργασίας όπου η ταχύτητα ή η μαζική επεξεργασία δεν είναι προτεραιότητα.

### 4.1.4 Η ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

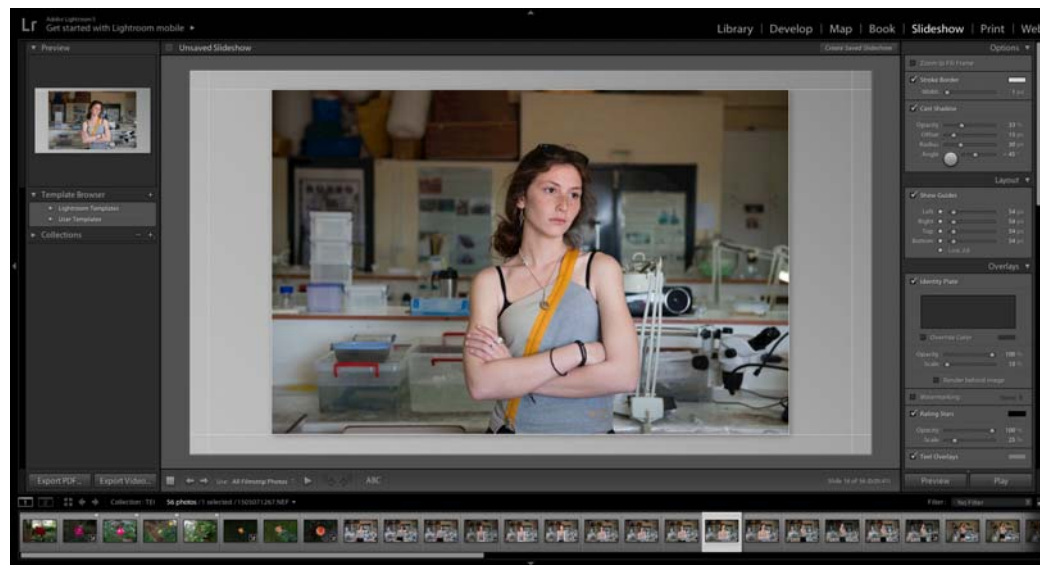
Σε αντίθεση με τις εφαρμογές επεξεργασίας εικονοστοιχείων, οι εφαρμογές ΠΕ (παραμετρικής επεξεργασίας) δεν αλλάζουν τα δεδομένα της εικόνας. Οι όποιες αλλαγές και ρυθμίσεις γίνονται με τη δημιουργία εντολών (παραμέτρων) οι οποίες αποθηκεύονται ξεχωριστά από τις εικόνες σε βιβλιοθήκες που δημιουργεί η εφαρμογή και συσχετίζονται με τις εικόνες. Ο χρήστης έχει την ευχέρεια να βλέπει τις εικόνες στην οθόνη του υπολογιστή σύμφωνα με τις ρυθμίσεις που έχει δημιουργήσει, ενώ τα πρωτογενή εικονοστοιχεία (η πηγαία πληροφορία) παραμένει αναλλοίωτη. Η παραμετρική επεξεργασία είναι κατεξοχήν «μη καταστροφική».

Οι εφαρμογές ΠΕ είναι ιδανικές για την επεξεργασία πολλαπλών εικόνων στον ίδιο χρόνο καθώς οι εντολές (ρυθμίσεις) μπορούν να συσχετιστούν με μεγάλο αριθμό εικόνων με μια απλή αντιγραφή (copy/paste).



**Εικόνα 4.1.** Περιβάλλον εργασίας της εφαρμογής Apple Aperture.

Ένα βασικό πλεονέκτημα των εφαρμογών ΠΕ είναι ότι έχουν σχεδιαστεί ειδικά για επεξεργασία αρχείων raw· ο χρήστης έχει άμεση πρόσβαση επεξεργασίας σε μια βασική (προρυθμισμένη) εκδοχή των αρχείων raw στο παράθυρο της εφαρμογής σε αντίθεση με το Photoshop ή άλλες εφαρμογές όπου για να επεξεργαστεί τις εικόνες θα πρέπει πρώτα να τις έχει μετατρέψει μέσω κάποιου βοηθητικού προγράμματος (raw converter).



Εικόνα 4.2. Περιβάλλον εργασίας της εφαρμογής Adobe Lightroom.



Εικόνα 4.3. Οι εφαρμογές παραμετρικής επεξεργασίας λειτουργούν συγχρόνως και σαν εφαρμογές καταλόγου για την αρχειοθέτηση, μετονομασία, εισαγωγή μεταδεδομένων, παραγωγή αντιγράφων εικόνας κ.ά.

## 4.2 ΤΟ ΑΡΧΕΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Το **αρχείο αναφοράς** (αναφέρεται και ως **master file**), είναι το αποτέλεσμα της επιμελημένης επεξεργασίας μιας εικόνας· λειτουργεί ως νέο «πρωτότυπο», είναι δηλαδή η τελική βέλτιστη εκδοχή της φωτογραφικής εικόνας, συνήθως στο πρωτογενές μέγεθος της φωτογραφικής λήψης, στο μέγιστο επιτρεπτό βάθος χρώματος (π.χ. 16-bit) και σε ένα ευρύ χρωματικό χώρο όπως στον AdobeRGB (1998) ή στον ProPhoto.

Το αρχείο αναφοράς αποτελεί κομβικό σημείο της οποιασδήποτε ροής εργασίας (συμπεριλαμβανομένης και της παραμετρικής), καθώς από αυτό θα προκύπτουν όλα τα παράγωγα εικόνας για διαφορετικές χρήσεις. Επειδή η βέλτιστη εκδοχή μιας εικόνας εξαρτάται από πολλές τεχνικές (διαθέσιμος εξοπλισμός, καλιμπράρισμα συσκευών, χώρος εργασίας κ.ά.) αλλά και ανθρώπινες παραμέτρους (ψυχολογία, πεποίθηση, παραδοχή

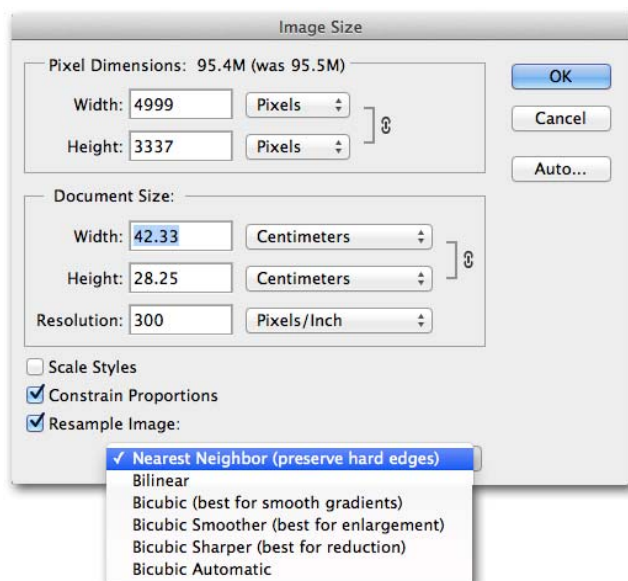
αξιών, σωρευτική εμπειρία κ.ά.) είναι σχεδόν σίγουρο ότι, αν επιχειρηθεί και πάλι, σε μετέπειτα χρόνο θα είναι διαφορετική.<sup>38</sup> Η κατάληξη σε μια τελική εκδοχή της εικόνας είναι θεμελιώδης στη ροή εργασίας γιατί ουσιαστικά σηματοδοτεί μια απόφαση χωρίς την οποία η αξιοποίηση της εικόνας βρίσκεται σε εκκρεμότητα.

Επειδή τα αρχεία αναφοράς είναι αρχεία υψηλής αξίας, θα πρέπει να υπάρχει ειδική μέριμνα για τον χαρακτηρισμό τους (ονομασία, ετικέτες σήμανσης, κλπ.) και για την αποθήκευσή τους σε εφεδρικά αποθηκευτικά μέσα (εξωτερικούς δίσκους κ.ά.).

### 4.3 ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Το μέγεθος μιας ψηφιακής ψηφιογραφικής εικόνας ορίζεται από το πλήθος των εικονοστοιχείων στα οποία αναλύεται. Το μέγεθος της εικόνας σε εικονοστοιχεία, σε συνδυασμό με την ανάλυση της συσκευής εξόδου (οθόνη, εκτυπωτής) καθορίζει τις φυσικές της διαστάσεις.

Όταν η κλίμακα της ψηφιακής εικόνας πρέπει να αλλάξει, να γίνει δηλαδή η εικόνα μικρότερη (σμίκρυνση) ή μεγαλύτερη (μεγέθυνση), θα πρέπει να αλλάξει το πλήθος των εικονοστοιχείων που την απαρτίζουν, δηλαδή να μειωθεί ή να αυξηθεί αντίστοιχα το πλήθος των δειγμάτων (samples) της εικόνας. Αυτή η διαδικασία κλιμάκωσης λέγεται επαναδειγματοληψία (resampling) και εφαρμόζεται για να προσαρμόσει την εικόνα στην όποια τελική της χρήση· άλλες είναι οι διαστάσεις σε εικονοστοιχεία που απαιτούνται για την προβολή της εικόνας σε μία οθόνη και άλλες για μια εκτύπωση σε ένα βιβλίο ή σε μια υπαίθρια διαφημιστική πινακίδα.



**Εικόνα 4.4.** Διαθέσιμοι αλγόριθμοι παρεμβολής για την κλιμάκωση της εικόνας σε πτυσσόμενη λίστα στο πλαίσιο διαλόγου *Image Size*. Η προρύθμιση του επιθυμητού αλγόριθμου είναι συνήθως διαθέσιμη στις ρυθμίσεις προτιμήσεων της εφαρμογής επεξεργασίας.

Ο προεπιλεγμένος αλγόριθμος κλιμάκωσης καθορίζει και τους μετασχηματισμούς της εικόνας με άλλα εργαλεία (*transform tools*).

<sup>38</sup> Το σχόλιο αφορά εικόνες μη συγκριτικής αναπαραγωγής, όπως, για παράδειγμα, εικόνες καλλιτεχνικής φωτογραφίας, ντοκουμέντου, φωτορεπορτάζ κ.ά.

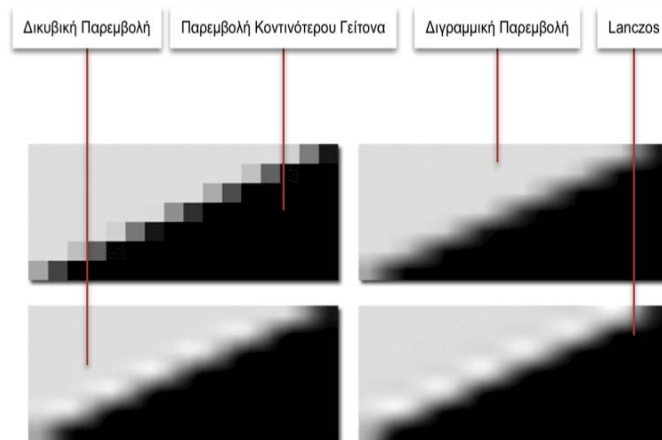
### 4.3.1 ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ

Η επαναδειγματοληψία της εικόνας, η οποία αναφέρεται και ως διαδικασία **παρεμβολής** (interpolation), γίνεται με συστηματικό τρόπο έτσι ώστε τελικά, τα λιγότερα ή περισσότερα εικονοστοιχεία να αναπαριστούν όσο πιο πιστά γίνεται την αρχική εικόνα. Τα εικονοστοιχεία δηλαδή δεν αφαιρούνται ή προστίθενται τυχαία. Το ποια είναι τα εικονοστοιχεία που θα διαγραφούν (downsampling) και τι εικονοστοιχεία θα δημιουργηθούν (upsampling) στην κλιμάκωση (resampling) της εικόνας καθορίζεται από σχετικούς αλγόριθμους παρεμβολής. Οι διαθέσιμοι αλγόριθμοι παρεμβολής συνήθως είναι:

**Παρεμβολή Πλησιέστερου Γείτονα (Nearest Neighbor).** Το χρώμα κάθε εικονοστοιχείου αντιγράφεται από το πλησιέστερο γειτονικό εικονοστοιχείο της αρχικής εικόνας. Δεν είναι η καλύτερη επιλογή για εικόνες συνεχών τόνων (φωτογραφικές), καθώς δημιουργεί οδόντωση (το φαινόμενο «σκαλοπατιού») στις ακμές, ενδείκνυται όμως για κλιμάκωση γραφικών όταν δεν θέλουμε να χαθεί η αντίθεση (οξύτητα) των ακμών.

**Διγραμμική Παρεμβολή (Bilinear Interpolation).** Το χρώμα κάθε εικονοστοιχείου υπολογίζεται ως το μέσο χρώμα των τεσσάρων πιο κοντινών εικονοστοιχείων στην αρχική εικόνα. Υπερσκελίζεται από τη μέθοδο της Δικυβικής Παρεμβολής και σπάνια χρησιμοποιείται.

**Δικυβική Παρεμβολή (Bicubic Interpolation).** Το χρώμα κάθε εικονοστοιχείου υπολογίζεται ως το μέσο χρώμα των οκτώ πιο κοντινών εικονοστοιχείων στην αρχική εικόνα. Είναι η ιδανική μέθοδος για την κλιμάκωση εικόνων συνεχών τόνων (φωτογραφίες), καθώς δημιουργεί ομαλές τονικές διαβαθμίσεις.



**Εικόνα 4.5.** Αποτελέσματα κλιμάκωσης σε μια διαγώνια ακμή με διαφορετικούς αλγόριθμους παρεμβολής.

Παραλλαγές της δικυβικής παρεμβολής είναι οι:

**Bicubic Smoother** (Ελλ. *Δικυβική Ομαλότερη*). Ο αλγόριθμος είναι σχεδιασμένος για κλιμάκωση της εικόνας προς τα επάνω (upsampling) και δημιουργεί παρεμβολές με λιγότερη έμφαση στα τεχνουργήματα (artifacts), κάτι που επιτρέπει μεγαλύτερη ευχέρεια στην αύξηση της οξύτητας της τελικής εικόνας.

**Bicubic Sharper** (Ελλ. *Δικυβική Οξύτερη*). Ο αλγόριθμος είναι σχεδιασμένος για κλιμάκωση της εικόνας προς τα κάτω (downsampling) και προσθέτει οξύτητα με σκοπό τη διατήρηση της λεπτομέρειας της εικόνας.



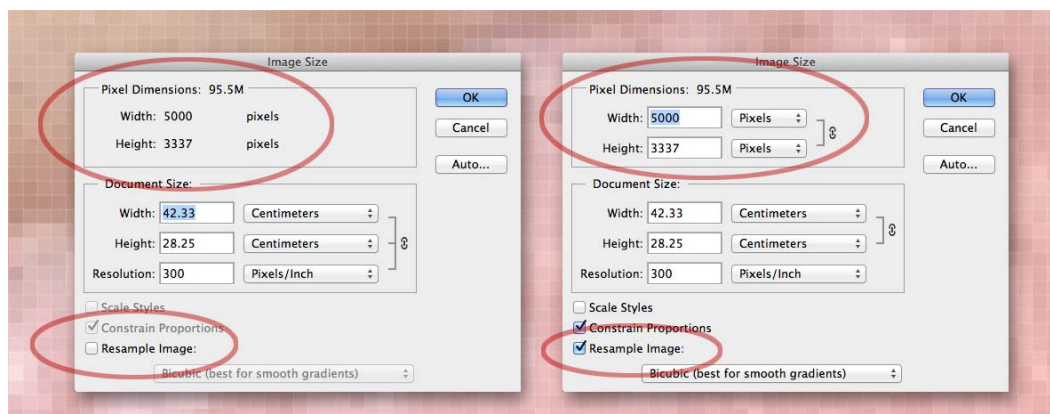


**Εικόνα 4.6.** Μεγέθυνση 500% από σμίκρυνση της ίδιας εικόνας με τον αλγόριθμο *Bicubic* (αριστερά) και *Bicubic Sharper* (δεξιά). Η αρχική εικόνα είχε πλάτος 5000 pixels και κλιμακώθηκε στα 800 pixels.

### Lanczos3

Η μέθοδος Lanczos3<sup>39</sup> χρησιμοποιεί τη μαθηματική συνάρτηση Sinc και υλοποιεί παρεμβολή υψηλής ποιότητας, ιδανική για εικόνες συνεχών τόνων.

Σε κάθε περίπτωση, η (όποια) κλιμάκωση της εικόνας συνεπάγεται κάποια μορφή αλλοίωσης, η οποία θα πρέπει να εκτιμηθεί κατά περίπτωση, λαμβάνοντας υπόψη και τις ιδιομορφίες του θέματος.



**Εικόνα 4.7.** Το πλαίσιο διαλόγου *Image Size* με τη λειτουργία *Resample Image* απενεργοποιημένη (αριστερά) και ενεργοποιημένη (δεξιά). Όταν είναι ενεργοποιημένη, η λειτουργία *Constrain Proportions* (Περιορισμός Αναλογιών) εξασφαλίζει τη διατήρηση του αρχικού λόγου των πλευρών της εικόνας.

## 4.4 ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Το βασικό εργαλείο για την κλιμάκωση εικόνας είναι το *Image Size*.<sup>40</sup> Το πλαίσιο διαλόγου του εργαλείου χωρίζεται σε δύο ενότητες όπου και αναφέρονται οι δύο πιο σημαντικοί τρόποι περιγραφής της ανάλυσης μιας ψηφιογραφικής εικόνας: οι διαστάσεις της εικόνας σε εικονοστοιχεία (*Pixel Dimensions*) και οι διαστάσεις εκτύπωσης της εικόνας (*Document Size*) ή αλλιώς ανάλυση εξόδου.

**Pixel Dimensions** (Ελλ. *Διαστάσεις σε Εικονοστοιχεία*). Αναφέρεται το πλήθος των εικονοστοιχείων της εικόνας για κάθε πλευρά της σε δύο πεδία τιμών (πλάτος και ύψος)

<sup>39</sup> Διαθέσιμο στην εφαρμογή επεξεργασίας ανοικτού λογισμικού Gimp.

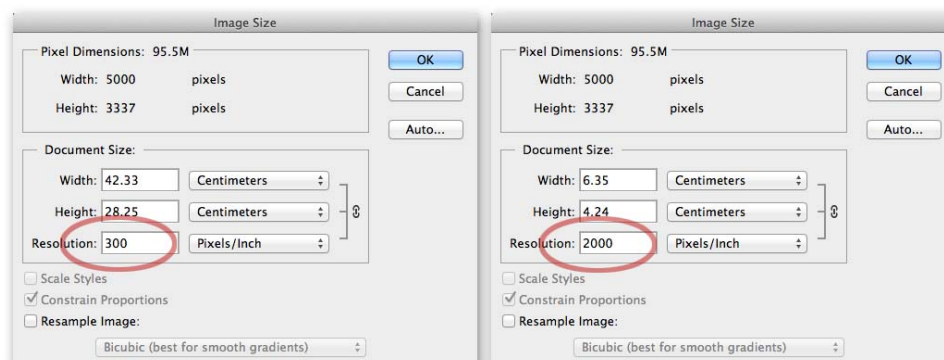
<sup>40</sup> Αφορά την εφαρμογή επεξεργασίας Adobe Photoshop.

όπως και το μέγεθος του αρχείου σε megabytes (ή K, αν είναι μικρότερο από 1 MB). Αλλάζοντας τις διαστάσεις της εικόνας σε εικονοστοιχεία αλλάζει και το μέγεθος του ψηφιακού αρχείου της εικόνας, δηλαδή η απαίτηση για αποθηκευτικό χώρο. Οι διαστάσεις εκφράζονται σε εικονοστοιχεία και σε ποσοστά επί τοις εκατό.

**Document Size** (Ελλ. *Διαστάσεις Εγγράφου*). Αναφέρονται οι φυσικές χωρικές διαστάσεις της εικόνας σε δύο πεδία τιμών (πλάτος και ύψος) σύμφωνα με την (εκάστοτε) *ανάλυση της συσκευής εξόδου* (Resolution). Θεωρώντας ότι ο λόγος των πλευρών της εικόνας παραμένει πάντα ο ίδιος, οι φυσικές διαστάσεις της εικόνας και η ανάλυση εξόδου είναι αλληλοεξαρτώμενα μεγέθη. Οι διαστάσεις εκφράζονται σε μονάδες μήκους (ίντσες, εκατοστά, χιλιοστά, σημεία και πίκες) και σε ποσοστά επί τοις εκατό.

Η πιο σημαντική λειτουργία στο πλαίσιο διαλόγου είναι η λειτουργία **Resample Image** (Ελλ. *Επαναδειγματοληψία Εικόνας*). Όταν είναι επιλεγμένη (ενεργή), η εφαρμογή επιτρέπει την αλλαγή των διαστάσεων της εικόνας σε εικονοστοιχεία και τα πεδία εισαγωγής τιμών στο τμήμα Pixel Dimensions είναι προσβάσιμα, όπως επίσης και η επιλογή αλγόριθμου παρεμβολής από το σχετικό πτυσσόμενο μενού· όταν δεν είναι επιλεγμένη, τα πεδία εισαγωγής τιμών είναι κλειδωμένα, όπως και η επιλογή αλγόριθμου παρεμβολής (**Εικόνα 4.7**).

Όταν γίνεται επαναδειγματοληψία μπορεί να αλλάξουν ένα από τρία αλληλοεξαρτώμενα μεγέθη: η ανάλυση της εικόνας σε εικονοστοιχεία (pixel resolution), οι φυσικές διαστάσεις εξόδου (document size) ή η ανάλυση της συσκευής εξόδου (resolution). Εάν μεταβληθεί το Pixel Dimensions, μεταβάλλεται και το Document Size αλλά το Resolution παραμένει ίδιο. Αν μεταβληθεί το Document Size, μεταβάλλεται και το Pixel Dimensions αλλά το Resolution παραμένει ίδιο. Αν μεταβληθεί το Resolution, μεταβάλλεται και το Pixel Dimensions ενώ το Document Size παραμένει ως έχει.

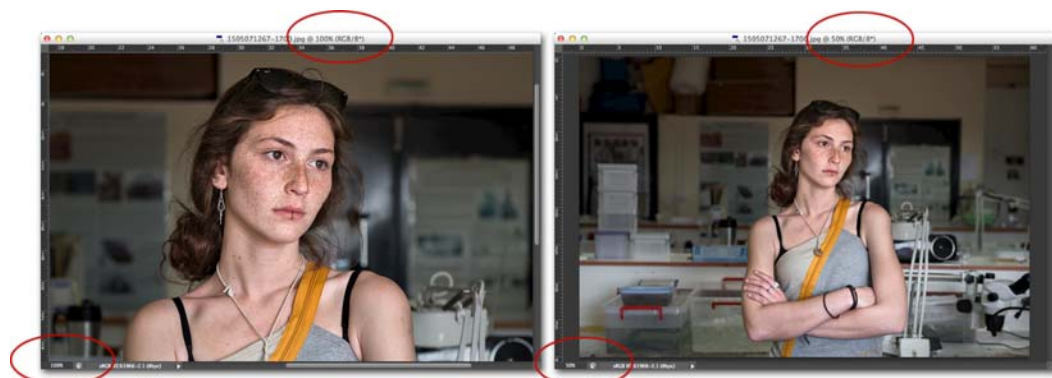


**Εικόνα 4.2** Όταν η λειτουργία *Resample Image* είναι απενεργοποιημένη, οι φυσικές διαστάσεις της εικόνας και η ανάλυση εξόδου είναι αλληλοεξαρτώμενα μεγέθη. Επειδή δεν υλοποιείται κλιμάκωση της εικόνας, τα πεδία τιμών *Pixel Dimensions* είναι απενεργοποιημένα.

Όταν η λειτουργία *Resample Image* είναι απενεργοποιημένη, οι φυσικές διαστάσεις της εικόνας και η ανάλυση εξόδου είναι αλληλοεξαρτώμενα μεγέθη· αν μεταβάλλουμε την ανάλυση εξόδου μεταβάλλονται αυτόματα και οι διαστάσεις της εικόνας. Αυτό συμβαίνει γιατί το σύστημα θα πρέπει να διατάξει τον ίδιο αριθμό εικονοστοιχείων (το πλήθος των εικονοστοιχείων της εικόνας παραμένει το ίδιο) με διαφορετική πυκνότητα στον χώρο. Αν δηλαδή δηλωθεί μια ανάλυση εξόδου 300 pixels/inch, αντί για 150 pixels/inch, αυτό σημαίνει ότι στην ίδια γραμμική ίντσα θα πρέπει η συσκευή εξόδου να διατάξει τον διπλάσιο αριθμό εικονοστοιχείων. Ο μόνος τρόπος για να συμβεί αυτό είναι να διατάξει τα εικονοστοιχεία πιο κοντά το ένα στο άλλο, άρα να συρικνωθεί ο φυσικός χώρος που καλύπτουν.

**Σημείωση:** Αυτός είναι και ένας πρακτικός τρόπος για να διαπιστωθούν οι χωρικές διαστάσεις εκτύπωσης ενός αρχείου εικόνας όταν στο πεδίο *Resolution* εισάγουμε την ανάλυση στην οποία πρόκειται να εκτυπώσουμε.

Ανεξάρτητα από τις τιμές στα πεδία *Document Size*, η απεικόνιση της εικόνας στην οθόνη του υπολογιστή εξαρτάται από το πλήθος των εικονοστοιχείων που την απαρτίζουν και την αντιστοιχία των λογικών εικονοστοιχείων στα πραγματικά εικονοστοιχεία της οθόνης. Αν π.χ. για μια εικόνα πλάτους 3000 εικονοστοιχείων η αντιστοιχία είναι 1:1 (μεγέθυνση προβολής 100%) και η οθόνη διαθέτει 3000 φυσικά εικονοστοιχεία, η εικόνα θα καλύψει το συνολικό πλάτος της οθόνης. Αν το ποσοστό μεγέθυνσης της εικόνας στην οθόνη είναι 50%, η εικόνα θα καλύψει το μισό πλάτος της οθόνης. Σε εφαρμογές επεξεργασίας, η ρύθμιση που εξασφαλίζει την απεικόνιση των εικονοστοιχείων στην οθόνη με σχέση 1:1 (100%) συνήθως εμφανίζεται με την ένδειξη «actual pixels».



**Εικόνα 4.9.** Η ίδια εικόνα με διαφορετικές αναλογίες λογικών και πραγματικών εικονοστοιχείων (ποσοστά μεγέθυνσης στην οθόνη του υπολογιστή).

#### 4.4.1 Άλλα Εργαλεία

Άλλα εργαλεία που μεταβάλλουν το μέγεθος της εικόνας σε εικονοστοιχεία χωρίς όμως να επιτελούν κλιμάκωση της εικόνας είναι το **Crop Tool** (Εργαλείο Περικοπής) και το **Canvas Size** (Μέγεθος Καμβά).

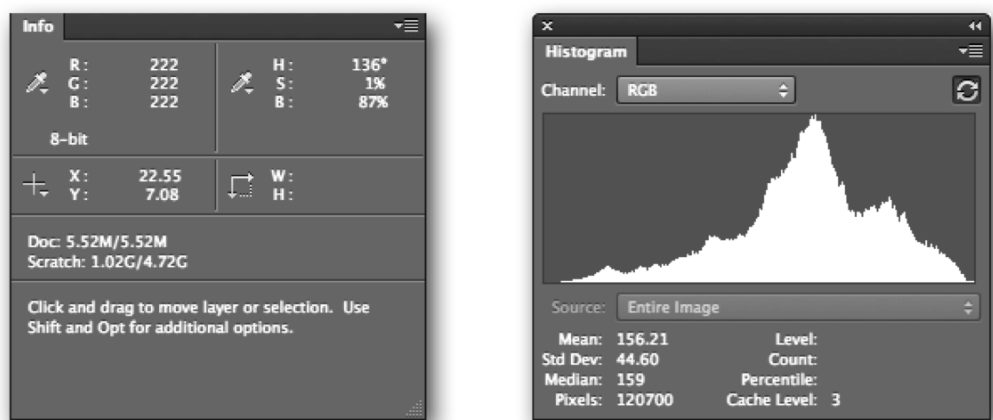


**Εικόνα 4.10.** Με το εργαλείο περικοπής μπορούν να αλλάξουν οι αναλογίες του κάδρου της εικόνας. Όταν αυτό γίνεται μικρότερο (περικόπτεται), μειώνεται το μέγεθος *canvas size*, άρα και το πλήθος των εικονοστοιχείων της νέας εικόνας (*pixel resolution*) που προκύπτει.

## 4.5 ΤΟΝΙΚΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

Οι βασικές πληροφορίες που απαιτούνται για τη ρύθμιση του πόσο φωτεινή ή σκοτεινή μπορεί να είναι μια ψηφιογραφική εικόνα είναι η κατανομή των εικονοστοιχείων της στις διαθέσιμες στάθμες (επίπεδα - levels) φωτεινότητας και οι τιμές των εικονοστοιχείων. Σε μία εφαρμογή επεξεργασίας εικόνας, όπως το Photoshop, η πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες και η διαχείριση των τιμών των εικονοστοιχείων γίνεται με τέσσερα εργαλεία:

- Την παλέτα Histogram (Ιστόγραμμα).
- Την παλέτα Info (Πληροφορίες).
- Το πλαίσιο διαλόγου Levels (Στάθμες).
- Το πλαίσιο διαλόγου Curves (Καμπύλες).



**Εικόνα 4.11.** Οι παλέτες Info και Histogram.

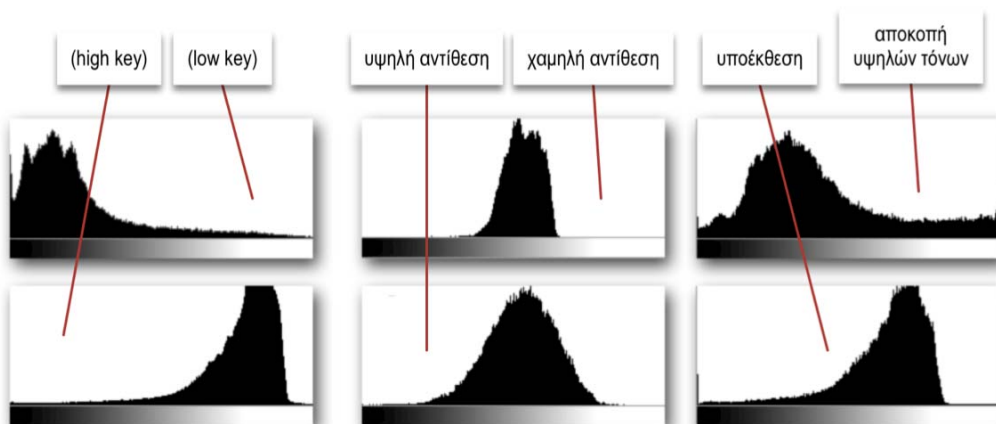
Τα πρώτα δύο εμφανίζουν τα δεδομένα της εικόνας και τα αποτέλεσμα της επεξεργασίας σε αυτά, ενώ τα δύο τελευταία είναι τα εργαλεία με τα οποία μπορούν να γίνουν οι σχετικές ρυθμίσεις.

## 4.6 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

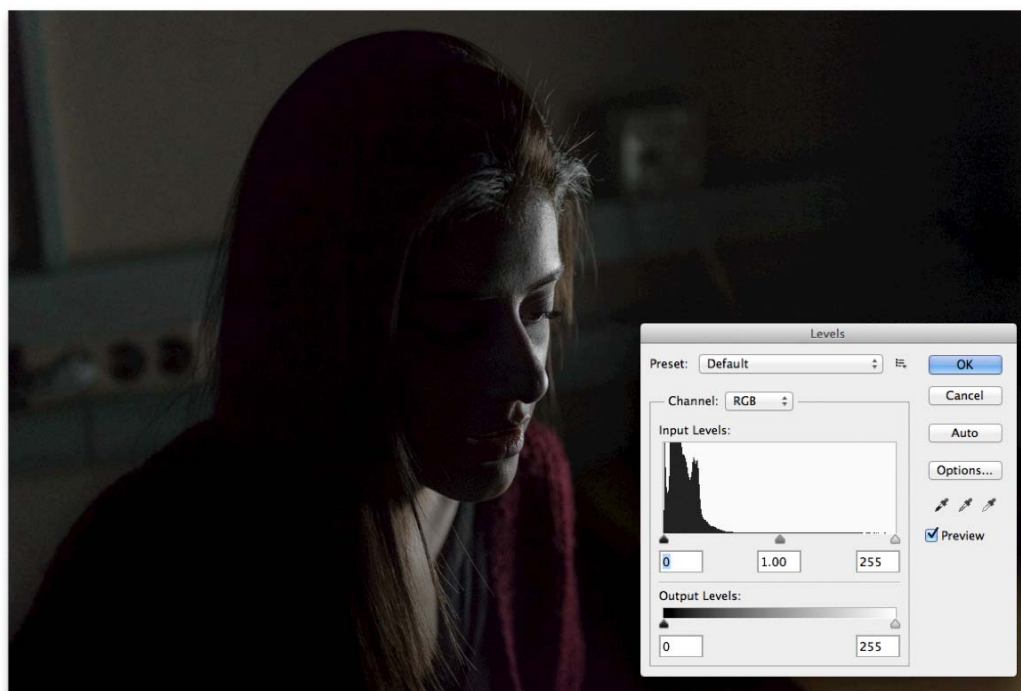
Η παλέτα Ιστογράμματος (**Εικόνα 4.11**) απεικονίζει την κατανομή των εικονοστοιχείων της εικόνας στις διαθέσιμες στάθμες φωτεινότητας (brightness levels). Τυπικά για μια εικόνα με βάθος χρώματος 8-bit ανά χρώμα, οι στάθμες είναι 256 ( $2^8=256$ ) και απεικονίζονται στον οριζόντιο άξονα από αριστερά προς τα δεξιά με τις τιμές από 0 έως και 255, όπου το 0 αντιστοιχεί στο μαύρο και το 255 στο λευκό. Το πλήθος των εικονοστοιχείων σε κάθε στάθμη φωτεινότητας απεικονίζεται στον κατακόρυφο άξονα. Το σχήμα και η θέση του κύριου όγκου του ιστογράμματος εξαρτάται από την τονικότητα της εικόνας: για μια εικόνα με μεσαίους και σκοτεινούς τόνους ο κύριος όγκος ιστογράμματος θα βρίσκεται προς τα αριστερά, ενώ για μια εικόνα με μεσαίους και φωτεινούς τόνους θα βρίσκεται προς τα δεξιά. Για μια μονόχρωμη εικόνα με τιμή φωτεινότητας 128 το ιστόγραμμα θα αναπαριστάται από μια μόνο γραμμή, ακριβώς στη μέση του οριζόντιου άξονα.



**Σημείωση:** Η παλέτα Ιστογράμματος είναι ένα δυναμικό εργαλείο αλλά το ιστογράμμα που εμφανίζει βασίζεται στην απεικόνιση της εικόνας στην οθόνη του υπολογιστή. Στην περίπτωση που τα δεδομένα εικόνας έχουν αλλάξει, η εφαρμογή εμφανίζει μια προειδοποίηση στην παλέτα για να ανανεωθεί η απεικόνιση του ιστογράμματος.

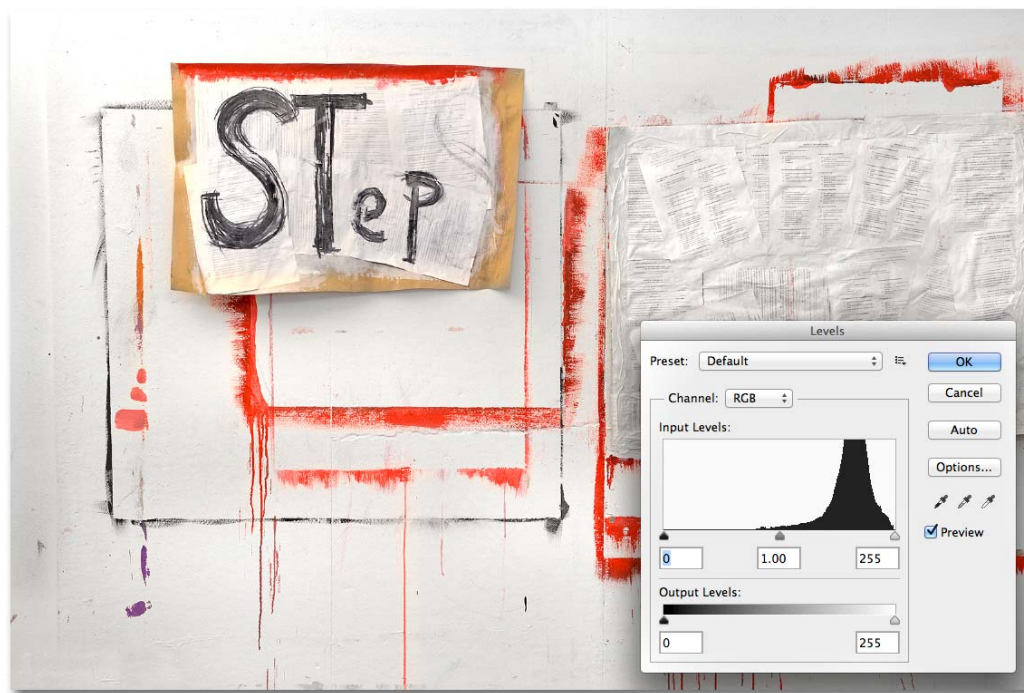


**Εικόνα 4.12.** Το ιστογράμμα δίνει μια γενική άποψη για την τονική δομή μιας εικόνας που σχετίζεται με τις περαιτέρω δυνατότητες επεξεργασίας της και δεν αποτελεί μέτρο «καλής» ή «κακής» φωτογραφικής εικόνας.



**Εικόνα 4.13.** Εικόνα χαμηλού τόνου (Low Key). Υπερισχύουν οι σκοτεινοί τόνοι και όλος ο όγκος του ιστογράμματος βρίσκεται στο αριστερό μέρος της τονικής κλίμακας.



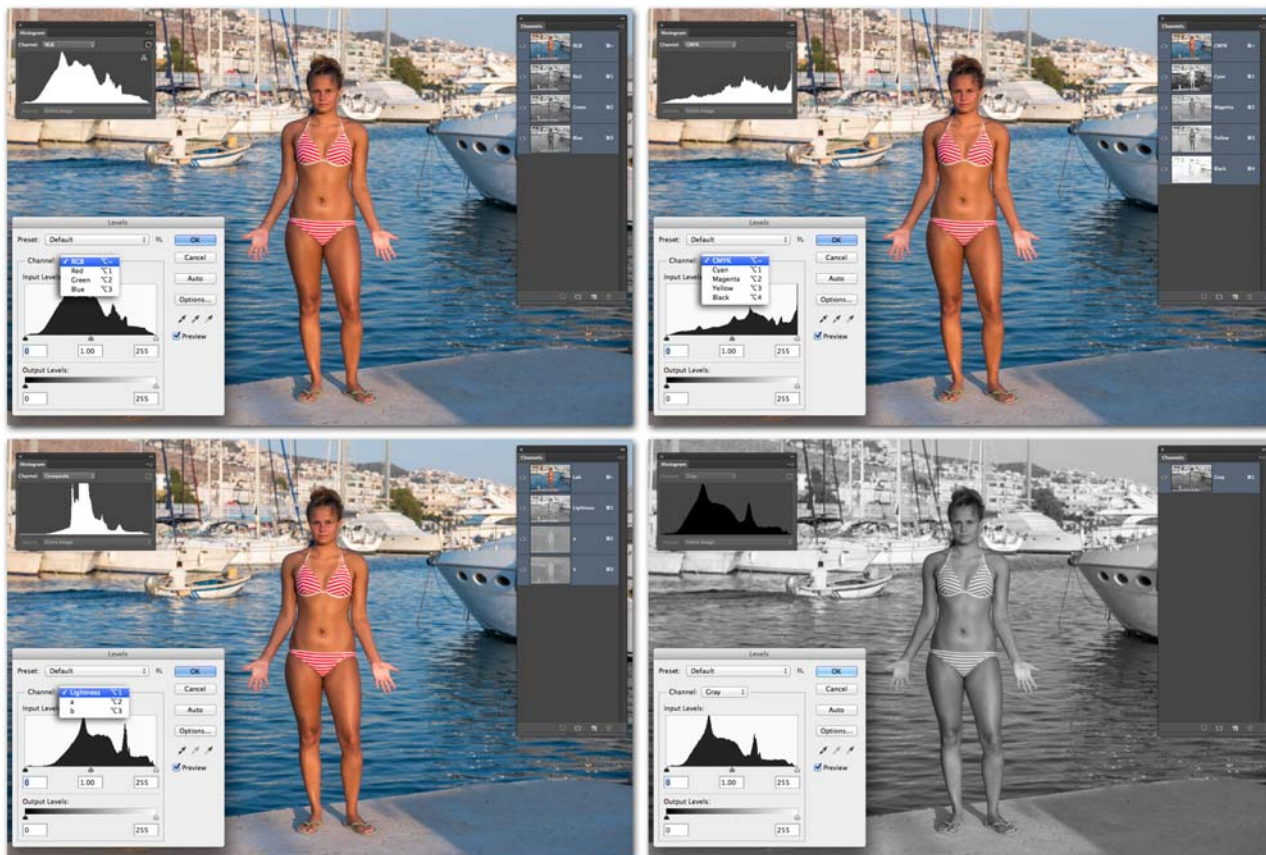


**Εικόνα 4.14.** Εικόνα υψηλού τόνου (High Key). Υπερισχύουν οι φωτεινοί τόνοι και ο κύριος όγκος του ιστογράμματος βρίσκεται στο δεξί μέρος της τονικής κλίμακας.

Η παλέτα Info επικοινωνεί τις τιμές των εικονοστοιχείων της εικόνας. Σε αντίθεση με το ιστογράμμα που δίνει μια γενική άποψη της κατάστασης της εικόνας, η παλέτα Info μπορεί να εμφανίσει πληροφορίες τιμών συγκεκριμένων εικονοστοιχείων, χρησιμοποιώντας σαν δειγματολήπτη τον δρομέα στην οθόνη του υπολογιστή. Ένα ιδιαίτερα χρήσιμο χαρακτηριστικό είναι ότι όταν η παλέτα είναι ανοικτή, μπορεί να εμφανίσει τις τιμές των εικονοστοιχείων πριν και μετά από την επικείμενη επεξεργασία με κάποιο από τα εργαλεία.

## 4.7 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ

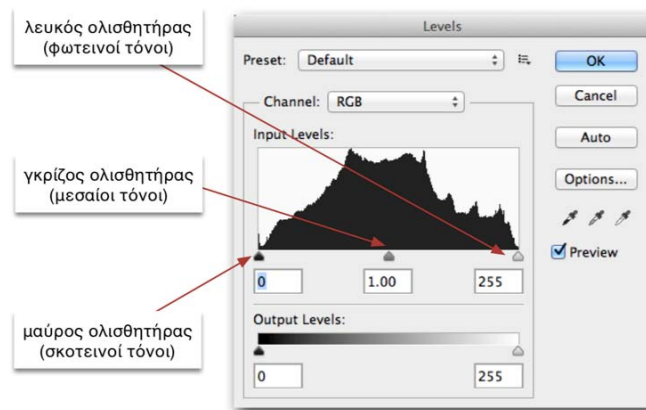
Οι ρυθμίσεις **Levels** (αναφέρεται στις στάθμες φωτεινότητας) και **Curves** (Καμπύλες) είναι τα βασικά εργαλεία για τον έλεγχο και τη διόρθωση της τονικής διαβάθμισης ψηφιογραφικών εικόνων. Και τα δύο μεταβάλλουν τις υπάρχουσες τιμές φωτεινότητας των εικονοστοιχείων (τιμές εισόδου - input) σε νέες (τιμές εξόδου - output). Η ιδιαιτερότητά τους έγκειται στο ότι επιτρέπουν την αλλαγή των τιμών με μη γραμμικό τρόπο· εφαρμόζουν δηλαδή διαφορετικές τιμές διόρθωσης σε διαφορετικές περιοχές της τονικής κλίμακας της εικόνας σε αντίθεση με γραμμικά εργαλεία τα οποία εφαρμόζουν την ίδια αριθμητική μεταβολή σε όλα τα εικονοστοιχεία της εικόνας, ανεξάρτητα από τον βαθμό φωτεινότητάς τους, ανεξάρτητα δηλαδή από το ποιους τόνους της εικόνας αντιπροσωπεύουν.



**Εικόνα 4.15.** Το τι είδους πληροφορία ρυθμίζουν τα εργαλεία Levels (και Curves) εξαρτάται από το χρωματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται για να περιγραφεί η εικόνα. Στο πτυσσόμενο μενού Κανάλι (Channel) εμφανίζονται τα διαφορετικά κανάλια πληροφορίας της εικόνας (τονικές ή χρωματικές συνιστώσες). Αν το μοντέλο είναι Grayscale (κάτω δεξιά) εμφανίζεται μόνο το κανάλι πληροφορίας Gray. Αν το μοντέλο είναι CMYK (επάνω δεξιά) εμφανίζονται τα τέσσερα κανάλια χρωματικής πληροφορίας C, M, Y, K και το σύνθετο κανάλι CMYK, αν είναι RGB (επάνω αριστερά) εμφανίζονται τα κανάλια R,G,B και το σύνθετο RGB, αν είναι Lab εμφανίζονται τα κανάλια L,a και b. Η έγχρωμη εικόνα είναι η ίδια εικόνα αλλά αναπαριστάται με διαφορετική κάθε φορά πληροφορία. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι για να αλλάξουμε τη φωτεινότητα στην εικόνα Lab θα πρέπει να αλλάξουμε τιμές στο κανάλι L, ενώ για τις εικόνες RGB και CMYK θα πρέπει να αλλάξουμε τις τιμές όλων των καναλιών χρησιμοποιώντας το σύνθετο κανάλι· αν αλλάξουμε τιμές σε κάποιο κανάλι ξεχωριστά, θα αλλάξει η χρωματική ισορροπία της εικόνας.

## 4.8 ΣΤΑΘΜΕΣ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ - ΕΡΓΑΛΕΙΟ LEVELS

Στο πλαίσιο διαλόγου του εργαλείου Levels (**Εικόνα 4.16**) εμφανίζεται το ιστόγραμμα της τρεις (256 στάθμες φωτεινότητας στον οριζόντιο άξονα, από 0 έως 255),<sup>41</sup> οι τρεις ολισθητήρες, μαύρος, γκρίζος και λευκός (input) και οι δύο ολισθητήρες, μαύρος και λευκός (output).



**Εικόνα 4.16.** Το πλαίσιο διαλόγου του εργαλείου Levels για μια εικόνα RGB.

Οι τρεις ολισθητήρες ρυθμίζουν την κατανομή των εικονοστοιχείων σε νέες στάθμες φωτεινότητας ορίζοντας το λευκό σημείο, το μαύρο σημείο<sup>42</sup> και τους μεσαίους τόνους (gamma)<sup>43</sup> της εικόνας (**Input Levels**). Μετατοπίζοντας τον λευκό ολισθητήρα προς τα αριστερά σε μια χαμηλότερη στάθμη (ή εισάγοντας μια τιμή μικρότερη από 255 στο σχετικό πεδίο τιμών), η εφαρμογή μετατρέπει τις τιμές όλων των εικονοστοιχείων σε αυτή και σε όλες τις υψηλότερες στάθμες, στην τιμή 255 (λευκό). Το αντίστοιχο συμβαίνει με τον μαύρο ολισθητήρα: όταν μετατοπιστεί προς τα δεξιά, σε μια υψηλότερη στάθμη φωτεινότητας, όλα τα εικοστοιχεία με τιμές από αυτή έως και το 0, λαμβάνουν την τιμή 0 (**Εικόνα 4.17**)· όλα τα εικονοστοιχεία που θα λάβουν τις τιμές 0 και 255 (θα μετατραπούν σε λευκό και μαύρο αντίστοιχα) θα υποστούν «αποκοπή» (Αγγ. *clipping*) με την έννοια ότι δεν θα συνεισφέρουν πλέον στην περιγραφή κάποιας τονικής διαβάθμισης.

Ο γκρίζος ολισθητήρας (gamma slider) ρυθμίζει τους μεσαίους τόνους της εικόνας χωρίς να αλλάξει το λευκό και μαύρο σημείο αντίστοιχα. Όταν μετατοπίζεται προς τα δεξιά (γάμμα <1) η εικόνα γίνεται πιο σκοτεινή γιατί όλα τα εικονοστοιχεία με τιμές φωτεινότητας από τη νέα (μεγαλύτερη) τιμή έως και την τιμή 255 θα πρέπει να λάβουν μικρότερες τιμές· συγχρόνως, οι λιγότερες από 128 πλέον στάθμες φωτεινών τόνων κατανέμονται σε ένα μεγαλύτερο εύρος τονικότητας ενώ οι περισσότερες από 128 στάθμες σκοτεινών τόνων συμπιέζονται για να κατανεμηθούν σε ένα μικρότερο εύρος τονικότητας.

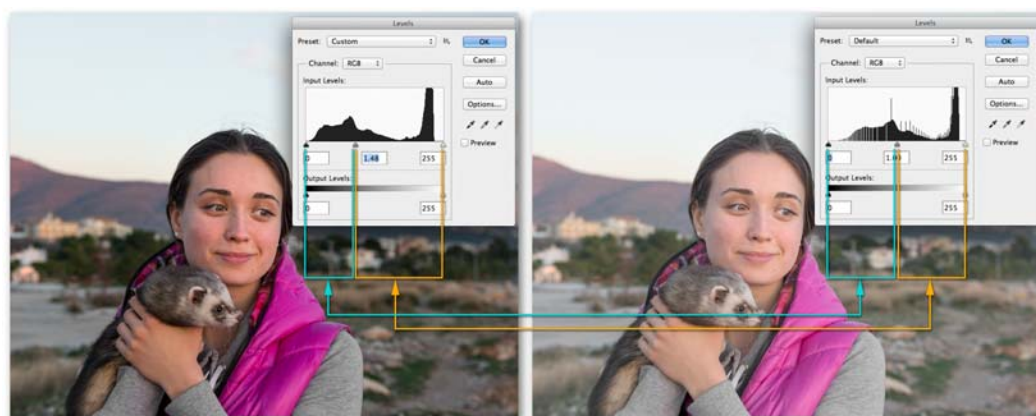
<sup>41</sup> Ακόμα και στην περίπτωση που η εικόνα έχει βάθος χρώματος π.χ. 12-bit εμφανίζεται η κλίμακα τιμών 0 έως 255 και όχι 0 έως 4096 ( $2^{12}=4096$ ).

<sup>42</sup> Το λευκό και μαύρο σημείο της εικόνας (ο πιο φωτεινός και σκοτεινός τόνος) δεν ταυτίζεται απαραίτητα με την τιμή 0 και 255 αντίστοιχα (απόλυτο λευκό και μαύρο) και συνήθως αφορά την πιο φωτεινή και σκοτεινή περιοχή της εικόνας η οποία εμφανίζει κάποια ελάχιστη λεπτομέρεια.

<sup>43</sup> Το γάμμα (gamma) είναι ο συντελεστής γραμμικότητας της σχέσης δύο μεταβλητών. Όταν το γάμμα έχει τιμή 1 η σχέση είναι ευθέως ανάλογη.

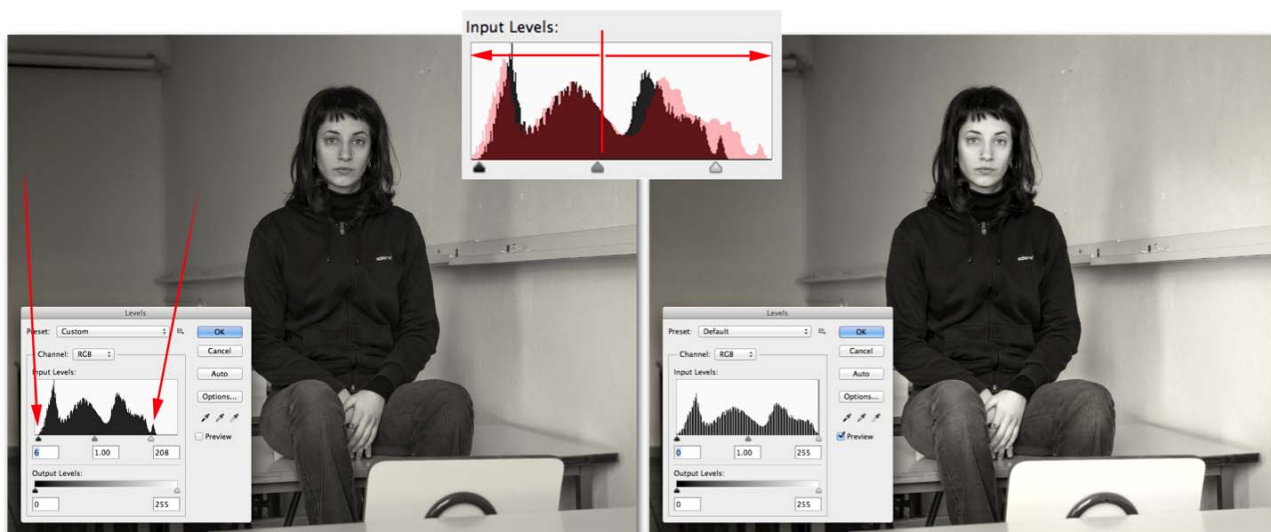
Όταν μετατοπίζεται προς τα αριστερά (γάμμα  $>1$ ), η εικόνα γίνεται πιο φωτεινή γιατί όλα τα εικονοστοιχεία της εικόνας με τιμές φωτεινότητας μικρότερες από τη νέα τιμή θα πρέπει να λάβουν μεγαλύτερες τιμές· οι λιγότερες από 128 πλέον στάθμες των σκοτεινών τόνων εκτείνονται και κατανέμονται σε ένα μεγαλύτερο εύρος τονικότητας ενώ οι περισσότερες από 128 πλέον στάθμες των φωτεινών τόνων συμπιέζονται και κατανέμονται σε ένα μικρότερο εύρος τονικότητας.

**Σημείωση:** Ενώ η προρύθμιση του γκριζου ολισθητήρα αφορά στη τιμή 128 (μεσαίο γκρι ή αλλιώς γκρι 50%), εμφανίζεται με την τιμή 1.00 ακόμα και όταν οι άλλοι δύο μετακινούνται. Η τιμή 1.00 και όσες λαμβάνει όταν σύρεται, αφορούν στη ρύθμιση γάμμα (gamma), στη μη ευθέως ανάλογη (μη γραμμική) κατανομή των φωτεινών και σκοτεινών τόνων της εικόνας στα επίπεδα φωτεινότητας. Έτσι, για τιμές μεγαλύτερες από 1 πρακτικά σημαίνει ότι υπάρχουν περισσότερες στάθμες στα αριστερά του και για τιμές μικρότερες από 1, περισσότερες στάθμες προς τα δεξιά του· διαφορετικές δηλαδή ποσότητες αρχικών δεδομένων θα πρέπει τώρα να περιγράψουν μεγαλύτερες ή μικρότερες γκάμες τονικότητας. Όταν η ρύθμιση είναι υπερβολική υφίσταται απώλεια τόνων (ιδιαίτερα για εικόνες 8-bit με 256 στάθμες φωτεινότητας) που αποκαλύπτεται με κενά στο ιστόγραμμα (**Εικόνα 4.17**).

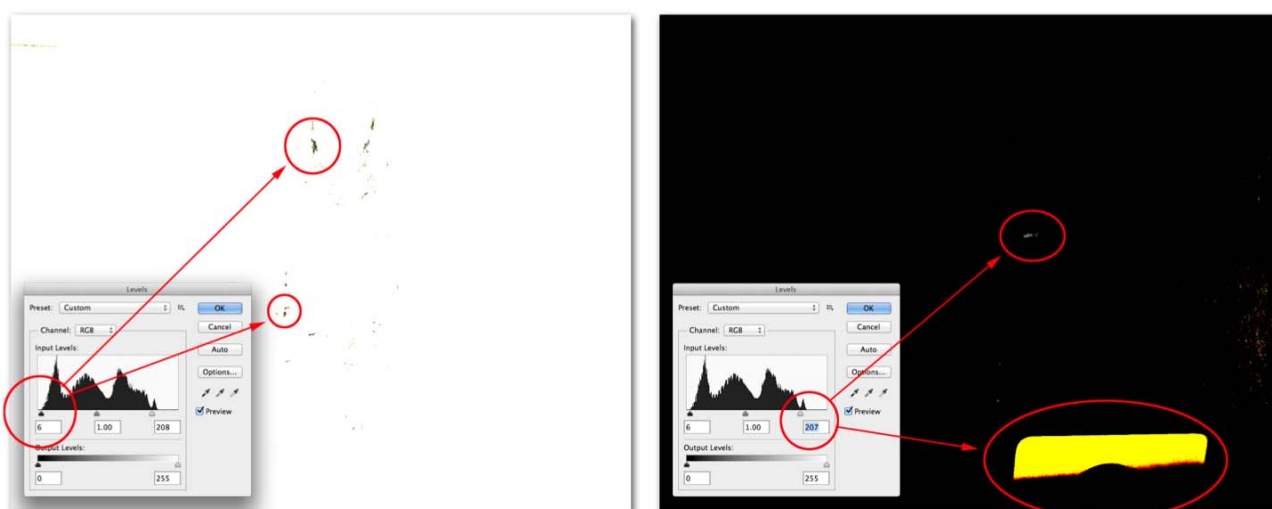


**Εικόνα 4.17.** Το αποτέλεσμα της μετατόπισης του γκριζου ολισθητήρα προς τα αριστερά (νέα τιμή γάμμα 1.48) για την αύξηση της φωτεινότητας των μεσαίων τόνων μιας εικόνας RGB 8-bit. Διαφορετικά τμήματα του ιστογράμματος επαναχарτογραφούνται σε ισόποσες κλίμακες φωτεινότητας. Το επιλεγμένο τμήμα των σκοτεινών τόνων εκτείνεται καλύπτοντας το μισό της κλίμακας στο νέο ιστόγραμμα (μαύρο έως μεσαίο γκρι) και αυτό των φωτεινών συμπιέζεται για να χωρέσει στο υπόλοιπο μισό (μεσαίο γκρι έως λευκό). Τα κενά στο αριστερό μισό του νέου ιστογράμματος φανερώνουν την απώλεια πληροφορίας στους σκοτεινούς τόνους της εικόνας. Κάθε αλλαγή στην κατανομή των τόνων μιας εικόνας συνεπάγεται απώλεια πληροφορίας κάτι που μετριάζεται αν η εικόνα διαθέτει αρχικά περισσότερες από 256 στάθμες φωτεινότητας, όπως οι εικόνες με βάθος χρώματος 16-bit (65536 στάθμες φωτεινότητας ανά χρώμα).



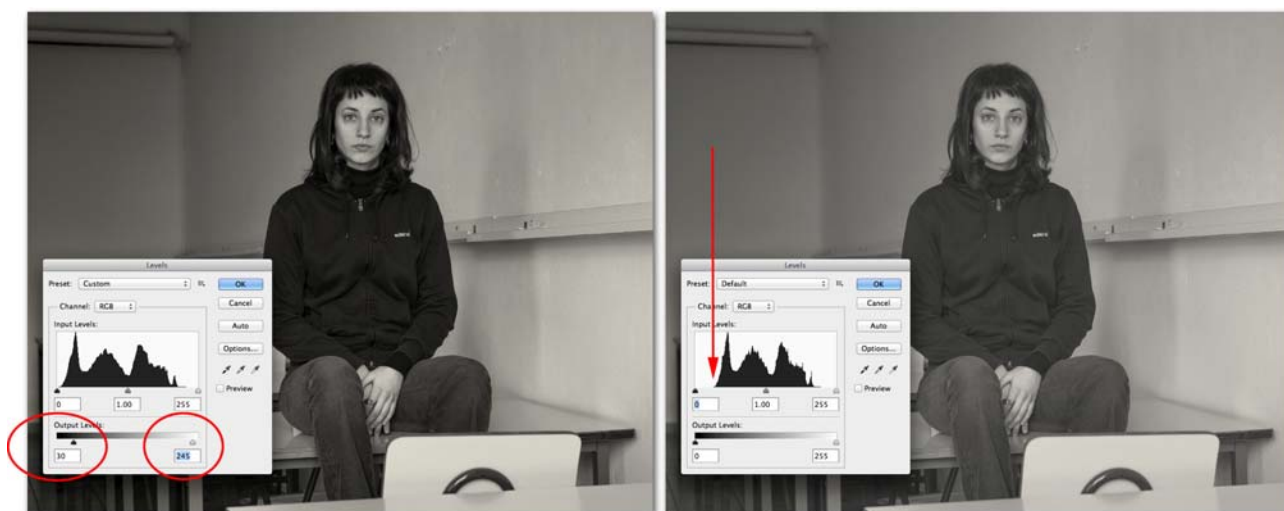


**Εικόνα 4.18.** Η μετακίνηση των ολισθητήρων (Input Levels) στις τιμές 6 και 208 (αριστερή εικόνα) έχει σαν αποτέλεσμα τα εικονοστοιχεία της εικόνας με τιμές από 0 έως 6 να λάβουν την τιμή 0 και τα εικονοστοιχεία με τιμές από 208 έως 255 να λάβουν την τιμή 255 (πρακτικά δηλαδή να αποκοπούν). Επιπρόσθετα (εφόσον οι ρυθμίσεις Output Levels παραμένουν στις τιμές 0 και 255) οι στάθμες από 6 έως 128 εκτείνονται για να καταλάβουν το αριστερό μισό της διαθέσιμης τονικής κλίμακας (0 έως 128) και οι στάθμες από 128 έως 208 εκτείνονται για να καταλάβουν το δεξί μισό της τονικής κλίμακας (128 έως 255). Το νέο ιστόγραμμα που προκύπτει καλύπτει μεν όλη την διαθέσιμη τονική κλίμακα αλλά δεν είναι συμπαγές. Οι λευκές γραμμές (κενά) καταδεικνύουν τις στάθμες φωτεινότητας οι οποίες δεν αντιπροσωπεύονται πλέον με εικονοστοιχεία στη νέα εικόνα (απώλεια πληροφορίας). Το αποτέλεσμα της ρύθμισης είναι εμφανώς η αύξηση της αντίθεσης της εικόνας.



**Εικόνα 4.19.** Στο πλαίσιο διαλόγου Levels υπάρχει η δυνατότητα (προσωρινής) ενεργοποίησης της λειτουργίας Threshold (Κατώφλι), η οποία δίνει μια οπτική εκτίμηση για το ποιες φωτεινές και σκοτεινές περιοχές της εικόνας αποκόπτονται ανάλογα με τη ρύθμιση του λευκού ή μαύρου ολισθητήρα (input levels)· ποια δηλαδή είναι τα εικονοστοιχεία της εικόνας που θα λάβουν την τιμή 0 ή 255. Στην περίπτωση εικόνων RGB, οι μαύρες περιοχές (αριστερή εικόνα) αφορούν σε εικονοστοιχεία που θα λάβουν τις τιμές  $0_R 0_G 0_B$ , ενώ οι λευκές περιοχές (δεξιά εικόνα) αφορούν σε εικονοστοιχεία που θα λάβουν τις τιμές  $255_R 255_G 255_B$ . Στην περίπτωση που η ρύθμιση αναγκάζει τα εικονοστοιχεία ενός καναλιού να λάβει πρώτο την τιμή 255 από τα άλλα δύο, εμφανίζεται το χρώμα του καναλιού· εδώ (δεξιά εικόνα), εμφανίζεται το κίτρινο στην περιοχή της καρέκλας γιατί στην αρχική εικόνα οι τιμές των εικονοστοιχείων ήταν  $219_R 221_G 192_B$  (χαμηλότερες τιμές μπλε αντιστοιχούν σε περισσότερο κίτρινο).



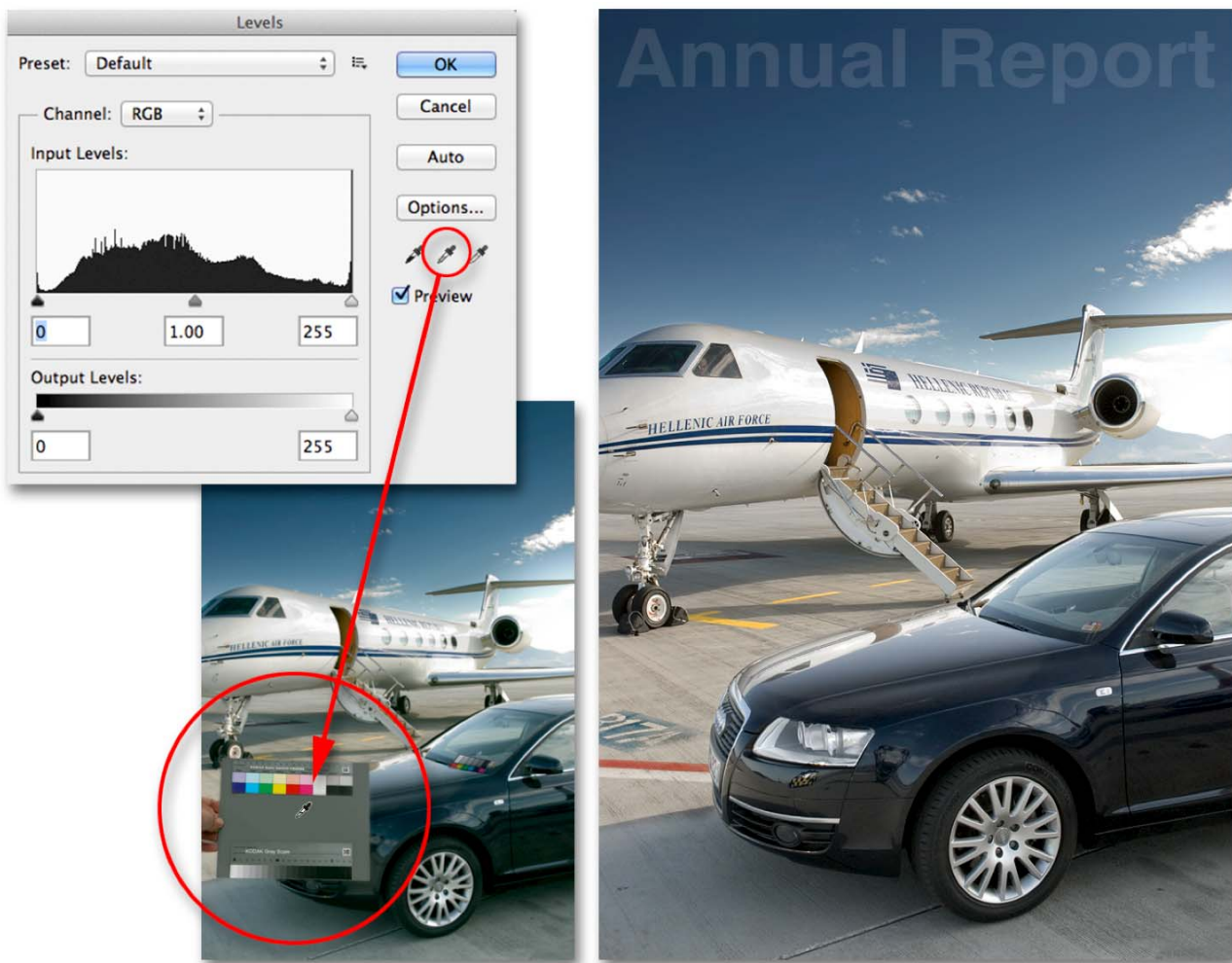


**Εικόνα 4.20.** Η μετακίνηση των ολισθητήρων (Output Levels) στις τιμές 30 και 245 (αριστερή εικόνα) έχει σαν αποτέλεσμα τη συμπίεση του ιστογράμματος ανάμεσα σε αυτές τις τιμές. Στη νέα εικόνα (δεξιά) η συμπίεση του αριστερού τμήματος του ιστογράμματος προς τα δεξιά είναι εμφανής. Το δεξί τμήμα παραμένει στην ίδια θέση, καθώς τα φωτεινά εικονοστοιχεία της εικόνας είχαν τιμές μικρότερες από 245 και δεν επηρεάστηκαν από τη ρύθμιση. Το αποτέλεσμα της ρύθμισης εδώ είναι εμφανώς η μείωση της αντίθεσης της εικόνας.

Οι ρυθμίσεις **Output Levels** (στάθμες εξόδου) καθορίζουν το συνολικό τονικό εύρος της εικόνας (**Εικόνα 4.20**). Όταν οι δύο ολισθητήρες μετακινούνται περιορίζουν την τονική διαβάθμιση όλης της εικόνας σε λιγότερες από 256 στάθμες φωτεινότητας. Όταν π.χ. ο μαύρος ολισθητήρας μετακινηθεί από την τιμή 0 περιορίζει τα σκοτεινά εικονοστοιχεία της εικόνας στη νέα τιμή που θα λάβει· το αντίστοιχο συμβαίνει για τα φωτεινά εικονοστοιχεία της εικόνας με την μετακίνηση του λευκού ολισθητήρα από την τιμή 255. Σε αντίθεση με τη λειτουργία των ρυθμίσεων input, οι στάθμες εξόδου συμπιέζουν το ιστόγραμμα της εικόνας και δεν αποκόπτουν τόνους.

Οι στάθμες φωτεινότητας μπορούν επίσης να ρυθμιστούν χρησιμοποιώντας τα σταγονόμετρα που εμφανίζονται στο πλαίσιο διαλόγου Levels. Με το λευκό και μαύρο σταγονόμετρο μπορούν να οριστούν το λευκό και μαύρο κάνοντας κλικ σε σημεία της εικόνας που αντιπροσωπεύουν λευκό ή μαύρο αντίστοιχα, κάτι που μπορεί να γίνει πιο ελεγχόμενο με τους δύο ολισθητήρες τιμών εισόδου (input levels). Το μεσαίο γκρι σταγονόμετρο μπορεί να ορίσει το «γκρι σημείο» της εικόνας, ένα τμήμα της εικόνας που θα έπρεπε να είναι χρωματικά ουδέτερο (ίδιες τιμές RGB). Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν στις φωτογραφικές λήψεις συμπεριλαμβάνονται χρωματικοί στόχοι αναφοράς, όπως η γκριζα κάρτα<sup>44</sup> ή τονικές και χρωματικές κλίμακες (**Εικόνα 4.21**).

<sup>44</sup> Η γκριζα κάρτα (Kodak R-27) είναι χρωματικά ουδέτερη με ανακλαστικότητα 18%. Η πίσω (λευκή) πλευρά της έχει ανακλαστικότητα 90%.



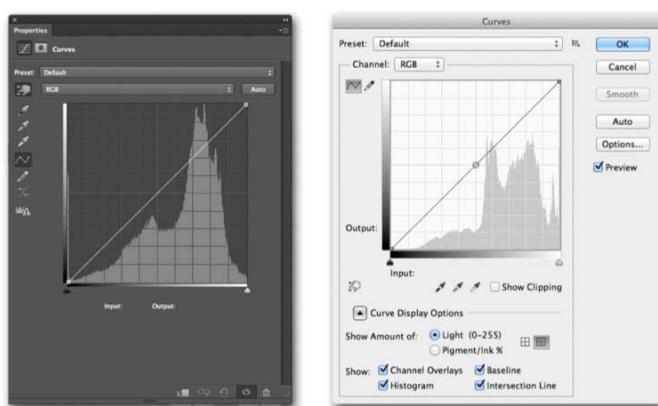
**Εικόνα 4.21.** Χρήση γκριζας κάρτας με χρωματικές και τονικές κλίμακες σε εξωτερική φωτογράφιση για τη ρύθμιση του μεσαίου γκρι στο στάδιο της επεξεργασίας του αρχείου.

Ρυθμίζοντας τις στάθμες φωτεινότητας μπορούμε να ρυθμίσουμε τον βαθμό αντίθεσης (κοντράστ) μιας φωτογραφικής εικόνας. Ο βαθμός αντίθεσης είναι καθοριστικός για τη φυσιογνωμία της εικόνας, τόσο σε τεχνικό επίπεδο (ακρίβεια αναπαραγωγής) όσο και σε αισθητικό.

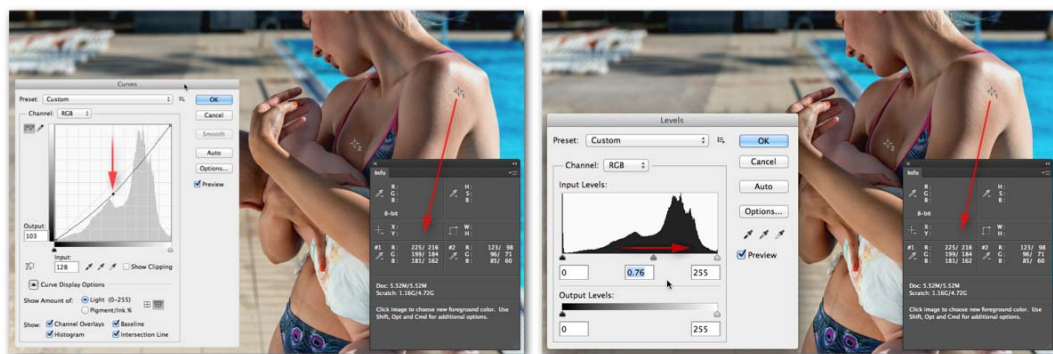
Επειδή οι φωτογραφικές εικόνες συχνά αποτελούν μέρος μιας ευρύτερης ενότητας, ο βαθμός αντίθεσης μπορεί να αποτελεί ένα συνδετικό στοιχείο των εικόνων και κάθε σχετική επιλογή θα πρέπει να γίνεται για το σύνολο της ενότητας και όχι για κάθε εικόνα ξεχωριστά.

## 4.9 ΣΤΑΘΜΕΣ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ - ΕΡΓΑΛΕΙΟ CURVES

Το εργαλείο Curves (Καμπύλες), όπως και το εργαλείο Levels, ρυθμίζει την κατανομή των τόνων της εικόνας (στάθμες φωτεινότητας) αλλάζοντας τις τιμές των εικονοστοιχείων (τιμές εισόδου - input) με νέες (τιμές εξόδου - output). Στο πλαίσιο διαλόγου Curves (**Εικόνα 4.22**), η κλίμακα των τόνων της εικόνας αναπαριστάται με μια διαγώνιο 45° στο κάτω αριστερό άκρο της οποίας βρίσκεται η τιμή 0 (μαύρο), στο μέσο η τιμή 128 (μεσαίο γκρι) και στο επάνω δεξί η τιμή 255 (λευκό). Ο οριζόντιος άξονας αναπαριστά τις στάθμες εισόδου (αρχικές τιμές φωτεινότητας) και ο κατακόρυφος τις στάθμες εξόδου (νέες τιμές). Τοποθετώντας ένα σημείο ελέγχου στη διαγώνιο (μπορεί να τοποθετηθούν μέχρι και 16 τέτοια σημεία) και σύροντάς το προς τα επάνω ή προς τα κάτω, το σχήμα της ευθείας γραμμής αλλάζει σε καμπύλη (**Εικόνα 4.24**). Το σχήμα της καμπύλης ορίζει και τη νέα σχέση τιμών εισόδου εξόδου, δηλαδή την νέα κατανομή των τόνων της εικόνας. Όσο πιο απότομη είναι η κλίση της καμπύλης τόσο υψηλότερη θα είναι και η αντίθεση της εικόνας.

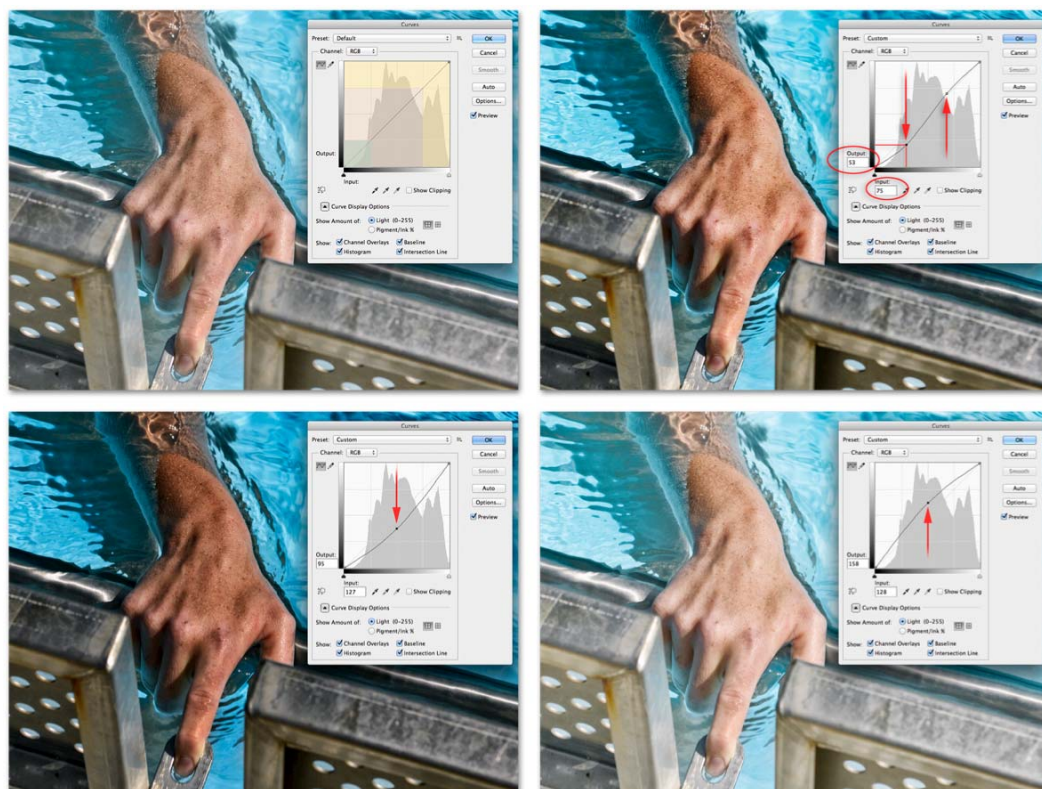


**Εικόνα 4.22.** Τα πλαίσια διαλόγου Curves όπως εμφανίζονται σε μια στρώση ρύθμισης (adjustment layer) και ως αυτόνομο εργαλείο (δεξιά) στην εφαρμογή Photoshop. Αν και αφορούν στο ίδιο ακριβώς εργαλείο, οι πληροφορίες που εμφανίζουν διαφέρουν. Στην πρώτη περίπτωση (αριστερά) οι όποιες αλλαγές είναι αναστρέψιμες (μη καταστροφικές), γιατί αφορούν σε οδηγίες που εφαρμόζονται στην απεικόνιση των δεδομένων της εικόνας, ενώ στη δεύτερη είναι μη αναστρέψιμες (καταστροφικές), καθώς αλλάζουν τις τιμές των εικονοστοιχείων.

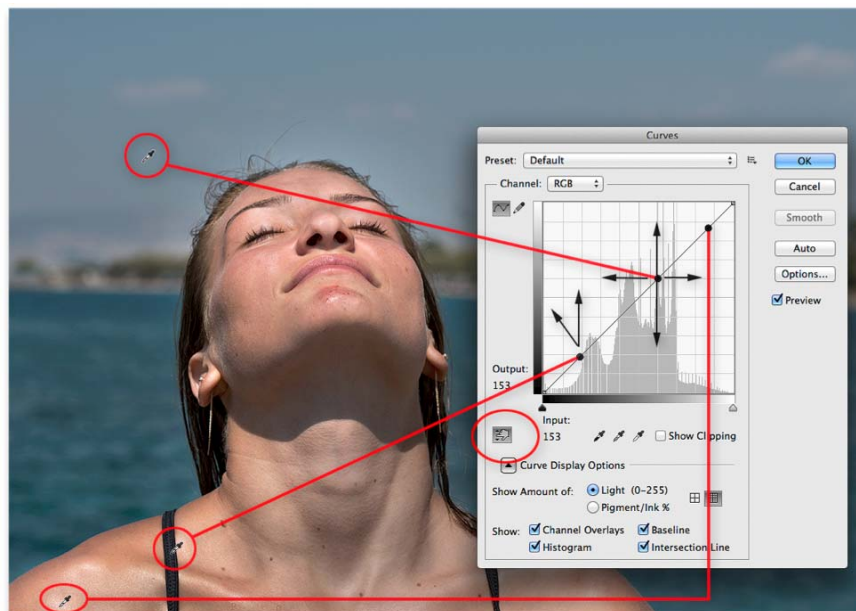


**Εικόνα 4.23.** Η ίδια ρύθμιση τονικότητας με το εργαλείο Curves (αριστερά) και το εργαλείο Levels.





**Εικόνα 4.24.** Ρυθμίσεις τονικότητας με το εργαλείο *Curves*. Στην πρώτη εικόνα (επάνω αριστερά) διακρίνονται οι περιοχές σκοτεινών, μεσαίων και φωτεινών τόνων. Τοποθετώντας ένα σημείο ελέγχου στο μέσο της διαγωνίου (τιμή 128, μεσαίο γκρι) και σύροντάς το προς τα κάτω ή προς τα επάνω η εικόνα γίνεται πιο σκοτεινή και φωτεινή αντίστοιχα (κάτω αριστερά και δεξιά). Τοποθετώντας περισσότερα από δύο σημεία ελέγχου (επάνω δεξιά) μπορούμε να αυξήσουμε τον βαθμό αντίθεσης της εικόνας δημιουργώντας μια καμπύλη σε σχήμα S.

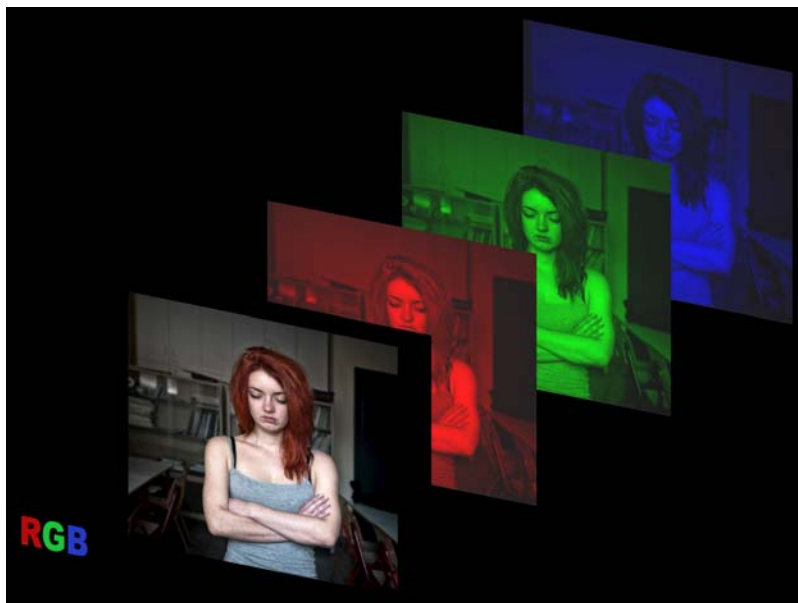


**Εικόνα 4.25.** Τιμές διαφορετικών περιοχών της εικόνας μπορούν να «εντοπιστούν» στον άξονα τονικότητας του εργαλείου *Curves* με τη βοήθεια δειγματολήπτη και να λειτουργήσουν σαν σημεία ελέγχου. Καλή πρακτική είναι η ρύθμιση του δειγματολήπτη της εφαρμογής στην επιλογή 3x3 ή 5x5 και όχι στην επιλογή *Point Sample* (Ελλ. Δείγμα Σημείου) όπου δειγματοληπτείται ένα μόνο εικονοστοιχείο, καθώς υπάρχει περίπτωση αυτό να αφορά θόρυβο και όχι σε πληροφορία εικόνας.

## 4.10 ΧΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

Για χρωματικές διορθώσεις χρησιμοποιούμε τα ίδια εργαλεία που χρησιμοποιούμε και για τις διορθώσεις της τονικότητας της εικόνας: τα βασικά εργαλεία πληροφορίας, **ιστόγραμμα** και παλέτα **Info** και τα πλαίσια διαλόγου των ρυθμίσεων **Levels** και **Curves**. Επιπρόσθετα, μπορούμε να κάνουμε χρωματικές διορθώσεις με τα εργαλεία **Απόχρωση/Κορεσμός** (Hue/Saturation) και **Χρωματική Ισορροπία** (Color Balance).

Όποιο εργαλείο και να χρησιμοποιήσουμε, θα πρέπει να είμαστε σε θέση να αναγνωρίσουμε τα χρώματα που βλέπουμε στην οθόνη του υπολογιστή. Ο όποιος βαθμός δυσκολίας σε αυτό έχει να κάνει με το ότι δεν συγκρίνουμε καθαρά χρώματα, αλλά χρώματα που συνιστούν αντικείμενα. Επειδή μπορούμε να αναγνωρίσουμε αναλογίες (σχέσεις) χρωμάτων πιο εύκολα από τα χρώματα αυτά καθαυτά, ο βαθμός δυσκολίας αυξάνεται όσο μειώνονται τα χρώματα σε μια φωτογραφική εικόνα. Είναι δηλαδή πιο δύσκολο να αποφασίσουμε τι χρώμα ακριβώς είναι ένας τοίχος που γεμίζει το φωτογραφικό κάδρο, απ' ό τι μια πολύχρωμη σκηνή με χρωματικά οικεία αντικείμενα.

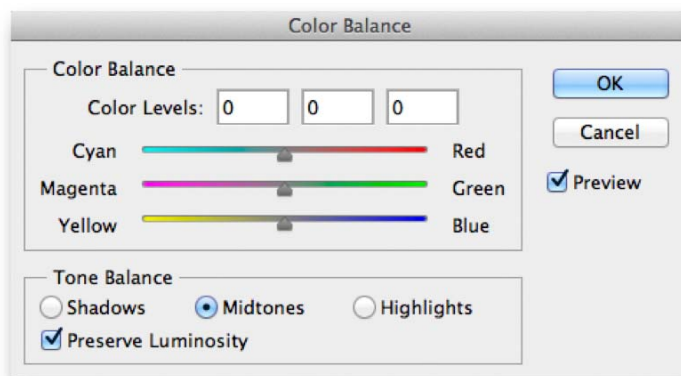


**Εικόνα 4.26.** Η δομή μιας φωτογραφικής εικόνας RGB. Οι τρεις χρωματικές συνιστώσες, ή αλλιώς τα τρία χρωματικά κανάλια (R,G,B) συνθέτουν προσθετικά την τελική εικόνα. Για να αλλάξει το χρώμα της τελικής εικόνας, θα πρέπει να αλλάξει και η ένταση (τιμές φωτεινότητας εικονοστοιχείων) της κάθε συνιστώσας ξεχωριστά. Οι χρωματικές διορθώσεις αφορούν στις αλλαγές τιμών των εικονοστοιχείων στα κανάλια χρωματικής πληροφορίας της εικόνας (Channels).

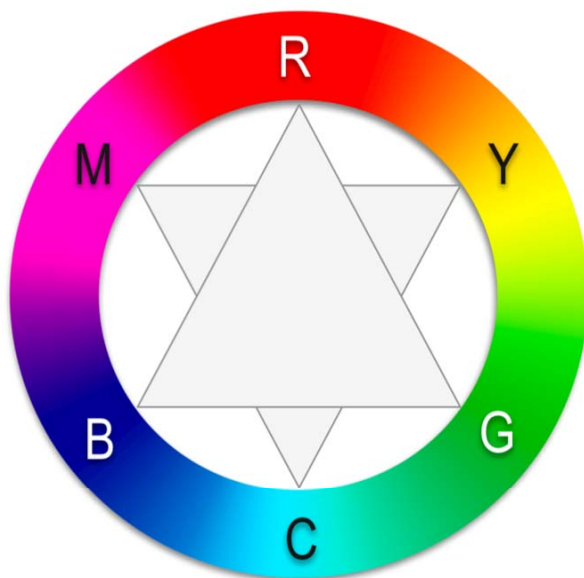
Οι ψηφιακές φωτογραφικές εικόνες είναι εικόνες RGB. Επειδή η χρωματική επεξεργασία τους αφορά τις αλλαγές τιμών RGB, θα πρέπει να είμαστε εξοικειωμένοι με τη σχέση των τριών βασικών χρωμάτων, κόκκινου, πράσινου και μπλε, άρα και των συμπληρωματικών τους, κυανού, ματζέντα και κίτρινου αντίστοιχα. Ο **χρωματικός κύκλος** (**Εικόνα 4.26**) αποτελεί τον καλύτερο οδηγό για να κατανοήσουμε τη σχέση των έξι χρωμάτων. Όλα τα εργαλεία χρωματικών διορθώσεων λειτουργούν ελέγχοντας τις τιμές των τριών βασικών χρωμάτων και κατ' επέκταση των συμπληρωματικών τους: ένα χρώμα υπάρχει επειδή δεν είναι το συμπληρωματικό του, άρα κάτι είναι κόκκινο επειδή δεν είναι κυανό και ρυθμίζοντας την ένταση του κόκκινου ουσιαστικά ελέγχουμε και το κυανό. Αυτό είναι εμφανές στο πλαίσιο διαλόγου του εργαλείου Color Balance (Εικόνα 4.27). Δεν είναι ιδιαίτερα ευέλικτο εργαλείο (όπως το εργαλείο Curves) καθώς δεν μπορεί να εστιάσει σε συγκεκριμένους τόνους της εικόνας παρά μόνο σε τρεις γενικές κλίμακες τονικότητας και



πολλές φορές εμφανίζει αφύσικες χρωματικές αποκλίσεις όταν γίνονται ρυθμίσεις σε διαφορετικές κλίμακες τονικότητας προς την αντίθετη κατεύθυνση.



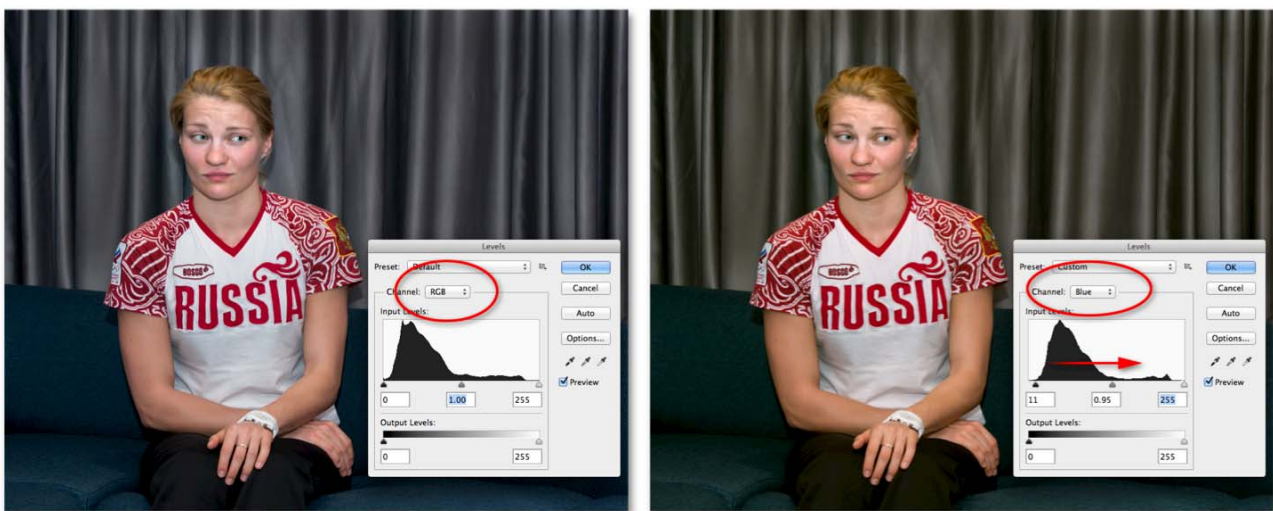
**Εικόνα 4.27.** Με το εργαλείο Color Balance (Ελλ. Χρωματική Ισορροπία) μπορούμε να κάνουμε ξεχωριστές χρωματικές διορθώσεις στους σκοτεινούς, μεσαίους και φωτεινούς τόνους της εικόνας.



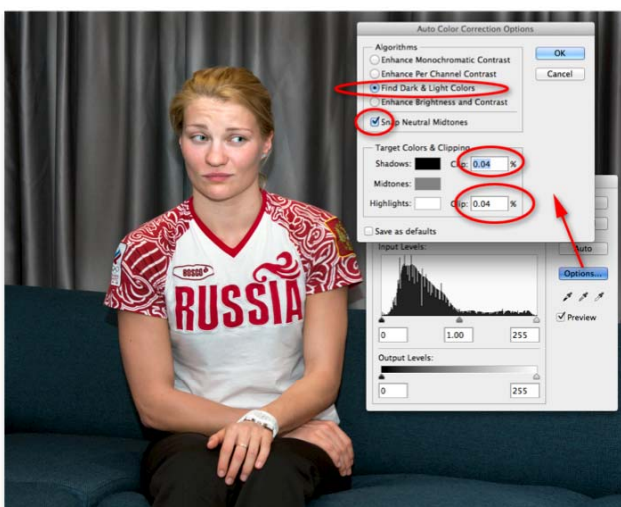
**Εικόνα 4.28.** Ο χρωματικός κύκλος φανερώνει τις σχέσεις των βασικών και συμπληρωματικών χρωμάτων. Στο επάνω τμήμα του κύκλου βρίσκονται τα θερμά χρώματα και στο κάτω τα ψυχρά. Κάθε χρώμα προκύπτει από τον συνδυασμό του προηγούμενου και του επόμενου από αυτό. Το συμπληρωματικό κάθε χρώματος είναι αυτό που βρίσκεται σε θέση  $180^\circ$  από αυτό (ακριβώς απέναντί του). Προσθέτοντας σε μια απόχρωση κόκκινο και πράσινο ουσιαστικά προσθέτουμε μόνο κίτρινο (επειδή το κόκκινο είναι ματζέντα και κίτρινο και το πράσινο ακυρώνει το ματζέντα σαν συμπληρωματικό του), που θα είναι το ίδιο αν απλά αφαιρέσουμε μπλε. Προσθέτοντας σε μια απόχρωση ματζέντα (ή κόκκινο και μπλε), ουσιαστικά αφαιρούμε πράσινο (ή κυανό και κίτρινο).

Σε μια εικόνα RGB το εργαλείο **Levels** μπορεί να ρυθμίζει συγχρόνως και τα τρία χρωματικά κανάλια ή κάθε ένα ξεχωριστά. Όταν στο σχετικό πλαίσιο διαλόγου είναι επιλεγμένο το σύνθετο κανάλι RGB, κάθε μετακίνηση των ολισθητήρων (input levels) επηρεάζει και τα τρία κανάλια στον ίδιο βαθμό. Επειδή όμως κάθε κανάλι είναι διαφορετικό από τα άλλα (αν ήταν ίδια, η εικόνα θα είχε μόνο τόνους του γκρι), μόνο όσα χρώματα είναι ουδέτερα παραμένουν ουδέτερα, τα υπόλοιπα συνήθως εμφανίζονται από περισσότερο έως πολύ κορεσμένα. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τους φωτεινούς τόνους (μετακίνηση λευκού ολισθητήρα) και λιγότερο για τους σκοτεινούς. Μπορούμε να δούμε ποια ακριβώς είναι τα χρώματα στα οποία αυξάνεται ο κορεσμός, αν εφαρμόσουμε προσωρινά τη λειτουργία Threshold (**Εικόνα 4.19**).

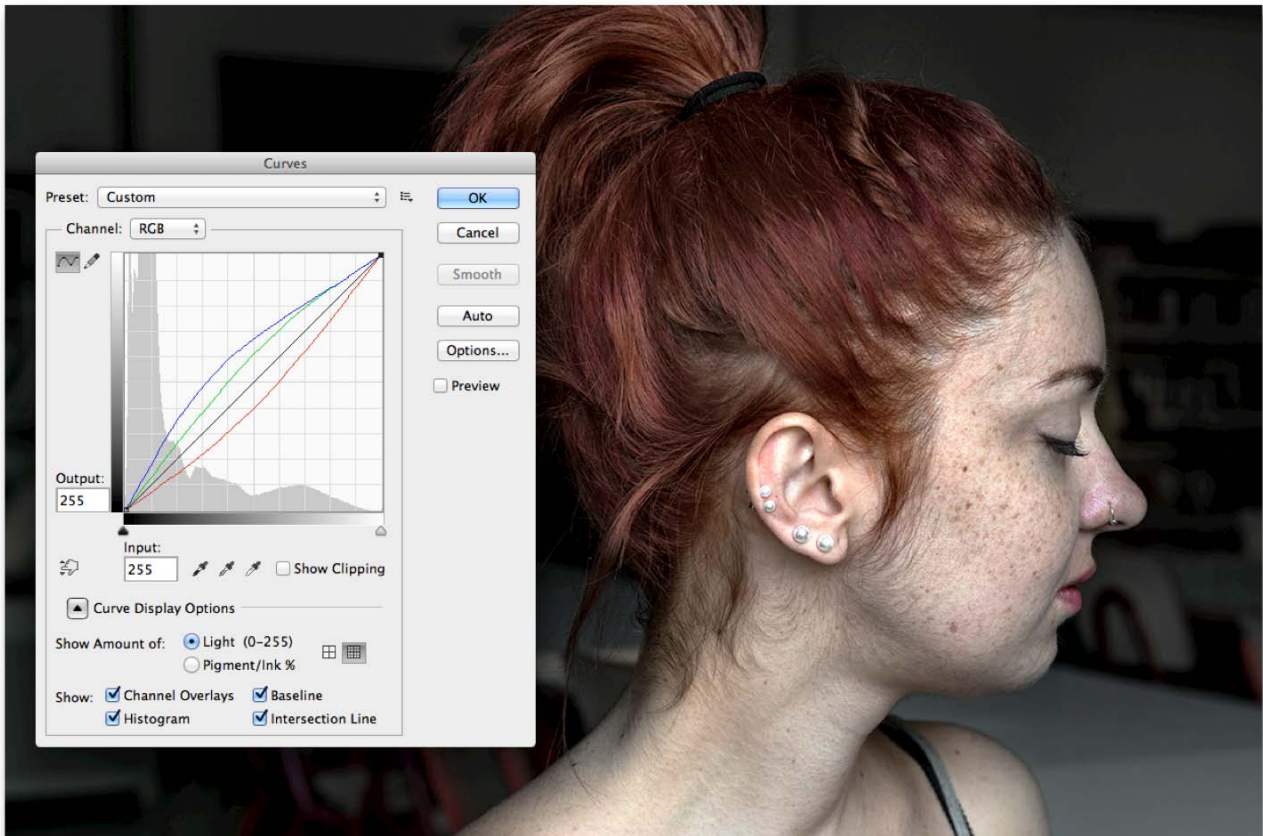
Αν είναι επιλεγμένο ένα κανάλι από τα τρία ανεξάρτητα χρωματικά κανάλια (**Εικόνα 4.29**), η ρύθμιση εφαρμόζεται αποκλειστικά στο δικό του ιστόγραμμα και αλλάζει το χρώμα της εικόνας.



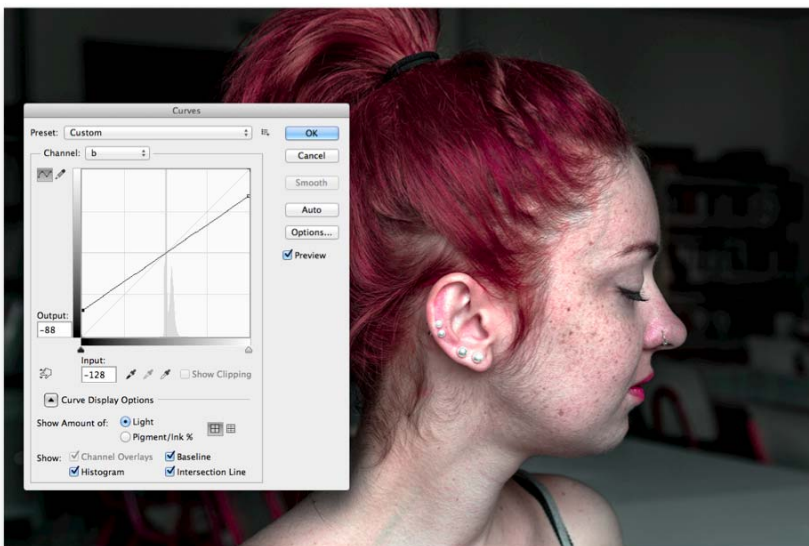
**Εικόνα 4.29.** Χρωματική διόρθωση σε εικόνα RGB. Επιλέγοντας το μπλε κανάλι και μετακινώντας τον μεσαίο ολισθητήρα προς τα δεξιά η εικόνα γίνεται πιο κίτρινη (λιγότερο μπλε) από την αρχική, γιατί αφαιρείται μπλε.



**Εικόνα 4.30.** Οι επιλογές (options) εμφανίζουν ένα πρόσθετο πλαίσιο διαλόγου με αλγόριθμους αυτοματοποίησης της χρωματικής ισορροπίας (Auto Levels, Auto Contrast και Auto Color). Δεν λειτουργούν το ίδιο αποτελεσματικά για την κάθε εικόνα αλλά είναι μια καλή αρχή. Ο αλγόριθμος Auto Color αναγράφεται ως «Find Dark and Light Colors»



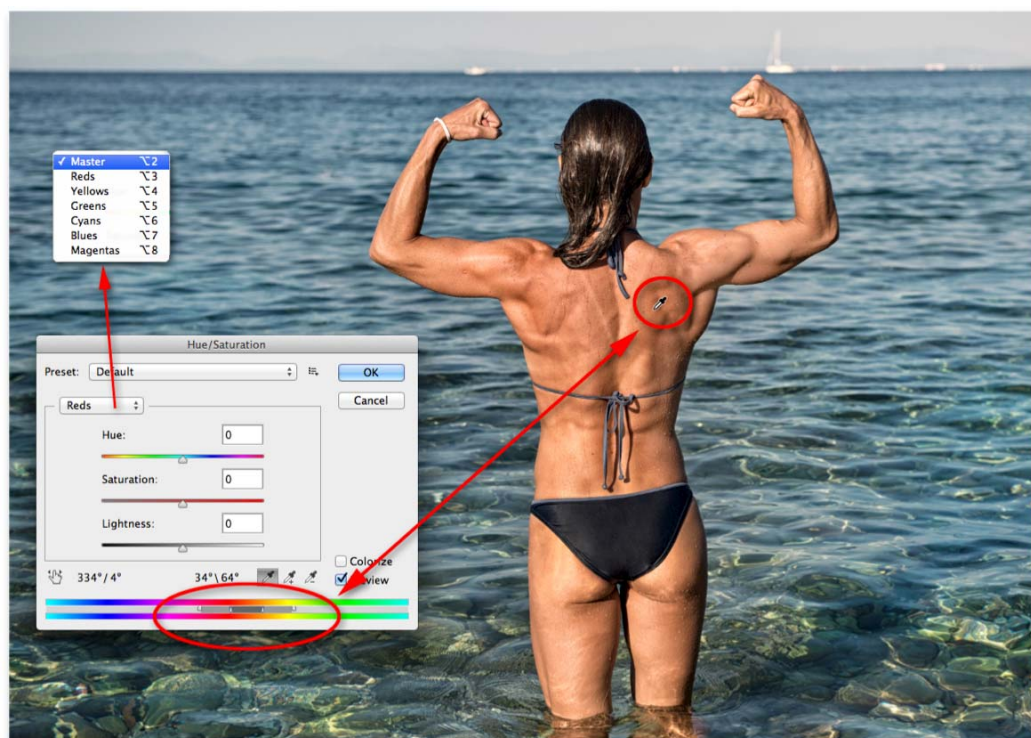
**Εικόνα 4.31.** Με το εργαλείο *Curves* μπορούμε να κάνουμε χρωματικές διορθώσεις διαμορφώνοντας τις καμπύλες για κάθε χρώμα ξεχωριστά. Οι αλγόριθμοι *Auto Levels*, *Auto Contrast* και *Auto Color* είναι επίσης διαθέσιμοι όπως και για το εργαλείο *Levels*.



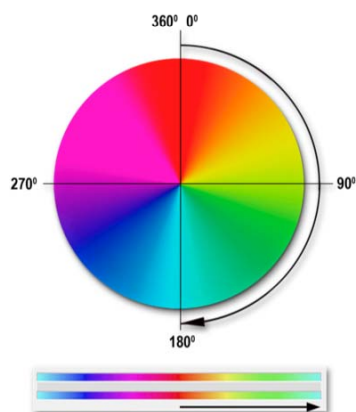
**Εικόνα 4.32.** Χρωματική διόρθωση στην ίδια εικόνα αλλά στο χρωματικό μοντέλο Lab. Τα διαθέσιμα κανάλια χρωματικής πληροφορίας είναι μόνο δύο, το *a* και το *b* που ορίζουν πόσο κόκκινα ή πράσινα και πόσο κίτρινα ή μπλε είναι τα εικονοστοιχεία της εικόνας αντίστοιχα.



Με το εργαλείο **Hue/Saturation** μπορούμε να ρυθμίσουμε τον βαθμό κορεσμού των χρωμάτων της εικόνας και να αλλάξουμε την απόχρωση συγκεκριμένων χρωμάτων. Το σημαντικό πλεονέκτημα του εργαλείου είναι ότι οι ρυθμίσεις των τριών παραμέτρων είναι πιο εύκολα κατανοητές (χρωματικό μοντέλο HSL) από αυτές του χρωματικού μοντέλου RGB, καθώς σχετίζονται με τον τρόπο που σκεφτόμαστε για τα χρώματα. Στο σχετικό πλαίσιο διαλόγου υπάρχει η δυνατότητα περιορισμού των χρωματικών περιοχών στις οποίες μπορούν να γίνουν διορθώσεις (πρωτεύοντα βασικά χρώματα RGB και τα συμπληρωματικά τους CMY). Στο κάτω μέρος εμφανίζεται η χρωματική κλίμακα που αναπαριστά την ανάπτυξη του χρωματικού κύκλου σε μια ευθεία (**Εικόνα 4.33**). Χρησιμοποιώντας τους ολισθητήρες μπορούμε να περιορίσουμε τη γκάμα των χρωμάτων που θέλουμε να ρυθμίσουμε ή να την επιλέξουμε αυτόματα χρησιμοποιώντας τους σχετικούς δειγματολήπτες (σταγονόμετρα).



**Εικόνα 4.33.** Με το εργαλείο Hue/Saturation μπορούμε να περιορίσουμε τη χρωματική γκάμα στην οποία κάνουμε διορθώσεις απόχρωσης, κορεσμού και φωτεινότητας.



**Εικόνα 4.33.** Η αντιστοίχιση του χρωματικού κύκλου στη χρωματική κλίμακα του εργαλείου Hue/Saturation. Οι τιμές που εμφανίζονται πάνω από την κλίμακα σε γωνιακές μοίρες περιγράφουν τη θέση των τεσσάρων ολισθητήρων στην περίμετρο του χρωματικού κύκλου. Τα διαστήματα ανάμεσα στους εξωτερικούς και εσωτερικούς ολισθητήρες ρυθμίζουν τον βαθμό διαφοράς που πρέπει να έχουν τα χρώματα που επιλέγονται, έτσι ώστε οι όποιες αλλαγές σε ένα νέο χρώμα να είναι ομαλές χωρίς διακριτά βήματα.



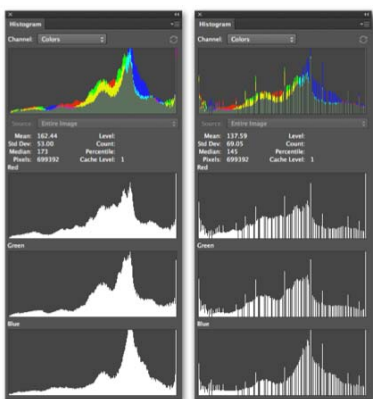
**Εικόνα 4.34.** Η αποτίμηση χρωματικών διορθώσεων είναι πιο εύκολα αντιληπτή όταν γίνεται συγκριτικά. Στη μεσαία σειρά βλέπουμε τρεις εικόνες με διαφορετικές ρυθμίσεις αντίθεσης (χαμηλή, κανονική και υψηλή από αριστερά προς τα δεξιά). Στην επάνω και κάτω σειρά η ίδια εικόνα με διαφορετικές ρυθμίσεις χρώματος, περισσότερο κόκκινο, πράσινο, μπλε και περισσότερο κίτρινο, ματζέντα και κυανό.

Σε μια έγχρωμη φωτογραφική εικόνα (RGB) είναι πιο εύκολο να αντιληφθούμε ποιο από τα έξι χρώματα (R G B C M Y) υπερισχύει από το να σκεφτούμε ποιο είναι το χρώμα που απουσιάζει. Η χρωματική αποτίμηση συνήθως ξεκινά από τη διαπίστωση του αν το χρώμα που πλεονάζει ανήκει στα θερμά ή ψυχρά χρώματα του χρωματικού κύκλου. Τα χρώματα που γειτνιάζουν στον χρωματικό κύκλο παρουσιάζουν μεγαλύτερη δυσκολία σύγκρισης (π.χ. το κίτρινο με το πράσινο, το ματζέντα με το μπλε ή το κόκκινο με το ματζέντα), απ' ό,τι τα χρώματα που έχουν διαφορά θέσης μεγαλύτερη από 90°.

#### 4.11 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Κάθε φορά που αλλάζουμε την κατανομή των τόνων μιας ψηφιογραφικής εικόνας σε μια νέα κλίμακα (διορθώσεις φωτεινότητας και χρωματικότητας) είμαστε αντιμέτωποι με μη αντιστρεπτή απώλεια δεδομένων, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό, με συνέπεια την απώλεια τονικής διαβάθμισης· η μετάβαση δηλαδή από τον ένα τόνο στον άλλο γίνεται σε διακριτά βήματα (posterization). Δύο βασικές καλές πρακτικές για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι:

- Επεξεργασία εικόνων με βάθος χρώματος μεγαλύτερο από 8-bit.
- Χρήση μη καταστροφικών τεχνικών, όπως η παραμετρική επεξεργασία σε στρώσεις (adjustment layers).



**Εικόνα 4.36.** Ιστογράμματα της ίδιας εικόνας μετά από την ίδια επεξεργασία σε αντίγραφα των 16-bit (αριστερά) και 8-bit (δεξιά). Η απώλεια τόνων στην εικόνα των 8-bit εμφανίζεται με κενά στο σχετικό ιστόγραμμα.

Οι εικόνες σε μορφότυπο JPEG δεν υποστηρίζουν βάθος χρώματος μεγαλύτερο από 8-bit με συνέπεια να είναι περισσότερο επιρρεπείς σε απώλειες δεδομένων κατά την επεξεργασία τους.



## 4.12 ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ

Η φωτογραφική ευκρίνεια αναφέρεται στο πόσο ξεκάθαρα φαίνεται αυτό που απεικονίζεται σε μια φωτογραφική αναπαραγωγή (βαθμός διαύγειας). Βασικό μέτρο ευκρίνειας είναι ο αντιληπτός βαθμός λεπτομέρειας της φωτογραφικής εικόνας· αυτό που επηρεάζει καθοριστικά τον βαθμό λεπτομέρειας είναι ο συνδυασμός οξύτητας και ανάλυσης της εικόνας.

- Η οξύτητα αναφέρεται στο πόσο οξεία (απότομη) είναι η μεταβολή φωτεινής (ή τονικής) πληροφορίας σε μια ακμή· η υψηλή οξύτητα έχει σαν αποτέλεσμα ακμές (μεταβολές τονικότητας) με ξεκάθαρα όρια ή αλλιώς με υψηλή αντίθεση (**Εικόνα 4.38**).
- Η ανάλυση περιγράφει την εγγενή ικανότητα διαχωρισμού λεπτομέρειας του (φωτογραφικού) συστήματος.

Η ευκρίνεια εξαρτάται και από παράγοντες όπως η απόσταση εικόνας-θεατή, ο θόρυβος της εικόνας και ο σχετικός χρόνος έκθεσης του αισθητήρα της φωτογραφικής μηχανής.

Μεγάλες εικόνες, όπως αυτές σε υπαίθρια διαφημιστικά, δεν απαιτούν υψηλές αναλύσεις, γιατί είναι σχεδιασμένες για να ειδωθούν από μακριά· όσο μικραίνει η απόσταση θέασης τόσο λιγότερο ευκρινής είναι η εικόνα που αναπαριστούν και τόσο περισσότερο ευκρινής είναι η δομή των εικονοστοιχείων (ράστερ εκτύπωσης) που την απαρτίζουν. Μια εκτύπωση ψεκασμού μελάνης υψηλής ποιότητας, σε ένα τυπικό μέγεθος 20×25 εκ., αν ειδωθεί από απόσταση μερικών μέτρων, δεν είναι πλέον ευκρινής, καθώς η λεπτομέρειά της δεν είναι ορατή.

Ο θόρυβος (το ανάλογο του κόκκου στο φωτογραφικό φιλμ) παρά το ότι θεωρείται εμβόλιμη και άχρηστη πληροφορία, με την έννοια ότι δεν συνεισφέρει στη δημιουργία της εικόνας, έχει ενίοτε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αντιληπτής οξύτητας μιας εικόνας, άρα και της ευκρίνειας· πολλές φορές χρησιμοποιείται για να αυξήσει τη φαινομενική οξύτητα θολών εικόνων.



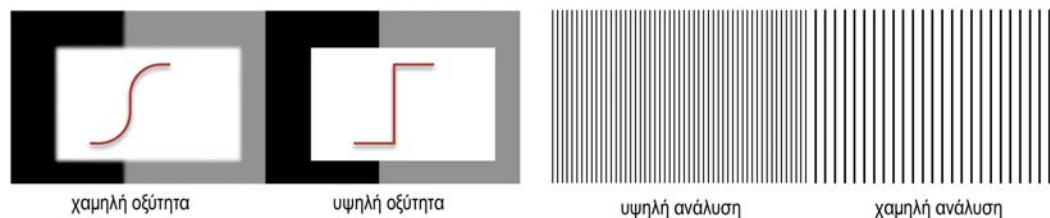
**Εικόνα 4.37.** Το αποτέλεσμα της πρόσθεσης θορύβου σε μια εικόνα.

Θολές (μη ευκρινείς) εικόνες δημιουργούνται όταν η έκθεση του αισθητήρα της μηχανής δεν είναι αρκετά σύντομη για να «παγώσει» την κίνηση του θέματος ή να αντιπαρέλθει τυχόν κίνηση της ίδιας της μηχανής κατά τη διάρκεια της λήψης.

Σε ότι αφορά στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές η **ανάλυση** προσδιορίζεται από τον ψηφιακό αισθητήρα ενώ η **ευκρίνεια** προσδιορίζεται από την απόδοση του φωτογραφικού φακού (οπτική ποιότητα και διάφραγμα λειτουργίας) και τον τρόπο επεξεργασίας των δεδομένων της εικόνας. Οι φωτογραφικοί φακοί δεν έχουν τα ίδια ποιοτικά χαρακτηριστικά ευκρίνειας σε όλα τα ανοίγματα διαφράγματος λειτουργίας. Στα μεγάλα ανοίγματα οι χρωματικές αποκλίσεις είναι περισσότερο έντονες ενώ στα μικρά τα

φαινόμενα περίθλασης μειώνουν την ευκρίνεια της εικόνας. Συνήθως, η βέλτιστη απόδοσή τους βρίσκεται στη μέση της κλίμακας ( $f/8 \sim f/11$ ).

*Μετά από τη φωτογραφική λήψη, η οξύτητα είναι η βασική παράμετρος ευκρίνειας η οποία μπορεί να ρυθμιστεί ψηφιακά.*



**Εικόνα 4.38.** Το μέτρο της οξύτητας και της ανάλυσης είναι καθοριστικά στην αντιληπτή ευκρίνεια (διαύγεια) της εικόνας.

### 4.13 ΟΞΥΝΣΗ

Η όξυνση αφορά στη αύξηση της οξύτητας των ακμών μιας εικόνας. Οι ακμές είναι περιοχές όπου συναντώνται φωτεινοί και σκοτεινοί τόνοι (εικονοστοιχεία). Κάνοντας τους σκοτεινούς τόνους πιο σκοτεινούς και τους φωτεινούς πιο φωτεινούς η εναλλαγή από τους μεν στους δε γίνεται απότομη (οξεία) δίνοντας έμφαση στην ακμή.

Στον αναλογικό σκοτεινό θάλαμο αυτό γινόταν με τη χρήση της **θολής μάσκας**<sup>45</sup> (**unsharp mask**). Στην ψηφιακή φωτογραφία αυτό επιτυγχάνεται ανιχνεύοντας τα σκοτεινά και φωτεινά εικονοστοιχεία που συνιστούν ακμές και, μειώνοντας τις τιμές φωτεινότητας των σκοτεινών και αυξάνοντας τις τιμές φωτεινότητας των φωτεινών· έτσι δημιουργείται ένας θολός δακτύλιος, μια άλως, γύρω από τις ακμές, με αποτέλεσμα την αύξηση της αντιληπτής οξύτητας και κατά συνέπεια της ευκρίνειας της εικόνας.

Τα διάφορα εργαλεία (φίλτρα) όξυνσης λειτουργούν αξιολογώντας κάθε εικονοστοιχείο ξεχωριστά ανιχνεύοντας τη διαφορά του με τα γειτονικά. Όταν η διαφορά αυτή φτάνει σε κάποιο (προρυθμισμένο ή ρυθμιζόμενο) όριο, το φίλτρο θεωρεί πως το εικονοστοιχείο συνιστά μέρος μιας ακμής, οπότε και αλλάζει την τιμή του ανάλογα. Το πρόβλημα με αυτή τη διαδικασία είναι ότι το φίλτρο δεν γνωρίζει αν η διαφορά φωτεινότητας αντιπροσωπεύει πραγματική πληροφορία εικόνας ή θόρυβο με αποτέλεσμα να αυξάνεται η οξύτητα αλλά και ο θόρυβος. Αυτό συνήθως αποφεύγεται σε ένα βαθμό με τη χρήση «έξυπνων φίλτρων» ή με επιλεκτική όξυνση περιοχών της εικόνας μέσω μασκών επικάλυψης. Μια πιο δραστική αντιμετώπιση πολλές φορές απαιτεί την αποθορυβοποίηση της εικόνας (το αντίθετο της όξυνσης) πριν από την εφαρμογή φίλτρων όξυνσης.

<sup>45</sup> Ο όρος «θολή μάσκα» προέρχεται από μια διαδικασία του αναλογικού σκοτεινού θαλάμου για την αύξηση της αντίθεσης (κοντράστ) των ακμών σε φωτογραφικές εκτυπώσεις. Η εκφώτιση του φωτογραφικού χαρτιού γινόταν διαμέσου ενός σάντουιτς ενός αντιγράφου του πρωτότυπου αρνητικού, ενός φύλλου γυαλιού και του πρωτότυπου αρνητικού. Το πάχος του γυαλιού εξασφάλιζε μια απόσταση ανάμεσα στα δύο αρνητικά και ως εκ τούτου την θολότητα του αντιγράφου καθώς κατά την εκφώτιση του χαρτιού ο φακός του μεγεθυντή εστιάζονταν στο επίπεδο του πρωτότυπου αρνητικού. Με αυτόν τον τρόπο, το ανεστίαστο (θολό) αντίγραφο δημιουργούσε μια μάσκα αντίθεσης αυξάνοντας την έκθεση στην φωτεινή πλευρά των ακμών και μειώνοντας την έκθεση στη σκοτεινή πλευρά των ακμών. Η τεχνική αυτή ονομάστηκε «θολή» επειδή η μάσκα αντίθεσης (το ανεστίαστο αρνητικό) ήταν θολή.



**Εικόνα 4.39.** Εικόνα χωρίς όξυνση (αριστερά), με όξυνση (μέσον) και με υπερβολική όξυνση (δεξιά). Στη δεξιά εικόνα αρχίζει και γίνεται εμφανής η άλως γύρω από τις ακμές.

#### 4.14 ΟΞΥΝΣΗ ΚΑΙ ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Μετά από τις τονικές και χρωματικές διορθώσεις, ο βαθμός οξύτητας έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στην ποιότητα αναπαραγωγής μιας εικόνας. Η αποτελεσματική διαχείριση της όξυνσης μιας φωτογραφικής εικόνας θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη σχέση ανάμεσα στη λεπτομέρεια της εικόνας και τον θόρυβο του συστήματος αναπαραγωγής, τις απαιτήσεις του περιεχομένου της εικόνας και τις ιδιαιτερότητες του συστήματος εξόδου της εικόνας.

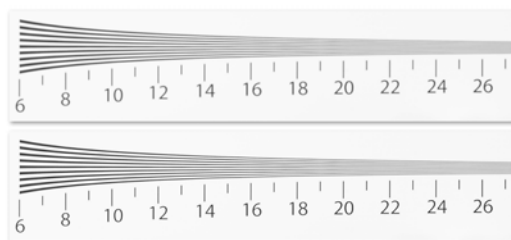
Για τους λόγους αυτούς η όξυνση συνήθως εφαρμόζεται σε τρία διακριτά στάδια:

- **Στο αρχικό** (αφορά την πρωτογενή εικόνα, την πηγή).
- **Στο δημιουργικό** (αφορά το περιεχόμενο της εικόνας).
- **Στο τελικό** (αφορά τη χρήση της εικόνας).

##### 4.14.1 Αρχικό Στάδιο

Οι ψηφιακές εικόνες, όταν δημιουργούνται (συλλαμβάνονται) από φωτογραφικές μηχανές ή από σαρωτές, έχουν διαφορετικούς εγγενείς βαθμούς ευκρίνειας, οι οποίοι προκύπτουν από την τεχνολογία του αισθητήρα (πλέγμα bayer ή αισθητήρας Foveon X3) ή από την εφαρμογή διάφορων φίλτρων, όπως π.χ. φίλτρων αναδίπλωσης (anti-aliasing filters) για την αποφυγή μοτίβων μουaré. Η ρύθμιση του βαθμού όξυνσης στο *αρχικό* στάδιο έχει σαν στόχο να εξαλείψει τυχόν εξομάλυνση (θόλωση) της εικόνας που προκύπτει από τέτοιους μηχανισμούς, αλλά και από την ποιότητα του φακού, ή το άνοιγμα του διαφράγματος· η διαδικασία συχνά αναφέρεται και ως «**όξυνση σύλληψης**». Κάθε φωτογραφικό σύστημα έχει διαφορετικές απαιτήσεις όξυνσης και η εφαρμογή της κρίνεται πάντα κατά περίπτωση.

Στην περίπτωση που οι εικόνες είναι μορφοποιημένες σε αρχεία JPEG, έχουν ήδη αυτόματα ενσωματώσει κάποιο βαθμό όξυνσης από το λογισμικό της φωτογραφικής μηχανής. Αν οι εικόνες είναι διαμορφωμένες ως αρχεία raw, ο εγγενής βαθμός όξυνσης από το λογισμικό της μηχανής αφορά μόνο την εικόνα προεπισκόπησης (εικόνα JPEG) και η όποια αλλαγή από τις ρυθμίσεις όξυνσης της μηχανής θα έχει εφαρμογή μόνο σε αυτή και όχι στα δεδομένα raw της λήψης.



**Εικόνα 4.40.** Πολλές ψηφιακές μηχανές έχουν εσωτερική ρύθμιση όξυνσης (για εικόνες JPEG και TIFF). Εικόνα (επάνω) χωρίς εφαρμογή εσωτερικής όξυνσης και με όξυνση (κάτω).

#### 4.14.2 Δημιουργικό Στάδιο

Στο δεύτερο στάδιο (**δημιουργική όξυνση**), η ρύθμιση αφορά τις διαφορετικές απαιτήσεις όξυνσης που έχουν οι διαφορετικές δομές της εικόνας: περιοχές εικόνας με υψηλή συχνότητα (πολλαπλές εναλλαγές φωτεινών και σκοτεινών τόνων, λεπτομέρεια, υφή) έχουν διαφορετικές απαιτήσεις όξυνσης απ' ότι περιοχές με χαμηλή συχνότητα (μονόχρωμες επιφάνειες, ουρανός κλπ). Ένα παράδειγμα εφαρμογής δημιουργικής όξυνσης είναι η επεξεργασία εικόνας πορτρέτου σε φωτογραφίες μόδας ή ομορφιάς, όπου η όξυνση εφαρμόζεται επιλεκτικά στα μάτια ή στα μαλλιά και ελάχιστα ή καθόλου στην επιδερμίδα. Η δημιουργική όξυνση συνήθως ενσωματώνεται στο αρχείο αναφοράς (master file).

#### 4.14.3 Τελικό Στάδιο

Με το πέρας της βελτιστοποίησης μιας ψηφιακής εικόνας και τη δημιουργία του τελικού αρχείου αναφοράς, μια τρίτη και τελική εφαρμογή όξυνσης είναι συνήθως απαραίτητη για να εξυπηρετήσει τις ιδιαίτερες ανάγκες της τελικής χρήσης της εικόνας και εφαρμόζεται σε αντίγραφα του αρχείου αναφοράς. Υπάρχουν τέσσερα βασικά συστήματα εξόδου (χρήσεις) εικόνας με διαφορετικές απαιτήσεις όξυνσης.

- Οθόνες (υπολογιστής, προβολέας κ.ά.).
- Εκτυπώσεις συνεχών τόνων, όπως οι ψηφιακές εκτυπώσεις σε φωτοχημικά χαρτιά.
- Εκτυπώσεις ψεκασμού μελάνης.
- Ημιτονικές εκτυπώσεις (όφσσετ κ.ά.).

Οι σωστές ρυθμίσεις για το κάθε σύστημα έχουν τον βαθμό δυσκολίας τους. Για παράδειγμα, όλες οι οθόνες δεν έχουν την ίδια ποιότητα απεικόνισης: αυτό σημαίνει ότι η κρίση για το τι είναι αρκετά ευκρινές και τι όχι είναι σχετική. Σε ότι αφορά στις εκτυπώσεις υπάρχει μια επιπρόσθετη δυσχέρεια αποτίμησης, καθώς τα εικονοστοιχεία της οθόνης θα αντιστοιχούν σε σημεία εκτύπωσης (χρωστικές μέσα σε γαλάκτωμα ή μελάνια πάνω σε διαφορετικά υποστρώματα), τα οποία όμως δεν έχουν παρόμοια δομή. Στις ημιτονικές εκτυπώσεις (ασπρόμαυρες ή τετραχρωμίες), για παράδειγμα, απαιτούνται περισσότερα από ένα εικονοστοιχεία για τον σχηματισμό μιας ημιτονικής κουκίδας εκτύπωσης. Στις εκτυπώσεις ψεκασμού μελάνης δεν υπάρχει άμεση αντιστοίχιση εικονοστοιχείων και κουκίδας εκτύπωσης, καθώς οι πυκνότητες δημιουργούνται από μικροσταγονίδια μελάνης και όχι από διακριτές κουκίδες εκτύπωσης. Μια εικόνα με υπερβολικό βαθμό όξυνσης στην οθόνη του υπολογιστή δεν σημαίνει ότι θα μεταφραστεί ως έχει και στην εκτύπωση: τα ματ χαρτιά εκτύπωσης, για παράδειγμα, απαιτούν συνήθως μεγαλύτερο βαθμό όξυνσης απ' ότι τα γυαλιστερά.

Σε κάθε περίπτωση ο μόνος σίγουρος τρόπος για την αποτίμηση του βαθμού οξύτητας είναι ο έλεγχος της τελικής χρήσης της εικόνας. Επειδή τα εργαλεία όξυνσης επιτελούν «καταστροφική» (μη αντιστρεπτή) επεξεργασία, γενικά, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στο τελευταίο στάδιο της οποίας επεξεργασίας.

## 4.15 ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Το βασικό εργαλείο (φίλτρο) όξυνσης στις εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας είναι η **Θολή Μάσκα (Unsharp Mask - USM)**. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές του ίδιου εργαλείου και αυτές συνήθως αφορούν μη ελεγχόμενες προρυθμίσεις ή επιλογές παραμετροποίησης της επιλεκτικής εφαρμογής του φίλτρου. Τέτοιες παραλλαγές είναι τα φίλτρα Sharpen, Sharpen edges και Sharpen More.

Οι βασικές ρυθμίσεις του εργαλείου USM είναι:

**Amount** (Ποσότητα): Ορίζει την ένταση των θολών δακτυλίων (άλως) γύρω από τα εικονοστοιχεία, δηλαδή την αντίθεση γύρω από τις ακμές και συνήθως εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό.

**Radius** (Ακτίνα): Ορίζει το εύρος των θολών δακτυλίων δηλαδή την έκταση εφαρμογής της όξυνσης γύρω από μια ακμή. Η επιθυμητή ρύθμιση ιδανικά θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένη στη μικρότερη λεπτομέρεια της εικόνας.

**Threshold** (Κατώφλι):<sup>46</sup> Ορίζει τον βαθμό αντίθεσης (κοντράστ) ανάμεσα στα εικονοστοιχεία πέραν του οποίου το φίλτρο θα θεωρήσει ότι συνιστούν ακμή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιλεκτική όξυνση ακμών περιορίζοντας τη δράση του φίλτρου σε πιο έντονες διαφορές φωτεινότητας αποφεύγοντας έτσι την όξυνση του θορύβου. Αναφέρεται και ως **masking**.

Τα φίλτρα Sharpen, Sharpen More και Sharpen Edges αφορούν προρυθμισμένη όξυνση· δημιουργούν μια άλω ενός εικονοστοιχείου για τη φωτεινή πλευρά της ακμής και μια άλλη ενός εικονοστοιχείου για τη σκοτεινή. Η άλως φτάνει στη μέγιστη ένταση (λευκό και μαύρο αντίστοιχα), όταν η διαφορά φωτεινότητας στην ακμή είναι 169 φορές. Η όποια εφαρμογή τους μπορεί να επιτευχθεί σε παρόμοιο βαθμό με το φίλτρο USM (Fraser 2007). Πολλαπλές εφαρμογές αυτών των φίλτρων μπορεί να καταστρέψουν την εικόνα.

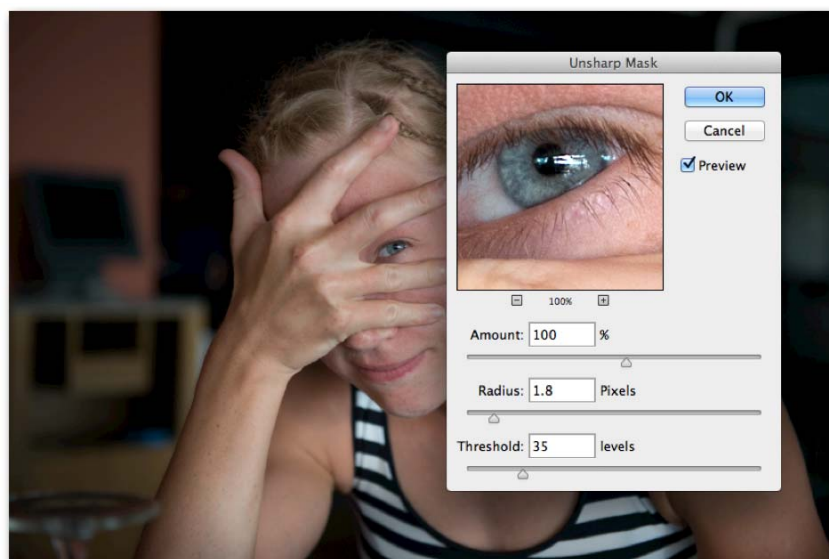
Επειδή τα φίλτρα αυτά εφαρμόζουν μια ρύθμιση ανεξάρτητα από το μέγεθος της εικόνας τα αποτελέσματα μπορεί να είναι υπερβολικά για μια εικόνα π.χ. πλάτους 800 εικονοστοιχείων και ανεπαίσθητα για μια εικόνα πλάτους 7000 εικονοστοιχείων.

Πιο αποτελεσματική εφαρμογή των φίλτρων μπορεί να γίνει αν χρησιμοποιηθούν σε αντίγραφα της εικόνας που βρίσκονται σε υπερκείμενη του παρασκήνιου (background) στρώση (level), η αδιαφάνεια της οποίας, άρα και ο βαθμός εφαρμογής του φίλτρου, είναι ελεγχόμενη (**Εικόνα 4.42**).

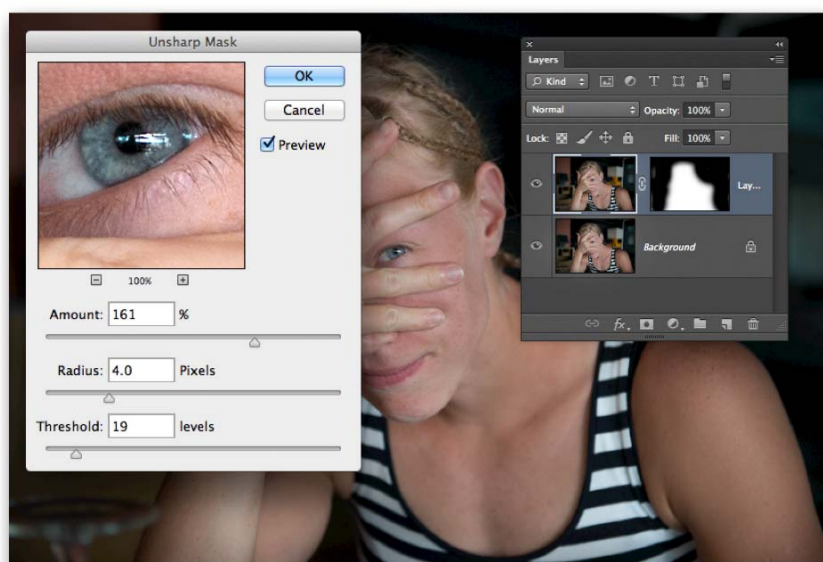
---

<sup>46</sup> Κατώφλι: Όριο, το όριο πέραν του οποίου.





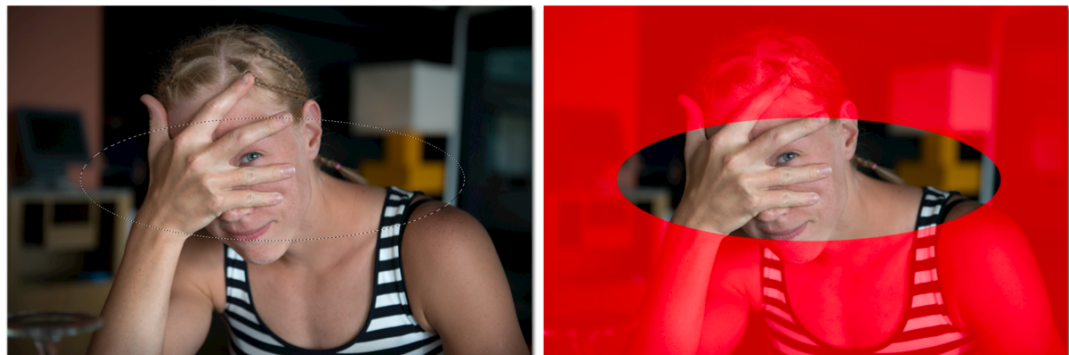
**Εικόνα 4.41.** Οι ρυθμίσεις του εργαλείου Unsharp Mask.



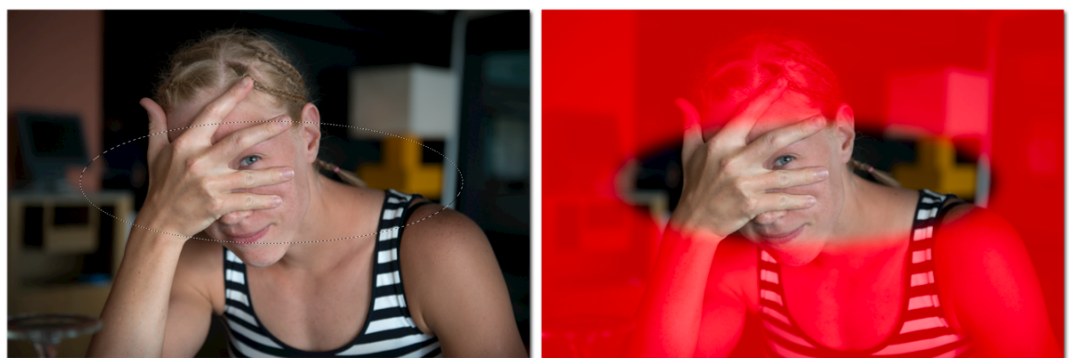
**Εικόνα 4.42.** Εφαρμογή του εργαλείου USM σε υπερκείμενη στρώση με συνοδευτική μάσκα για την επιλεκτική εφαρμογή όξυνσης.

#### 4.16 ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΣ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ανάγκη για επιλεκτική επεξεργασία περιοχών μιας ψηφιογραφικής εικόνας οφείλεται στο γεγονός ότι όλα τα συστήματα φωτογραφικής αναπαραγωγής αντιμετωπίζουν τη φωτογραφική εικόνα σαν ένα πλέγμα φωτεινής πληροφορίας και όχι σαν ξεχωριστές ενότητες, σαν επιφάνειες που συγκροτούν αντικείμενα. Επειδή διαφορετικά αντικείμενα (επιφάνειες) μπορεί να έχουν διαφορετικές απαιτήσεις απεικόνισης σε σχέση με την υπόλοιπη σκηνή μιας εικόνας, η εμφάνισή τους δεν είναι πάντοτε και η επιθυμητή. Μπορεί για παράδειγμα, να χρειαστεί να αυξήσουμε την αντίθεση μιας εικόνας, αλλά να διαπιστώσουμε ότι ο βαθμός διόρθωσης είναι υπερβολικός για κάποιες περιοχές. Η λύση στο πρόβλημα είναι να γίνει επιλεκτική επεξεργασία μόνο στις περιοχές της εικόνας που επιθυμούμε. Για να γίνει επιλεκτική επεξεργασία συγκεκριμένων περιοχών της εικόνας, θα πρέπει να επιλεγούν τα εικονοστοιχεία που τις συγκροτούν ή αλλιώς, να απομονωθούν τα εικονοστοιχεία που δεν θέλουμε να επηρεαστούν από την επικείμενη επεξεργασία.

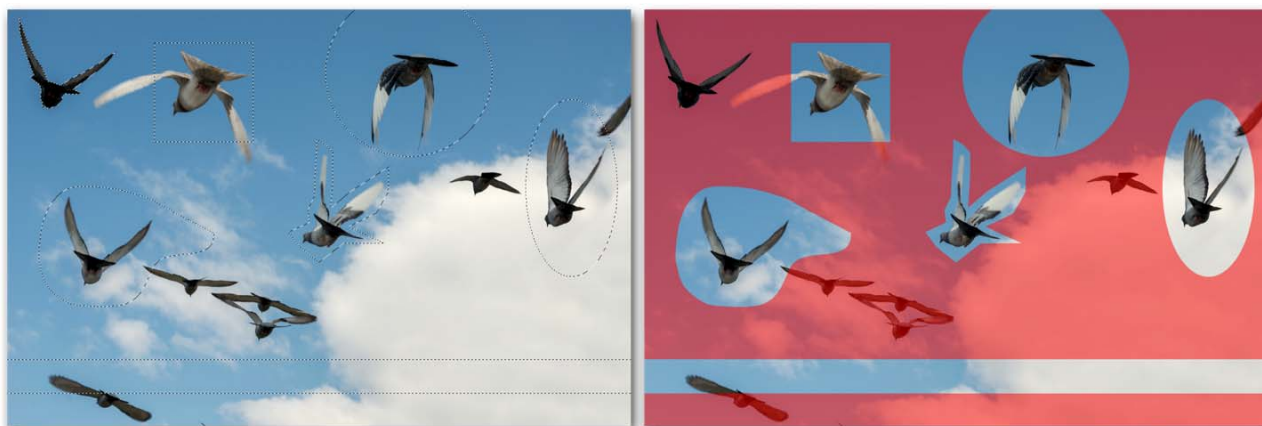


**Εικόνα 4.43.** Μια ενεργή επιλογή (αριστερά) και η μάσκα που αντιστοιχεί σε αυτή. Η επιλογή εικονοστοιχείων αφορά στη δημιουργία μιας μάσκας η οποία καλύπτει και «προστατεύει» τα εικονοστοιχεία που δεν επιλέγονται.



**Εικόνα 4.44.** Η μάσκα της προηγούμενης εικόνας με εφαρμογή ενός φίλτρου θόλωσης (δεξιά) και αντίστοιχη ενεργή επιλογή (αριστερά) η οποία φαίνεται πανομοιότυπη με την προηγούμενη. Ο μόνος (σίγουρος) τρόπος να εξετάσουμε τι ακριβώς έχει επιλεγεί είναι η μάσκα.

Η επιλογή γίνεται με εργαλεία τα οποία μπορούν να επιλέγουν εικονοστοιχεία με βάση την τοποθεσία τους, το χρώμα τους ή και με συνδυασμό των δύο. Τα εργαλεία που επιλέγουν εικονοστοιχεία με βάση τη θέση τους είναι σχεδιαστικά εργαλεία με τα οποία ο χρήστης μπορεί να σημαδέψει (να μαρκάρει) την περιοχή που επιθυμεί να επιλέξει, χρησιμοποιώντας προεπιλεγμένα ορθογώνια ή ελλειπτικά σχήματα (**Marquee tools**) ή ελεύθερα σχήματα (**Lasso tools**).



**Εικόνα 4.45.** Επιλογές με σχεδιαστικά εργαλεία (*Marquee, Lasso*) και οι αντίστοιχες μάσκες.

Τα εργαλεία που επιλέγουν εικονοστοιχεία με βάση το χρώμα τους (**Magic Wand, Color Range**) χρησιμοποιούν την τιμή ενός δείγματος που επιλέγει ο χρήστης για να ανιχνεύσουν εικονοστοιχεία με την ίδια (ή παρόμοια) τιμή. Η επιλογή μπορεί να γίνει και με βάση πρόσθετους όρους και σε ότι αφορά το δείγμα αλλά και στα εικονοστοιχεία. Ενδεικτικά:

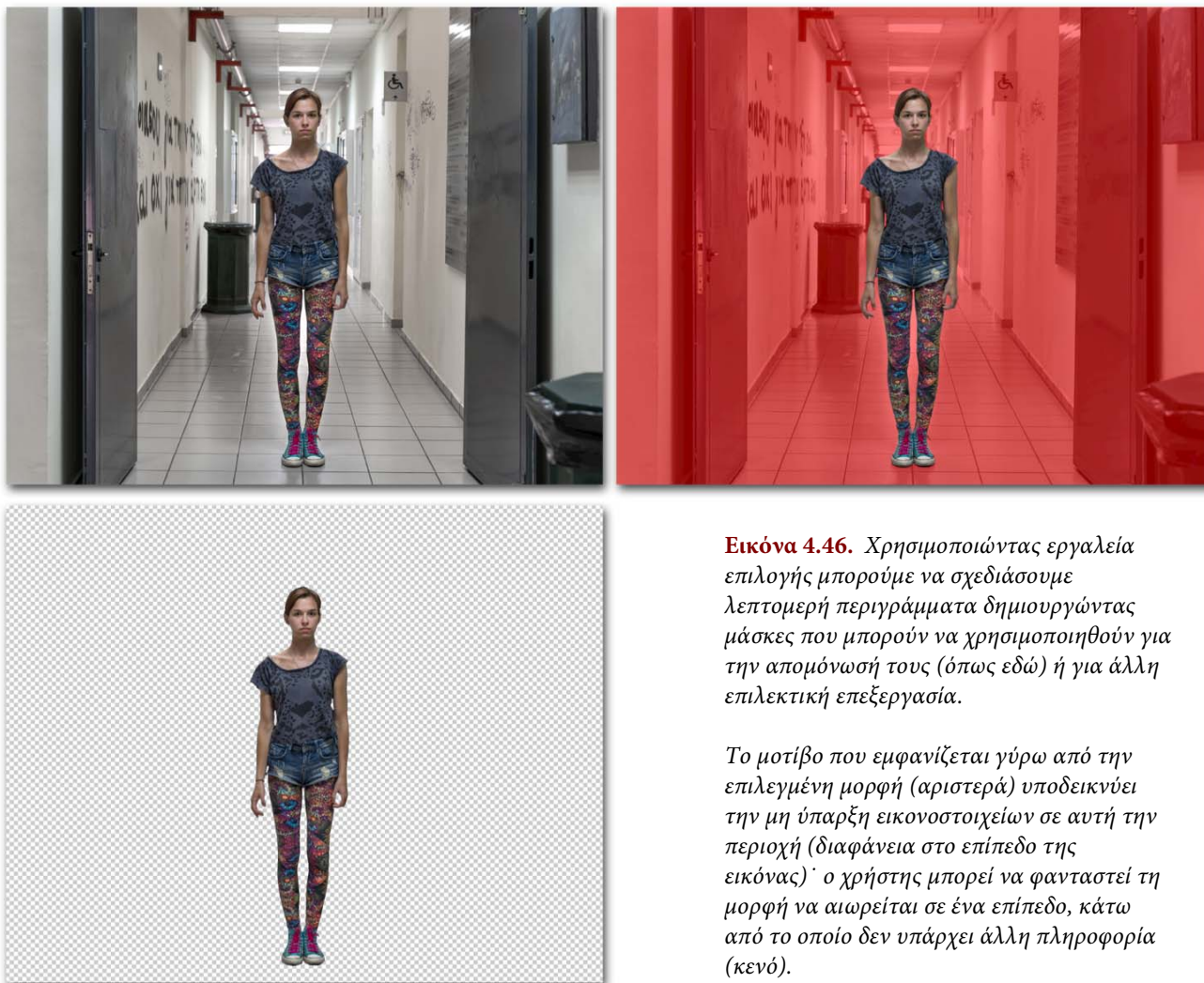
- Το δείγμα μπορεί να είναι από ένα μόνο εικονοστοιχείο (σημειακό, **point sample**) ή το άθροισμα περισσοτέρων (3×3, 5×5 κλπ).
- Ο βαθμός ομοιότητας (τιμές) των εικονοστοιχείων μπορεί να είναι μικρός ή μεγάλος (**tolerance**).
- Τα εικονοστοιχεία μπορεί να γειτνιάζουν ή όχι (**contiguous**)
- Τα εικονοστοιχεία μπορεί να επιλεγούν ανεξάρτητα από το αν ανήκουν στο προσκήνιο (background) ή σε άλλη στρώση (layer) της εικόνας.

#### 4.16.1 Η Μάσκα Προστασίας

Ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο επιλέγονται τα εικονοστοιχεία, η βασική ιδέα είναι ότι για τα εικονοστοιχεία που δεν επιλέγονται δημιουργείται αυτόματα μια (προσωρινή) μάσκα προστασίας (Quick Mask), η οποία και τα προστατεύει από την όποια αλλαγή. Η μάσκα δημιουργείται σε ένα άλλο επίπεδο λειτουργίας της εφαρμογής το οποίο λέγεται **λειτουργία Μάσκας (QuickMask Mode)**, διαφορετικό από το κανονικό (Standard Mode), το οποίο δεν είναι άμεσα εμφανές· στο επίπεδο λειτουργίας Quick Mask κάθε επεξεργασία επηρεάζει αποκλειστικά τη μάσκα και όχι τα εικονοστοιχεία της εικόνας. Επειδή η προστατευτική μάσκα λειτουργεί σαν πληροφορία εικόνας, είναι δυνατή η επεξεργασία της· μπορεί να ρυθμιστεί η διαφάνειά της, να διαγραφεί, να ζωγραφιστεί χρησιμοποιώντας το μαύρο σαν χρώμα προσκηνίου (foreground color), να διαγραφεί χρησιμοποιώντας το λευκό σαν χρώμα προσκηνίου, να αλλάξει το περίγραμμα και οι ακμές της κλπ. Επειδή η μάσκα λειτουργεί σαν υπερκείμενη στρώση της βασικής εικόνας, τα χαρακτηριστικά της καθορίζουν ποια εικονοστοιχεία (και σε ποιο βαθμό) επικαλύπτονται και κατ' επέκταση ποια επιλέγονται για επεξεργασία.

**Σημείωση:** Τα εργαλεία επιλογής λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο ανεξάρτητα από το επίπεδο πληροφορίας της εικόνας στο οποίο εφαρμόζονται. Το τι ακριβώς επιλέγεται εξαρτάται από το περιεχόμενο του επιπέδου πληροφορίας (παρασκήνιο, στρώση, κανάλι κλπ).





**Εικόνα 4.46.** Χρησιμοποιώντας εργαλεία επιλογής μπορούμε να σχεδιάσουμε λεπτομερή περιγράμματα δημιουργώντας μάσκες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομόνωσή τους (όπως εδώ) ή για άλλη επιλεκτική επεξεργασία.

Το μοτίβο που εμφανίζεται γύρω από την επιλεγμένη μορφή (αριστερά) υποδεικνύει την μη ύπαρξη εικονοστοιχείων σε αυτή την περιοχή (διαφάνεια στο επίπεδο της εικόνας)· ο χρήστης μπορεί να φανταστεί τη μορφή να αιωρείται σε ένα επίπεδο, κάτω από το οποίο δεν υπάρχει άλλη πληροφορία (κενό).

## 4.17 ΕΙΚΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

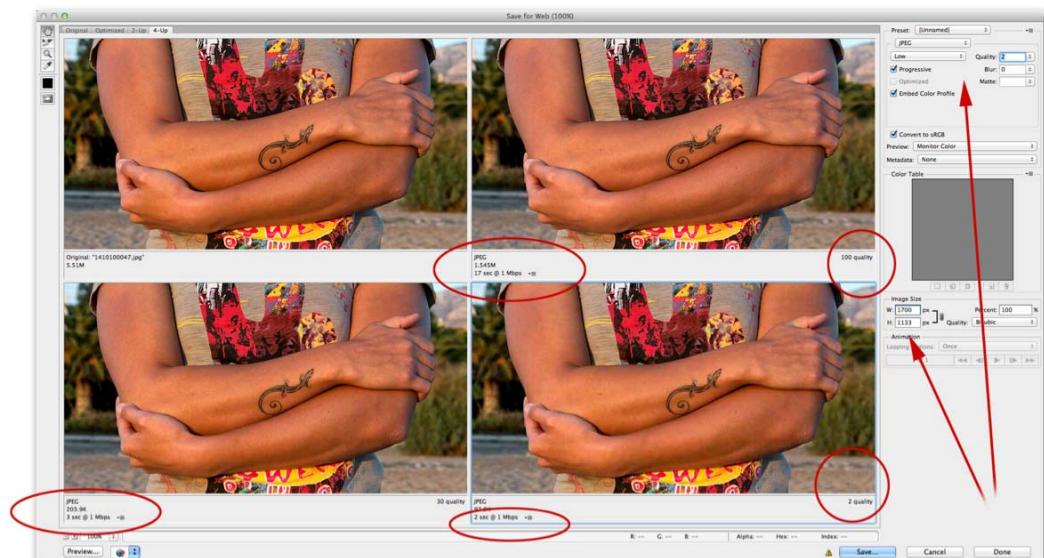
Οι προδιαγραφές των εικόνων που προορίζονται για το διαδίκτυο (δικτυακή διανομή) διαφοροποιούνται απ' αυτές των εικόνων που προορίζονται για εκτύπωση ή για τοπική χρήση (άμεση προβολή) στην οθόνη του υπολογιστή. Οι λόγοι είναι γιατί οι εφαρμογές περιήγησης δεν υποστηρίζουν όλους τους μορφότυπους ψηφιακών εικόνων και γιατί ο χρόνος μεταφοράς των δεδομένων εικόνας στην προσωρινή μνήμη του υπολογιστή (κατέβασμα αρχείου) είναι σημαντικός. Η τελική δηλαδή διαμόρφωση της εικόνας απαιτεί διαφορετική βελτιστοποίηση. Οι διαθέσιμοι μορφότυποι που υποστηρίζονται από όλες τις εφαρμογές περιήγησης είναι οι **GIF**, **JPEG** και **PNG**.

Η βελτιστοποίηση ψηφιακών εικόνων για χρήση στο διαδίκτυο γίνεται επιλέγοντας τον κατάλληλο μορφότυπο αρχείου ως αρχείο εξόδου από την όποια εφαρμογή επεξεργασίας. Ένα χρήσιμο σχετικό εργαλείο έχει ενσωματωθεί στην εφαρμογή Adobe Photoshop το οποίο και επιτρέπει τη βελτιστοποίηση ενός αντιγράφου του αρχείου εργασίας με την επιθυμητή παραμετροποίηση. Το εργαλείο αυτό είναι διαθέσιμο μέσω της εντολής Save for Web.

| Μορφότυποι Εικόνας για Χρήση στο Διαδίκτυο |          |                                                                                                    |                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Όνομα                                      | Κατάληξη | Δεδομένα                                                                                           | Χαρακτηριστικά                                                                                                                                                               |
| GIF<br>Graphic Interchange Format          | .gif     | 8-bit ανά εικονοστοιχείο<br>Από 2 έως 256 χρώματα τα οποία επιλέγει από εικόνα 24-bit<br>Animation | Περιορισμένη χρωματικά γκάμα<br>Δεν είναι κατάλληλο για εικόνες συνεχών τόνων (φωτογραφίες)<br>Κατάλληλο για γραφικά (χωροδιακριτά ή πλακάτα χρώματα)<br>Απώλεστική συμπίεση |
| JPEG<br>Joint Photographic Experts Group   | .jpg     | 24-bit (8-bit ανά χρώμα)<br>Υποστηρίζει 12 προρυθμισμένες σχέσεις συμπίεσης/ποιότητας              | Κατάλληλο για εικόνες συνεχών τόνων (φωτογραφίες)<br>Δεν είναι το βέλτιστο για εικόνες με μεγάλες μονοχρωματικές επιφάνειες<br>Δεν είναι κατάλληλο για γραφικά               |
| PNG<br>Portable Network Graphics           | .png     | 24-bit / 32-bit                                                                                    | Μη απώλεστική συμπίεση<br>Καλύτερες επιδόσεις από το GIF<br>Υποστηρίζει διαφάνεια (με ή χωρίς alpha channel)<br>Ιδανικό για γραφικά και εικόνες συνεχών τόνων (φωτογραφίες)  |

**Πίνακας 4.1.** Μορφότυποι αρχείων εικόνας που υποστηρίζονται από εφαρμογές περιήγησης (browsers).

Επειδή κάθε εικόνα που προορίζεται για το διαδίκτυο είναι (σχεδόν) πάντα ένα μικρότερο παράγωγο της αρχικής φωτογραφικής λήψης, σημαίνει ότι η ευκρίνειά της θα είναι μειωμένη. Η επιλογή του βέλτιστου βαθμού όξυνσης της εικόνας είναι καθοριστική για την ποιοτική της αναπαράσταση.



**Εικόνα 4.47.** Το γραφικό περιβάλλον του εργαλείου Save for Web.



## 4.18 ΕΚΤΥΠΩΣΗ

Δύο είναι τα βασικά μεγέθη που ενδιαφέρουν σε μια εκτύπωση, οι φυσικές διαστάσεις της εικόνας και η (πιστή) χρωματική αναπαραγωγή. Το πρώτο εξαρτάται από την ανάλυση της εικόνας σε εικονοστοιχεία (Pixel Resolution) και από την ανάλυση εξόδου του εκτυπωτή (το πόσα εκτυπώσιμα εικονοστοιχεία, «κουκίδες εκτύπωσης», μπορεί να παραθέσει σε μια μονάδα μήκους). Το δεύτερο εξασφαλίζεται από τη διαχείριση της μετατροπής των τιμών των εικονοστοιχείων της εικόνας στις τιμές του χρωματικού χώρου της εκτύπωσης και υλοποιείται είτε από την εφαρμογή επεξεργασίας (π.χ. Adobe Photoshop) είτε από το λογισμικό του οδηγού του εκτυπωτή.

### 4.18.1 Οι Διαστάσεις

Γενικά, είναι καλή πρακτική η εκτύπωση εικόνας να γίνεται χωρίς κλιμάκωση, χωρίς δηλαδή να αλλάξει η εγγενής ανάλυση της εικόνας σε εικονοστοιχεία. Αν το φυσικό μέγεθος της εκτύπωσης είναι γνωστό εκ των προτέρων, είναι προτιμότερο να δημιουργηθεί ένα βέλτιστο παράγωγο αρχείο από το αρχείο αναφοράς, αποκλειστικά για την εκτύπωση. Οι διαστάσεις της εκτύπωσης μπορεί να υπολογιστούν από την σχέση:

$$\text{διάσταση εκτύπωσης} = \frac{\text{πλήθος εικονοστοιχείων (pixel resolution)}}{\text{ανάλυση εξόδου (document resolution)}}$$

Μία ψηφιακή εικόνα δηλ. με διαστάσεις 3000 × 2400 pixels και ανάλυση εξόδου 300 ppi θα έχει φυσικές διαστάσεις 10 × 8 ίντσες (25,4 × 20,32 εκατοστά) καθώς:

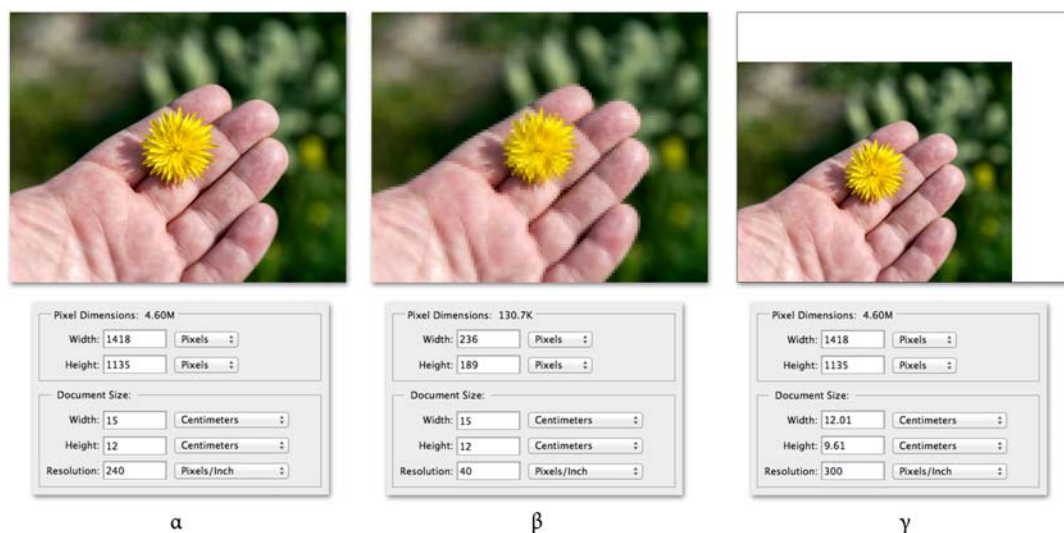
$$3000 \text{ px} / 300 \text{ ppi} = 10 \text{ in} \text{ και } 2400 \text{ px} / 300 \text{ ppi} = 8$$

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει οι τρεις αυτές παράμετροι μπορούν να οριστούν στο πλαίσιο διαλόγου Image Size και χρησιμοποιούνται από τον εκτυπωτή για να καθορίσει τις διαστάσεις εκτύπωσης.

Αν γνωρίζουμε την ανάλυση εκτύπωσης και δεν επιθυμούμε να αλλάξουμε την ανάλυση της εικόνας σε εικονοστοιχεία, μπορούμε να υπολογίσουμε τις διαστάσεις της τυπωμένης εικόνας χρησιμοποιώντας το πλαίσιο διαλόγου Image Size<sup>47</sup> απενεργοποιούμε τη λειτουργία Resample (επαναδειγματοληψία) και εισάγουμε την ανάλυση του εκτυπωτή στο πεδίο Resolution (**Εικόνα 4.7**). Αλλάζοντας ένα από τα τρία μεγέθη επηρεάζονται τα άλλα δύο (**Εικόνα 4.48**).

Οι επιτραπέζιοι εκτυπωτές ψεκασμού μελάνης (inkjet printers) δεν τυπώνουν διακριτές κουκίδες που αντιστοιχούν σε εικονοστοιχεία της εικόνας όπως συμβαίνει στις ημιτονικές εκτυπώσεις (εκτύπωση όφσετ), όπου η ανάλυση της εκτύπωσης καθορίζεται από την πυκνότητα των γραμμών της οθόνης του ράστερ<sup>47</sup> (lines per inch - lpi). Στις ημιτονικές εκτυπώσεις η ανάλυση της ψηφιακής εικόνας θα πρέπει να είναι περίπου διπλάσια από την ανάλυση του ράστερ<sup>47</sup> αν δηλαδή το ράστερ εκτύπωσης έχει ανάλυση 150 lpi το αρχείο εικόνας θα πρέπει να έχει ανάλυση 300 ppi.

<sup>47</sup> Ισχύει για «συμβατικά» ράστερ σταθερού βήματος, όπου οι θέσεις εκτύπωσης είναι ισαπέχουσες (σταθερή χωρική συχνότητα) και η τονικότητα εξαρτάται από το μέγεθος της κουκίδας.



**Εικόνα 4.48.** Παρά το γεγονός ότι η εικόνα γ έχει ακριβώς την ίδια ανάλυση με την εικόνα α, έχει μικρότερες φυσικές διαστάσεις από αυτή γιατί η ανάλυση εξόδου είναι υψηλότερη (300 αντί 200ppi). Η εικόνα β έχει τις ίδιες φυσικές διαστάσεις με την εικόνα α αλλά χαμηλότερη ανάλυση (λιγότερα εικονοστοιχεία) με αποτέλεσμα η ποιότητά της να μην είναι η ίδια.

Οι εκτυπωτές inkjet ψεκάζουν σταγονίδια μελάνης (συνήθως σταθερής, αλλά και μεταβαλλόμενης ποσότητας) και ο όρος dpi αναφέρεται στην ανάλυση της κεφαλής του εκτυπωτή: μια κεφαλή με 360 ακροφύσια ανά ίντσα μπορεί να ψεκάσει 360 σταγονίδια μελάνης ανά γραμμική ίντσα. Ενώ διαθέτουν μια σταθερή εγγενή ανάλυση<sup>48</sup> (π.χ. 360 dpi), έχουν τη δυνατότητα να εκτυπώσουν σε μια ευρύτερη γκάμα αναλύσεων μεταβάλλοντας το βήμα σάρωσης της κεφαλής πάνω από το χαρτί εκτύπωσης ή τη θέση εκτύπωσης των σταγονιδίων (χωρική συχνότητα) ή και τα δύο. Τυπικές αναλύσεις εκτυπωτών κυμαίνονται από 360 έως και 2880 dpi. Μπορεί δηλαδή να χρησιμοποιηθούν χαμηλές αναλύσεις εκτύπωσης για πιο γρήγορες αλλά χαμηλότερης ποιότητας εκτυπώσεις και υψηλές αναλύσεις για ποιοτικές εκτυπώσεις (μεγαλύτερη ευκρίνεια σε περισσότερο χρόνο και με περισσότερο μελάνι).

Δεν υπάρχει κάποιος τρόπος υπολογισμού μιας βέλτιστης ανάλυσης εικόνας για ποιοτικές εκτυπώσεις καθώς αυτή εξαρτάται τόσο από τη φύση του θέματος της εικόνας (εικόνες συνεχών τόνων, γραμμικές εικόνες κλπ) αλλά και από την τεχνολογία του εκτυπωτή. Επιπρόσθετα, οι κατασκευαστές εκτυπωτών ψεκασμού μελάνης δεν δημοσιοποιούν την εγγενή ανάλυση των εκτυπωτών. Γενικά, μια ανάλυση εξόδου εικόνας από 180 έως και 1440 ppi θεωρείται ικανοποιητική. Για εκτυπώσεις έγχρωμων φωτογραφικών εικόνων σε εκτυπωτές ψεκασμού μελάνης, σε χαρτιά φωτογραφικής ποιότητας, οι αναλύσεις από 240 έως 300 ppi θεωρούνται ιδανικές.

<sup>48</sup> Αν το προς εκτύπωση αρχείο σταλεί στον οδηγό του εκτυπωτή, στην εγγενή ανάλυση του εκτυπωτή δεν θα χρειαστεί να κλιμακωθεί (κάτι που συνήθως γίνεται με τον αλγόριθμο παρεμβολής κοντινότερου γείτονα) και θεωρητικά η ποιότητα των δεδομένων που θα μετατραπεί από το RIP (Raster Image Processor) σε εκτυπώσιμη πληροφορία θα είναι η βέλτιστη. Δυστυχώς οι εταιρίες κατασκευής φωτογραφικών εκτυπωτών σχεδόν ποτέ δεν αποκαλύπτουν την εγγενή ανάλυση των εκτυπωτών τους.



**Εικόνα 4.49.** Οι εκτυπωτές ψεκασμού μελάνης είναι οι δημοφιλέστεροι εκτυπωτές για φωτογραφικές εικόνες. Εκτός από την υψηλή ποιότητα εκτύπωσης έχουν αποδεσμεύσει τους φωτογράφους από την σχέση εικόνας-φωτοχημικού χαρτιού επιτρέποντας την εκτύπωση εικόνων σε μια μεγάλη γκάμα υποστρωμάτων με εξαιρετικά αρχαιακά χαρακτηριστικά λόγω της χρήσης μελανιών με βάση ανόργανους χρώστες (πιγμέντα).

#### 4.18.2 Το Χρώμα

Κάθε εκτύπωση μιας ψηφιακής εικόνας είναι στην πράξη μια **χρωματική μετατροπή** από τον χρωματικό χώρο (συνήθως RGB) της εικόνας (πηγαίος χρωματικός χώρος ή χώρος προέλευσης) στον χρωματικό χώρο του CMYK του εκτυπωτή (χρωματικός χώρος προορισμού). Η μετατροπή αφορά την επικοινωνία των δεδομένων της εικόνας (τιμές εικονοστοιχείων) με τέτοιο τρόπο ώστε η απεικόνιση των χρωμάτων που βλέπουμε στην οθόνη του υπολογιστή να είναι παρόμοια με τα χρώματα της εκτύπωσης.

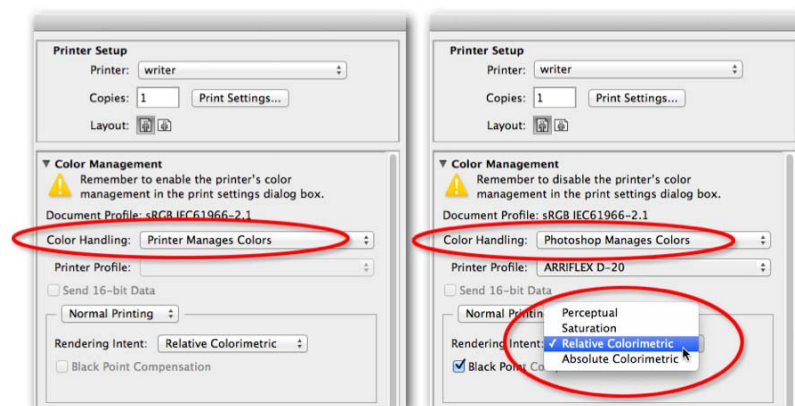
*Οι φωτογραφικοί εκτυπωτές ψεκασμού μελάνης είναι συσκευές RGB<sup>49</sup> παρά το ότι εκτυπώνουν με μελάνια CMYK, δέχονται δεδομένα RGB τα οποία και μετατρέπουν εσωτερικά σε δεδομένα CMYK.*

Η μετατροπή αυτή υλοποιείται από το σύστημα διαχείρισης χρώματος της εφαρμογής και μπορεί να γίνει είτε στο τελευταίο στάδιο επεξεργασίας της εικόνας πριν από την εκτύπωση, είτε κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης από την εφαρμογή επεξεργασίας ή από το λογισμικό του εκτυπωτή. Προϋπόθεση για τη χρωματική μετατροπή είναι το σύστημα χρωματικής διαχείρισης της εφαρμογής να γνωρίζει τα χρωματικά χαρακτηριστικά του χώρου της πηγής (εικόνα) και του χώρου προορισμού (εκτυπωτής)<sup>49</sup> τα χρωματικά αυτά χαρακτηριστικά περιγράφονται στο ενσωματωμένο προφίλ (χρωματικό προφίλ icc) της εικόνας και στο χρωματικό προφίλ του εκτυπωτή<sup>49</sup>.

*Κάθε ψηφιακή εικόνα θα πρέπει να ενσωματώνει ένα χρωματικό προφίλ. Συνήθως αυτό είναι το χρωματικό προφίλ του χώρου επεξεργασίας της εικόνας (π.χ. AdobeRGB(1998) ή sRGB) και η ενσωμάτωσή του στα μεταδεδομένα του αρχείου εξασφαλίζεται από την επιλογή Embed Color Profile (Mac OSX) ή τσεκάροντας το πεδίο ICC (Windows) στο πλαίσιο διαλόγου αποθήκευσης του αρχείου.*

<sup>49</sup> Τα χρωματικά προφίλ εκτυπωτή προκύπτουν από τον συνδυασμό των αναπαραγωγικών χαρακτηριστικών του εκτυπωτή, των μελανιών και του χαρτιού εκτύπωσης και συνήθως είναι διαθέσιμα ως αρχεία .icc στον ιστότοπο του κατασκευαστή ή προεγκατεστημένα στο σύστημα του υπολογιστή είτε από το λειτουργικό σύστημα είτε από τον εγκαταστάτη του οδηγού του εκάστοτε εκτυπωτή. Στην περίπτωση που τα μελάνια ή το χαρτί εκτύπωσης είναι τρίτου κατασκευαστή, το χρωματικό προφίλ δεν είναι έγκυρο και χρειάζεται να δημιουργηθεί ένα νέο.

Οι δύο βασικές επιλογές για τη χρωματική διαχείριση της εκτύπωσης είναι αν αυτή θα υλοποιηθεί από την εφαρμογή επεξεργασίας ή από το λογισμικό που οδηγεί τον εκτυπωτή (**Εικόνα 4.50**).



**Εικόνα 4.50.** Πλαίσιο διαλόγου εκτύπωσης και επιλογή διαχείρισης χρώματος.

Στη δεύτερη περίπτωση η επιλογή χρωματικού προφίλ εκτυπωτή δεν είναι διαθέσιμη καθώς επιλέγεται αυτόματα. Στην περίπτωση που επιλεγεί η εφαρμογή επεξεργασίας για τη χρωματική διαχείριση της εκτύπωσης θα πρέπει επίσης να επιλεγεί το **χρωματικό προφίλ του εκτυπωτή** από το σχετικό πτυσσόμενο μενού και ο αλγόριθμος **Rendering Intent**. Η Πρόθεση Χρωματικής Απόδοσης (Rendering Intent) αφορά τη διαχείριση των χρωμάτων τα οποία δεν είναι κοινά στους δύο χρωματικούς χώρους, της εικόνας (πηγή) και του εκτυπωτή (προορισμός) και μπορεί να ρυθμιστεί σε μια από τις επιλογές:

- Perceptual (Αντιληπτή)
- Saturation (Κορεσμού)
- Relative Colorimetric (Ανάλογα Χρωματομετρική)
- Absolute Colorimetric (Απόλυτα Χρωματομετρική)

Οι δύο επιλογές που αφορούν στην εκτύπωση ψηφιογραφικών εικόνων συνεχών τόνων (φωτογραφίες) είναι η Perceptual και η Relative Colorimetric.

*Η επιπρόσθετη επιλογή Black Point Compensation διατηρεί τα πιο σκοτεινά χρώματα της εικόνας χαρτογραφώντας τα στα διαθέσιμα πιο σκοτεινά χρώματα του χώρου προορισμού.*

Ο αλγόριθμος **Perceptual** εκμεταλλεύεται το ότι η ανθρώπινη έγχρωμη αντίληψη είναι πιο ευαίσθητη στις σχέσεις ανάμεσα στα χρώματα παρά στα χρώματα αυτά καθαυτά. Επαναχαρτογραφεί όλα τα χρώματα της εικόνας, ακόμα και αυτά που εμπίπτουν στη γκάμα του νέου χώρου, έτσι ώστε να «συμπιεστούν» στον χώρο προορισμού, διατηρώντας όμως τις σχετικές τους θέσεις, εξασφαλίζοντας μια φαινομενικά ανάλογη χρωματική εμφάνιση με την αρχική. Ο αλγόριθμος δεν αποκόπτει κανένα χρώμα της εικόνας, η εφαρμογή του δηλαδή είναι αντιστρεπτή και θεωρείται ιδανικός για φωτογραφικές εικόνες.

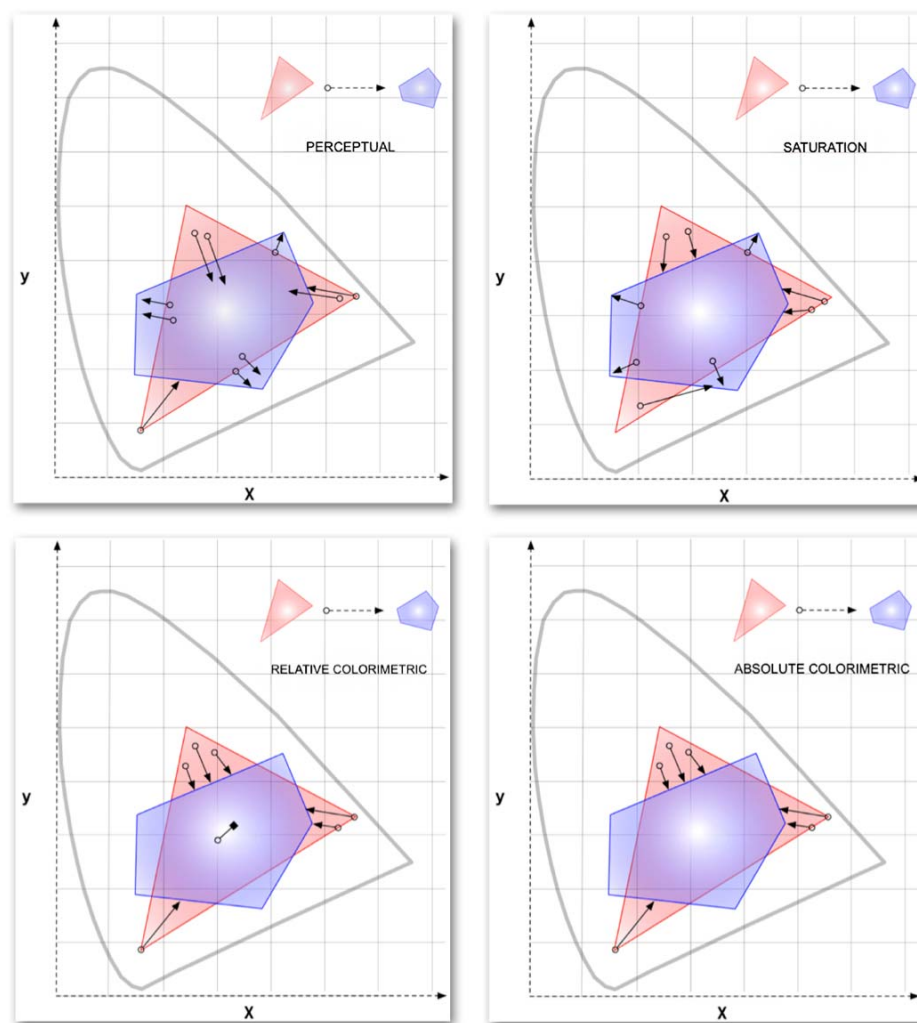
Ο αλγόριθμος **Saturation** στοχεύει στη διατήρηση των κορεσμένων χρωμάτων και η τυπική χρήση του αφορά γραφικά, χάρτες, διαγράμματα κá. όπου τα έντονα και κορεσμένα χρώματα ενδιαφέρουν περισσότερο από τη χρωματική ακρίβεια.

Ο αλγόριθμος **Relative Colorimetric** βασίζεται στο ότι η όρασή μας πάντοτε προσαρμόζεται στο λευκό του μέσου που κοιτάμε. Ο αλγόριθμος αποκόπτει όλα τα εκτός γκάμας χρώματα μετατρέποντάς τα στα αμέσως επόμενα διαθέσιμα του νέου χώρου,

αφήνει τα χρώματα που εμπίπτουν στο νέο χώρο ως έχουν και προσαρμόζει το λευκό του χώρου πηγής στο λευκό του χώρου προορισμού (χαρτί εκτύπωσης).

Ένα μειονέκτημα είναι ότι δύο διαφορετικά χρώματα του χώρου πηγής μπορεί να μετατραπούν στο ίδιο χρώμα, καθώς όλα τα χρώματα εκτός γκάμας θα χαρτογραφηθούν πάνω στο περίγραμμα του χώρου προορισμού, με αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των χρωμάτων και τη συμπίεση της χρωματικής διαβάθμισης της εικόνας. Παρά το ότι θεωρείται ιδανικός για φωτογραφικές εικόνες δεν συνιστάται η χρήση του για εικόνες με ιδιαίτερα κορεσμένα χρώματα (δηλ. εκτός της χρωματικής γκάμας προορισμού). Ο αλγόριθμος αποκόπτει τη χρωματική πληροφορία της αρχικής εικόνας, η εφαρμογή του δηλαδή είναι μη αντιστρεπτή.

Ο αλγόριθμος **Absolute Colorimetric** λειτουργεί όπως και ο Relative Colorimetric, με τη διαφορά ότι δεν χαρτογραφεί το λευκό πηγής στο λευκό του χώρου προορισμού δίνοντας έμφαση στη διατήρηση της ακρίβειας των χρωμάτων. Δεν συνιστάται για εκτύπωση φωτογραφικών εικόνων. Όπως και για τον αλγόριθμο Relative Colorimetric η εφαρμογή του είναι μη αντιστρεπτή.



**Εικόνα 4.51.** Σύγκριση χρωματικών χώρων προέλευσης RGB (τρίγωνο) και προορισμού CMYK (πολύγωνο) στο διάγραμμα χρωματικότητας CIE xyY και ο χειρισμός των εκτός γκάμας χρωμάτων από τους διαφορετικούς αλγόριθμους πρόθεσης χρωματικής απόδοσης.



## 4.19 Σύνοψη

- Ο χώρος εργασίας είναι σημαντικός και υπάρχουν σχετικές προδιαγραφές για τη διαμόρφωσή του.
- Η επεξεργασία εικόνων μπορεί να αφορά στα εικονοστοιχεία αυτά καθαυτά ή σε οδηγίες ρυθμίσεων (παραμετρική επεξεργασία).
- Η δημιουργία ενός αρχείου αναφοράς είναι σημαντική για κάθε ροή εργασίας.
- Η αλλαγή της ανάλυσης μιας ψηφιακής εικόνας λέγεται επαναδειγματοληψία.
- Η διαδικασία της επαναδειγματοληψίας (resampling) υλοποιείται με μαθηματικούς αλγόριθμους παρεμβολής. Βασικοί αλγόριθμοι παρεμβολής είναι οι Κοντινότερου Γείτονα, Διγραμμικής Παρεμβολής και Δικυβικής Παρεμβολής.
- Η σμίκρυνση (κλιμάκωση προς τα κάτω) και μεγέθυνση (κλιμάκωση προς τα επάνω) μιας ψηφιακής εικόνας απαιτεί αύξηση και μείωση της οξύτητας αντίστοιχα.
- Υπάρχουν εργαλεία πληροφορίας για τις τιμές φωτεινότητας των εικονοστοιχείων. Η επεξεργασία εικόνας αφορά την αλλαγή των τιμών των εικονοστοιχείων με συστηματικό τρόπο.
- Στις εικόνες RGB η αλλαγή φωτεινότητας αφορά την αλλαγή τιμών φωτεινότητας και στα τρία κανάλια πληροφορίας. Αλλάζοντας τιμές φωτεινότητας στα διαφορετικά κανάλια πληροφορίας μπορούμε να ρυθμίσουμε το χρώμα μιας εικόνας.
- Κάθε επεξεργασία δεδομένων εικόνας έχει σαν συνέπεια απώλεια πληροφορίας.
- Η φαινομενική ευκρίνεια μιας εικόνας μπορεί να ρυθμιστεί αυξάνοντας την οξύτητα. Η ρύθμιση της ευκρίνειας μιας εικόνας γίνεται σε διακριτά στάδια.
- Για να επεξεργαστούμε τμήματα μιας εικόνας, θα πρέπει πρώτα να τα επιλέξουμε. Επιλέγοντας τμήματα της εικόνας δημιουργούμε μια ενεργή επιλογή.
- Η δημιουργία μιας ενεργής επιλογής είναι στην πράξη η δημιουργία μιας προσωρινής μάσκας, η οποία προστατεύει (καλύπτει, μασκάρει) τις περιοχές της εικόνας που δεν έχουν επιλεγεί.
- Στην λειτουργία Quick Mask μπορούμε να δούμε την (προσωρινή) μάσκα μιας ενεργής επιλογής, να την επεξεργαστούμε, να τη διαγράψουμε ή να δημιουργήσουμε μια νέα.
- Οι ακμές των ενεργών επιλογών επιδέχονται ρυθμίσεις και επεξεργασία, είτε μέσω εντολών από το μενού της εφαρμογής, είτε μέσω επεξεργασίας της μάσκας Quick Mask.
- Αρχεία εικόνας που προορίζονται για το διαδίκτυο έχουν ιδιαίτερες προδιαγραφές. Η βελτιστοποίηση εικόνων για χρήση διαδικτύου αφορά το μέγεθος και στον βαθμό συμπίεσης των δεδομένων εικόνας.
- Το μέγεθος μιας εκτύπωσης εξαρτάται από την ανάλυση της εικόνας σε εικονοστοιχεία και από την ανάλυση του εκτυπωτή.
- Η ανάλυση σε dpi αφορά την ανάλυση του εκτυπωτή.
- Κάθε εκτύπωση αρχείου εικόνας αφορά στη μετατροπή από ένα χρωματικό χώρο (της εικόνας) σε ένα άλλο (του εκτυπωτή).
- Την πιστή μεταφορά ενός ψηφιακού αρχείου εικόνας σε εκτύπωση εξασφαλίζει η σωστή διαχείριση χρώματος. Τα ενσωματωμένα στις εικόνες χρωματικά προφίλ εξασφαλίζουν σωστή διαχείριση χρώματος (σωστές χρωματικές μετατροπές).

η σελίδα παραμένει εσκεμμένα κενή

934  
510



## 5 ΗΧΟΣ

### Βασικές Έννοιες

*Ηχητικό Κύμα*

*Συχνότητα και Ύψος*

*Ψηφιοποίηση Ήχου*

*Ρυθμός Δειγματοληψίας και Εύρος Δείγματος*

*Δυναμική Κλίμακα*

*Κωδικοποίηση και Συμπίεση*

*MIDI*

## 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αίσθημα του ήχου, το οποίο γίνεται αντιληπτό μέσω της ανθρώπινης ακοής, είναι αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής εμπειρίας μας. Όπως και το αίσθημα του χρώματος, το ακουστικό αίσθημα είναι αποτέλεσμα συνδυασμού φυσικών φαινομένων, βιολογικών και ψυχολογικών διεργασιών. Αυτό που προκαλεί το ακουστικό αίσθημα είναι το φυσικό φαινόμενο του ήχου.

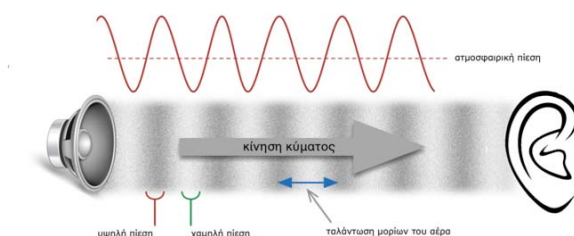
Για να κατανοήσουμε τον ψηφιακό ήχο είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την φύση του ήχου και την γραφική του αναπαράσταση ως κυματομορφή. Η κυματομορφή (waveform) είναι ένα γράφημα με ποσοτικά χαρακτηριστικά που μας βοηθά να οπτικοποιήσουμε τον ήχο.

## 5.2 Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Το φαινόμενο του ήχου δημιουργείται όταν ένα αντικείμενο μετατοπίζεται, μεταβάλλοντας τη θέση ισορροπίας του μέσα σε ένα υλικό μέσο, όπως ο αέρας, το νερό ή γενικά ένα ελαστικό σώμα. Τέτοια αντικείμενα μπορεί να είναι οι φωνητικές μας χορδές, η χορδή ενός μουσικού οργάνου, η μεμβράνη ενός τυμπάνου κ.ά. Το μέσο είναι συνήθως ο αέρας που μας περιβάλλει.

Όταν ο αέρας διαταράσσεται από τη μετακίνηση ή δόνηση του αντικειμένου μέσα σε αυτόν, δημιουργείται μια τοπική πύκνωση των μορίων του η οποία και αρχίζει να διαδίδεται μέσα σε αυτόν με τη μορφή κύματος.

Το χτύπημα μιας τεντωμένης χορδής μετατοπίζει τη χορδή από την αρχική θέση ισορροπίας της διαταράσσοντας τη θέση των μορίων του αέρα που την περιβάλλουν. Όταν η χορδή κινείται προς μια κατεύθυνση, αναγκάζει τα μόρια του αέρα να συμπιεστούν σε ένα μικρότερο χώρο, αυξάνοντας ελαφρά την πίεση του αέρα σε αυτή την περιοχή. Ακολούθως, τα μόρια του αέρα που βρίσκονται υπό υψηλότερη πίεση σε αυτό το χώρο, ωθούν τα άλλα μόρια του αέρα που τα περιβάλλει, και ούτω καθεξής. Όταν η δονούμενη χορδή κινείται στην αντίθετη κατεύθυνση, δημιουργεί ένα χάσμα μεταξύ της χορδής και των μορίων του αέρα, προκαλώντας τη μείωση της πίεσης στην εν λόγω περιοχή, αναγκάζοντας τα γύρω μόρια του αέρα να μετακινηθούν προς αυτή. Οι μετατοπίσεις των μορίων του αέρα δημιουργούν ένα κύμα (μέτωπο) περιοδικών διακυμάνσεων της πίεσης το οποίο διαδίδεται απομακρυνόμενο από τη χορδή. Η διεύθυνση διάδοσης του κύματος είναι παράλληλη με την κίνηση (ταλάντωση) των μορίων του αέρα. Όταν το κύμα φτάσει στα αυτιά μας, ο μηχανισμός του αυτιού μετατρέπει αυτές τις μεταβολές της θέσης του τυμπάνου σε νευρικά ερεθίσματα και ο εγκέφαλος με τη σειρά του τις αναγνωρίζει ως ήχο.



**Εικόνα 5.1.** Το ακουστικό κύμα και η κυματομορφή του. Η κυματοειδής μεταφορά αφορά την ανταλλαγή ενέργειας και όχι στην προοδευτική μετατόπιση των μορίων του αέρα.

Το ηχητικό κύμα δεν είναι ταυτόσημο με το ακουστικό αποτέλεσμα, με αυτό δηλαδή που αντιλαμβανόμαστε ως ήχο, συχνά αναφερόμαστε σε αυτό ως ήχο.



Επειδή το ηχητικό κύμα βασίζεται στο μηχανισμό της αλληλεπίδρασης των σωματιδίων του αέρα, η συμπεριφορά του διέπεται από κανόνες της μηχανικής. Σαν τέτοιο μπορεί να:

- ανακλάται – να αλλάζει δηλαδή διεύθυνση όταν προσπίπτει σε ένα σώμα και να δημιουργεί φαινόμενα όπως η ηχώ και η αντήχηση.
- απορροφάται – να εισχωρεί στις μικρές οπές επιφανειών με αφρώδη/πορώδη σύσταση με αποτέλεσμα τη μείωση της έντασής του. Το φαινόμενο αφορά στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες των ήχων.
- περιθλάται – να μεταβάλλει την ευθύγραμμη διεύθυνσή του και να «γεμίζει» το χώρο γύρω από ένα εμπόδιο που συναντά.
- διαθλάται – να αλλάζει γωνία διεύθυνσης όταν αλλάζει η πυκνότητα του μέσου διάδοσης (αέρα).

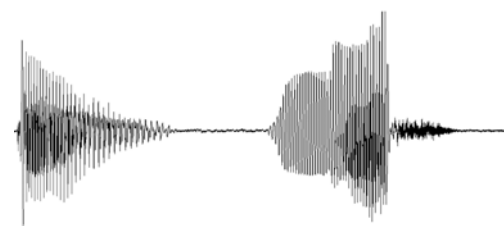
Τα ακουστικά φαινόμενα που προκύπτουν από τη μηχανική φύση του ηχητικού κύματος είναι καθοριστικά για την ποιότητα και τον χαρακτήρα του ήχου που μπορούμε να αντιληφθούμε και να ηχογραφήσουμε. Τέτοια φαινόμενα είναι η ηχώ (echo) και η αντήχηση (reverberation).

Ηχώ ή κοινώς αντίλαλος είναι το φαινόμενο της ακουστικής επανάληψης του κυρίως ήχου που εκπέμπει μία πηγή. Ο ήχος που φτάνει στον ακροατή είναι ο συνδυασμός του κυρίως ήχου που φτάνει σε αυτόν απευθείας και διαφορετικών εκδοχών του ίδιου ήχου, που φτάνουν σε αυτόν καθυστερημένα μετά από ανακλάσεις σε φυσικά εμπόδια. Η ηχώ είναι ευδιάκριτη, επειδή η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα είναι σχετικά αργή (340 μέτρα/δευτερόλεπτο). Η ανθρώπινη ακοή μπορεί σε ένα δευτερόλεπτο να διακρίνει το πολύ 10 διαδοχικούς επάλληλους ήχους. Αφού η ταχύτητα του ήχου στο 1/10 του δευτερολέπτου είναι 34 μέτρα, όταν το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση τουλάχιστον 17 μέτρων, τότε το αντί αντιλαμβάνεται ξεχωριστά τον απευθείας ήχο και τον εξ ανακλάσεως, ο οποίος και λέγεται ηχώ (αντίλαλος). Αν το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των 17 μέτρων, τότε ο εξ ανακλάσεως ήχος φτάνει νωρίτερα, επικαλύπτεται χρονικά με τον απευθείας, τον ενισχύει και έχουμε το φαινόμενο της αντήχησης (reverberation).

### 5.2.1 Κυματομορφή

Μια πρακτική επινόηση για να περιγράψουμε οπτικά το ηχητικό κύμα είναι η **κυματομορφή** (waveform). Σημειώνοντας τις μεταβολές της ηχητικής πίεσης σε σχέση με τον χρόνο, σε ένα σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων, μπορούμε να αποτυπώσουμε σε ένα γράφημα δύο διαστάσεων το στιγμιότυπο ενός ηχητικού κύματος στο χρόνο.

Το γράφημα της κυματομορφής δεν πρέπει να συγχέεται με την αναπαράσταση του ηχητικού κύματος στο χώρο. Η κυματομορφή αναπαριστά τις μεταβολές της ηχητικής πίεσης στο χρόνο και αποτυπώνει το φάσμα συχνοτήτων του ήχου.



**Εικόνα 5.2.** Ενδεικτικό γράφημα κυματομορφής, όπως εμφανίζεται σε λογισμικά εφαρμογών επεξεργασίας ήχου στην οθόνη του υπολογιστή. Οι κατακόρυφες γραμμές αντιστοιχούν στην ένταση του ήχου σε ένα διακριτό χρονικό σημείο (οριζόντιος άξονας). Ο οριζόντιος άξονας αφορά

στη χρονική διάρκεια του ήχου και όχι σε κάποια χωρική μετατόπιση.

### 5.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

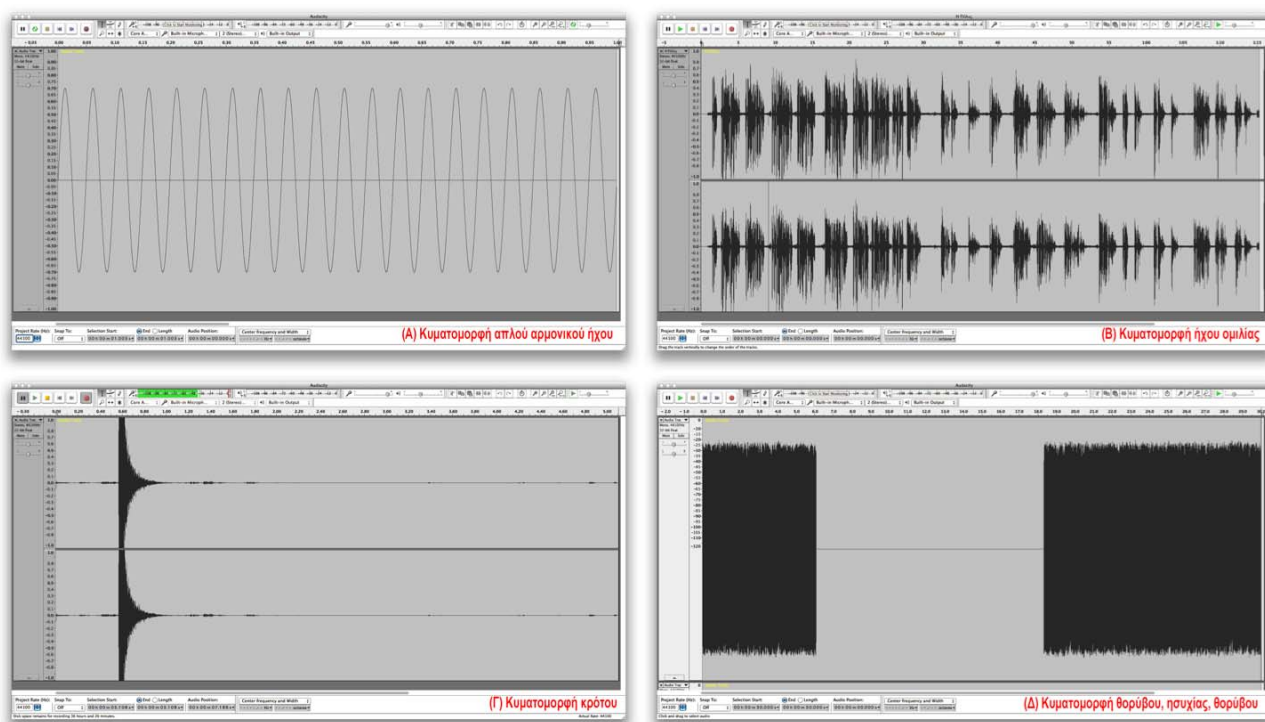
Με βάση τα ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά τους μπορούμε να κατατάξουμε τους ήχους σε **απλούς**, σε **σύνθετους** ήχους, σε **θορύβους** και σε **κρότους**.

Οι απλοί ήχοι είναι σπάνιοι στο φυσικό μας περιβάλλον και παράγονται συνήθως από εργαστηριακά όργανα (μουσικό διαπασών, γεννήτρια ήχων, κλπ). Οι ήχοι αυτοί έχουν μια μόνο χαρακτηριστική συχνότητα και η αυξομείωση της έντασής τους είναι αρμονική σε συνάρτηση με τον χρόνο. (κυματομορφή Α, **Εικόνα 5.3**)

Σύνθετοι ήχοι είναι οι ήχοι που συνθέτονται από πολλούς απλούς ήχους διαφορετικών τόνων (μουσική, ανθρώπινη φωνή, κλπ.). Η αυξομείωση της έντασης των σύνθετων ήχων είναι περιοδική, όχι όμως αρμονική σε συνάρτηση με τον χρόνο. (κυματομορφή Β, **Εικόνα 5.3**)

Οι κρότοι είναι ήχοι με υψηλή ένταση η οποία φθίνει σε πολύ μικρό χρόνο. Κρότος μπορεί να χαρακτηριστεί ο ήχος ενός πυροβολισμού. (κυματομορφή Γ, **Εικόνα 5.3**)

Οι θόρυβοι αποτελούνται από διάφορους σύνθετους ήχους. Η αυξομείωση της έντασης των θορύβων είναι μη περιοδική και μη αρμονική σε συνάρτηση με τον χρόνο. Θόρυβος είναι ο ήχος ενός πολυσύχναστου δρόμου, το θρόισμα των φύλλων, ο ήχος της βελόνας ενός γραμμόφωνου καθώς σύρεται στην επιφάνεια του δίσκου, κλπ. (κυματομορφή Δ, **Εικόνα 5.3**)



**Εικόνα 5.3.** Κυματομορφές απλού ήχου (Α), σύνθετου ήχου (Β), κρότου (Γ) και συνδυασμού θορύβου, ησυχίας και θορύβου (Δ).

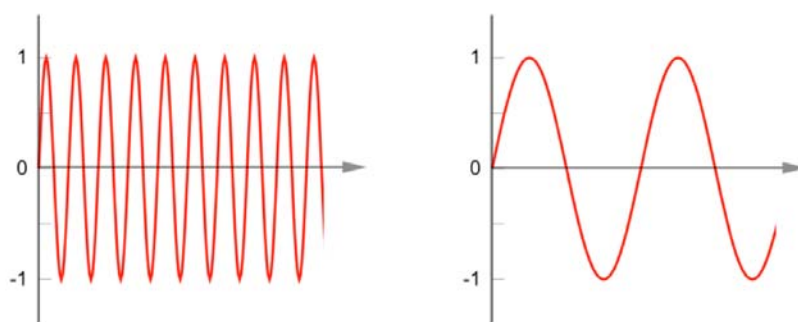
### 5.3.1 Συχνότητα και Ύψος

Η ηχητική πίεση (sound pressure) μέσα σε ένα ηχητικό κύμα δεν είναι πάντοτε σταθερή και μπορεί να μεταβάλλεται διαρκώς τοπικά και χρονικά. Αυτό που κυρίως ενδιαφέρει σε ότι αφορά την καταγραφή του ηχητικού κύματος είναι η μέγιστη και ελάχιστη τιμή πίεσης που υπάρχει κατά τη μέγιστη πύκνωση και τη μέγιστη αραιώση και το πόσο συχνά συμβαίνει στη μονάδα του χρόνου. Η συχνότητα των αλλαγών της ακουστικής πίεσης μετριέται σε κύκλους ή επαναλήψεις ανά δευτερόλεπτο και περιγράφει το μέγεθος που ονομάζουμε **συχνότητα**. Η συχνότητα ενός κύματος μετριέται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο (Hertz).

$$1 \text{ Hertz} = 1 \text{ κύκλος/δευτερόλεπτο.}$$

Περίοδος είναι ο χρόνος που μεσολαβεί για την ολοκλήρωση ενός κύκλου μιας πλήρους επανάληψης της ταλάντωσης των μορίων του αέρα από την αρχική θέση ισορροπίας τους. Η περίοδος αποτελεί μέγεθος αντίστροφο της συχνότητας, συμβολίζεται με το γράμμα  $T$  ( $T=1/f$ ) και μετριέται σε δευτερόλεπτα.

Η συχνότητα ( $f$ ) ή οι συχνότητες που χαρακτηρίζουν ένα απλό ή περίπλοκο αντίστοιχα ηχητικό κύμα, μας ενδιαφέρουν γιατί χαρακτηρίζουν τον ήχο δίνοντας τη δυνατότητα καταγραφής, επεξεργασίας, σύγκρισης του με άλλους ήχους κ.ά. Στην ανθρώπινη ακοή υπάρχουν όρια πέραν των οποίων δεν υπάρχει χρήσιμη ακουστή πληροφορία. Σε γενικές γραμμές το φάσμα των συχνοτήτων που είναι ακουστό από τον άνθρωπο κυμαίνεται από 20Hz έως 20.000Hz (20KHz). Το ανώτατο όριο συνήθως μειώνεται με την ηλικία.



**Εικόνα 5.4.** Δύο απλές ημιτονοειδής κυματομορφές υψηλότερης (αριστερά) και χαμηλότερης (δεξιά) συχνότητας.

Το μέγεθος που συνδέει τη συχνότητα και την περίοδο με τη διάδοση των ηχητικών κυμάτων ονομάζεται μήκος κύματος, συμβολίζεται με το γράμμα  $\lambda$  και είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή δυο διαδοχικών αραιωμάτων της ηχητικής πίεσης. Είναι η απόσταση που διανύει το ηχητικό κύμα μέσα σε χρόνο μιας περιόδου και συνδέεται με την ταχύτητα ( $c$ ) του ηχητικού κύματος με τη σχέση  $c=\lambda/T$ . Το μήκος κύματος μας ενδιαφέρει γιατί είναι άμεσα συνδεδεμένο με τα φυσικά φαινόμενα διάδοσης του ήχου, όπως η ανάκλαση η διάθλαση και η περίθλαση.

Ένα χαρακτηριστικό του ακουστού ήχου που συνδέεται με τη συχνότητα είναι το ύψος ή τόνος (pitch). Αυτό μας επιτρέπει να αντιληφθούμε έναν ήχο ως οξύ (υψηλός ήχος) ή ως βαρύ (χαμηλός ή βαθύς ήχος). Όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα ενός ήχου τόσο πιο λεπτός ακούγεται. Το ύψος δεν πρέπει να συγχέεται με την ένταση του ήχου. Ένας ήχος μπορεί να είναι υψηλός ή βαθύς και ταυτόχρονα να είναι είτε αδύναμος είτε έντονος. Σε ότι αφορά μουσικούς ήχους για παράδειγμα, ο ήχος του κοντραμπάσο είναι πάντοτε πιο βαθύς από αυτόν ενός βιολιού, ανεξάρτητα με το πόσο δυνατά παίζει ο μουσικός.

Η συχνότητα είναι ένα φυσικό μετρήσιμο χαρακτηριστικό του ήχου και μας βοηθά να προσδιορίσουμε τη θέση των ήχων στο ακουστικό φάσμα συχνοτήτων. Το ύψος του ήχου, ή αλλιώς τονικότητα του ήχου, είναι ένα υποκειμενικό εμπειρικό μέγεθος που εξαρτάται από τη συχνότητα του ήχου και μας επιτρέπει να χαρακτηρίσουμε τους ήχους ως υψηλούς (λεπτός ήχος) ή χαμηλούς (βαρύς ήχος).

### 5.3.2 Ένταση και Ηχηρότητα

Όσο μεγαλύτερη είναι η ταλάντωση μιας παλλόμενης χορδής, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η **ένταση** (amplitude) του ηχητικού κύματος. Το τελικό ακουστικό αποτέλεσμα του κύματος, το αίσθημα του ήχου, δεν είναι ανάλογο με τη φυσική ένταση του ηχητικού κύματος. Αν δηλαδή διπλασιαστεί η ένταση του ηχητικού κύματος αυτό δεν σημαίνει ότι θα ακούσουμε ένα διπλάσιο σε ισχύ ήχο. Η υποκειμενική αντίληψη της έντασης ενός ήχου λέγεται **ηχηρότητα** ή **ακουστότητα**. Η ηχηρότητα ενός ήχου δεν είναι ευθέως ανάλογη με τη φυσική ένταση του ηχητικού κύματος.

Η στάθμη της έντασης του ήχου μετριέται σε μονάδες της κλίμακας Ντεσιμπέλ (decibels, dB).

$$1 \text{ dB} = 10 \log(E_1/E_2)$$

Η στάθμη της έντασης ενός ήχου  $E_1$  σε Ντεσιμπέλ, ορίζεται ως το δεκαπλάσιο του δεκαδικού λογαρίθμου του λόγου της έντασης του ήχου  $E_1$  προς μια ένταση αναφοράς  $E_2$ . Η ένταση αναφοράς είναι το όριο πάνω από το οποίο γίνεται ακουστικά αντιληπτός ο ήχος (κατώφλι ακουστότητας) και έχει την τιμή 0dB. Το dB δεν είναι μια απόλυτη μονάδα μέτρησης καθώς αναφέρεται στον λογάριθμο του λόγου της έντασης δύο σημάτων (ηχητικών, ηλεκτρικών, κλπ). Αυτό σημαίνει ότι ο διπλασιασμός της ακουστικής ισχύος ενός ήχου αντιστοιχεί σε μια διαφορά 3 dB.

Η ένταση του ηχητικού κύματος είναι ένα φυσικό μετρήσιμο μέγεθος και εξαρτάται από τις μεταβολές της ηχητικής πίεσης. Η ηχηρότητα του ήχου (δυνατός ή ασθενής ακουστός ήχος) είναι ένα υποκειμενικό (εμπειρικό) μέγεθος που εξαρτάται από την ηχητική ένταση αλλά και από τη φυσιολογία του ακουστικού περιβάλλοντος, τον ίδιο τον ακροατή και της απόστασής του από την πηγή του ήχου.

### 5.3.3 Η Αντίληψη του Ήχου

Η αντίληψη του ήχου αφορά τον τρόπο με τον οποίο τα φυσικά φαινόμενα του ήχου γίνονται αντιληπτά από την ανθρώπινη ακοή. Τέτοια χαρακτηριστικά που καθορίζουν αυτή την αντίληψη είναι το ύψος και η ηχηρότητα του ήχου, όπως αναφέρθηκαν στις δύο προηγούμενες ενότητες.

Ένα τρίτο υποκειμενικό γνώρισμα του ήχου είναι η **χροιά** (timbre) ή αλλιώς ηχόχρωμα. Η χροιά αφορά σύνθετους ήχους και είναι το χαρακτηριστικό που μας επιτρέπει να ξεχωρίσουμε δύο ήχους της ίδιας συχνότητας από διαφορετικές πηγές. Για παράδειγμα, μια μουσική νότα ή οποία παίζεται από δύο διαφορετικά όργανα. Η χροιά του ήχου μας επιτρέπει να ξεχωρίσουμε ότι μπορεί να προέρχεται από ένα βιολί ή ένα κλαρίνο.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου καθορίζουν τα ερεθίσματα αλλά ο ήχος είναι μια εμπειρία που δημιουργείται και υπάρχει πραγματικά μόνο μέσα στο μυαλό μας. Η καταγραφή των φυσικών χαρακτηριστικών του δεν αποτυπώνει πάντοτε και τον τρόπο με τον οποίο γίνεται αντιληπτός. Αν για παράδειγμα παίξουμε ένα ήχο χαμηλής συχνότητας χαμηλά και μετά δυνατά, οι περισσότεροι ακροατές θα πιστέψουν ότι ο δυνατός ήχος είναι χαμηλότερης συχνότητας από τον πιο χαμηλό, κάτι που δεν γίνεται αντιληπτό με ήχους υψηλότερης συχνότητας. Οι περισσότεροι άνθρωποι με καλή ακοή για παράδειγμα μπορούν συνήθως να ξεχωρίσουν τον ήχο του ονόματός τους μέσα σε ένα θορυβώδες

περιβάλλον ή να «εστιάσουν» την προσοχή τους σε ένα συνομιλητή άσχετα με τον περιβαλλοντικό θόρυβο. Στο πεδίο της εφαρμογής λοιπόν, οι θόρυβοι δεν είναι πάντοτε «άχρηστοι» ήχοι. Μπορεί να είναι ενοχλητικοί όταν καλύπτουν ή παραμορφώνουν άλλους ήχους που μας ενδιαφέρουν αλλά και απαραίτητοι όταν χρησιμοποιούνται για να οδηγήσουν τον ακροατή σε ένα ακουστικό αποτέλεσμα.

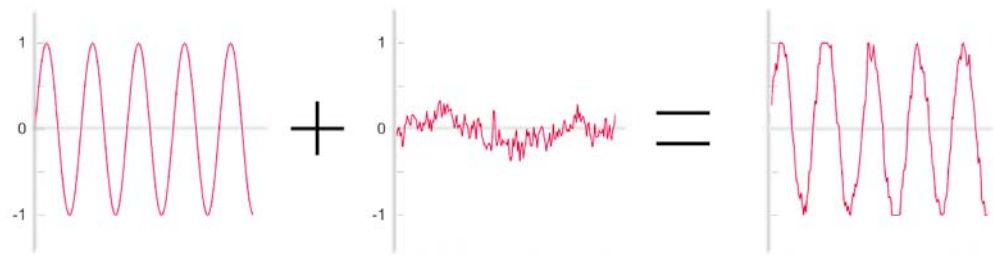
Ένα χρήσιμο φαινόμενο που αφορά την αντίληψη του ήχου είναι η **στερεοφωνία**. Ο εγκέφαλος μπορεί να προσδιορίσει την πηγή ενός ήχου με βάση τις διαφορές στην ένταση (ηχητική πίεση) και στη χρονική διαφορά άφιξης του ήχου στο αριστερό και δεξιό αυτί αντίστοιχα. Για τις χαμηλές συχνότητες ο εντοπισμός της θέσης της ηχητικής πηγής γίνεται αντιληπτός από τη χρονική διαφορά άφιξης του ήχου στα αυτιά του ακροατή, ενώ για τις υψηλές συχνότητες ο εντοπισμός γίνεται μέσω της διαφοράς της πίεσης των δύο αφίξεων. Αν στο κάθε αυτί φτάσουν πανομοιότυπα ηχητικά σήματα στον ίδιο χρόνο, ο εγκέφαλος προσδιορίζει την πηγή του ήχου ως μια πηγή που βρίσκεται μπροστά του. Αν, λοιπόν, ηχογραφήσουμε ένα ήχο σε δύο μονοφωνικά κανάλια χρησιμοποιώντας δύο μικρόφωνα (στερεοφωνικά μικρόφωνα) και τροφοδοτήσουμε τα δύο κανάλια σε δύο διαφορετικά ανεξάρτητα ηχεία, η αντιληπτή αίσθηση της θέσης της ηχητικής πηγής θα εξαρτάται από την σχετική ένταση των δύο ήχων. Αν η ένταση είναι ίδια, η πηγή θα βρίσκεται μπροστά από τον ακροατή. Αν κατά την ηχογράφηση το δεξί μικρόφωνο ήταν πιο κοντά στην πηγή του ήχου, το δεξί κανάλι θα ακούγεται πιο δυνατό και ο ήχος θα φαίνεται να προέρχεται από τα δεξιά του ακροατή. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να δημιουργήσουμε την ψευδαίσθηση μιας ολόκληρης μουσικής σκηνής όπου ο ακροατής αντιλαμβάνεται τις θέσεις των μουσικών οργάνων πάνω σε αυτή. Με παρόμοιες τεχνικές, σε μία κινηματογραφική ταινία για παράδειγμα, μπορούμε να ενισχύσουμε την ψευδαίσθηση της θέσης παρατήρησης του θεατή χρησιμοποιώντας περιβαλλοντικούς ήχους διαφορετικής έντασης. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη δημιουργία στερεοφωνικού ήχου εκτός από τη χρήση στερεοφωνικών τεχνικών κατά την ηχοληψία είναι και η τοποθέτηση του ακροατή στην ιδανική θέση ακρόασης, που βρίσκεται πάνω στο επίπεδο συμμετρίας των δύο ηχείων.

Δύο ιδιαίτεροι τύποι ήχου είναι η μουσική και ο λόγος. Τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά της μουσικής και το γλωσσικό περιεχόμενο του λόγου προσδιορίζουν μια ιδιαίτερη λειτουργία αυτών των ήχων η οποία είναι καθοριστική σε ότι αφορά στα ψηφιακά μέσα και στα πολυμέσα γενικότερα. Για την εκμετάλλευση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές ψηφιακής αναπαράστασης, όπως για παράδειγμα αλγόριθμοι συμπίεσης ειδικά για την ομιλία, ενώ η μουσική πολύ συχνά δεν αναπαριστάται ως ήχος αλλά ως οδηγίες οι οποίες εκτελούνται από εικονικά όργανα.

## 5.4 ΠΡΟΣΘΕΤΟΝΤΑΣ ΗΧΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Η ημιτονοειδής κυματομορφή ενός απλού περιοδικού αρμονικού κύματος αναπαριστά μια μοναδική συχνότητα. Όταν δύο ή περισσότερα ηχητικά κύματα συναντηθούν, οι εντάσεις των συχνοτήτων τους αθροίζονται με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας νέας κυματομορφής. (**Εικόνα 5.5**). Οι κυματομορφές των ήχων που συνθέτουν το ηχητικό μας αίσθημα (ομιλία, θόρυβος, μουσική, περιβαλλοντικός ήχος, κλπ) είναι περίπλοκες, καθώς προκύπτουν πάντοτε από το άθροισμα διαφορετικών συχνοτήτων. Η ανάλυση των περίπλοκων ήχων στις συχνότητες που τον απαρτίζουν είναι δυνατή αναλύοντας την κυματομορφή του στα απλά ημιτονικά κύματα που τη συνθέτουν με τη βοήθεια αυστηρών μαθηματικών διεργασιών γνωστών ως μετασχηματισμών Fourier. Στην περίπτωση της ανάλυσης των περίπλοκων ήχων χρησιμοποιούνται παραλλαγές των μετασχηματισμών (μετασχηματισμοί Fourier διακριτού χρόνου) κατάλληλων για απεριοδικές συναρτήσεις με συνεχώς μεταβαλλόμενες διακριτές τιμές. Οι μετασχηματισμοί Fourier πρακτικά υπολογίζουν τη συμμετοχή της κάθε μοναδικής συχνότητας στον τελικό ήχο.





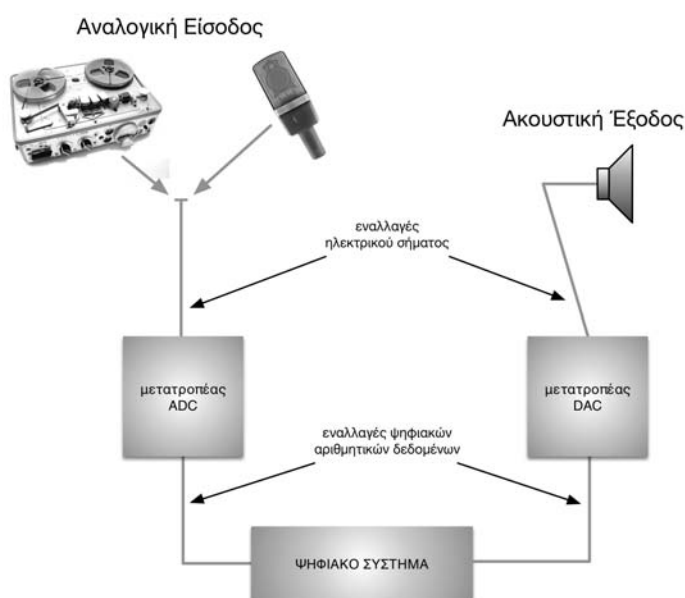
**Εικόνα 5.5.** Ο συνδυασμός δύο ηχητικών κυμάτων έχει σαν συνέπεια την πρόσθεση των διαφορετικών εντάσεών τους και τη δημιουργία ενός νέου ηχητικού κύματος.

Στο πρακτικό πεδίο οι μετασχηματισμοί Fourier είναι αναντικατάστατοι, καθώς δίνουν τη δυνατότητα της ανάλυσης του ήχου στις συχνότητες που τον απαρτίζουν άρα και στην αποτελεσματική επεξεργασία του. Όταν απαιτείται η απομάκρυνση κάποιων ήχων που χαρακτηρίζονται από ένα συγκεκριμένο φάσμα συχνοτήτων, με βάση τους μετασχηματισμούς Fourier, μπορούμε να εφαρμόσουμε φίλτρα τα οποία αποκόπτουν αυτούς τους ήχους. Τέτοια φίλτρα είναι διαθέσιμα σε πολλές ψηφιακές εφαρμογές επεξεργασίας ήχου.

## 5.5 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Η ψηφιοποίηση του φυσικού ήχου, όπως και κάθε μετατροπή αναλογικής πληροφορίας σε ψηφιακά δεδομένα, είναι μια διαδικασία που υλοποιείται σε δύο βασικά στάδια, τη δειγματοληψία (sampling) και την ποσοτικοποίηση (quantization). Επειδή η ψηφιοποίηση γίνεται σε ηλεκτρονικούς μετατροπείς αναλογικής πληροφορίας σε ψηφιακά δεδομένα, γνωστούς ως αναλογικο-ψηφιακούς μετατροπείς ADC (Analog to Digital Converters), ο ήχος θα πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε ηλεκτρικό σήμα. Αυτό συνήθως συμβαίνει με τη βοήθεια μικροφώνων ή άλλων συσκευών, όπως π.χ. με τους μαγνήτες μιας ηλεκτρικής κιθάρας. Η κωδικοποίηση αναλογικής πληροφορίας σε ψηφιακά δεδομένα αυτού του τύπου ονομάζεται παλμοκωδική (Pulse Code Modulation, PCM).

Η αντίστροφη διαδικασία, η μετατροπή των ψηφιακών δεδομένων ήχου σε ακουστό ήχο γίνεται με αντίστοιχους ψηφιακο-αναλογικούς μετατροπείς DAC (Digital to Analog Converters), όπου τα δεδομένα μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα τα οποία τροφοδοτούν κάποια συσκευή εξόδου ήχου (ηχεία).



**Εικόνα 5.6.** Σχεδιάγραμμα τυπικής διαδικασίας ψηφιοποίησης ήχου.

## 5.6 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Στο στάδιο της δειγματοληψίας γίνεται περιοδική λήψη δειγμάτων της έντασης του ηλεκτρικού σήματος στο οποίο έχει μετατραπεί ο αναλογικός ήχος. Το πλήθος των δειγμάτων που παίρνουμε ανά μονάδα χρόνου (δευτερόλεπτο) λέγεται **συχνότητα δειγματοληψίας** (sampling frequency) ή **ρυθμός δειγματοληψίας** (sampling rate) και είναι καθοριστικό τόσο για την πιστότητα της αναπαραγωγής του ήχου όσο και για το μέγεθος των δεδομένων που θα δημιουργηθούν. Η χρονική απόσταση ανάμεσα σε δύο δείγματα λέγεται περίοδος δειγματοληψίας και είναι αντιστρόφως ανάλογη της συχνότητας δειγματοληψίας.

Όσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός δειγματοληψίας, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ακρίβεια αναπαράστασης του ηχητικού κύματος αλλά τόσο μεγαλύτερος θα είναι και ο όγκος των ψηφιακών δεδομένων που θα προκύψουν. Περισσότερα ψηφιακά δεδομένα σημαίνει ότι η ανάγκη αποθηκευτικού χώρου θα είναι μεγαλύτερη και ότι η επεξεργασία των δεδομένων θα απαιτήσει περισσότερο χρόνο.

Για μια υψηλής ποιότητας αναπαραγωγή ήχου θα πρέπει να επιλεγεί ένας ρυθμός δειγματοληψίας ο οποίος θα καταγράψει όλο το φάσμα των ακουστικών συχνοτήτων. Η ανθρώπινη ακοή συνήθως αντιλαμβάνεται ήχους με συχνότητα από 20 έως 20.000Hz. Σύμφωνα με το Θεώρημα Δειγματοληψίας, γνωστό ως θεώρημα Nyquist-Shannon ή **Θεώρημα Nyquist**, απαιτείται ένας ελάχιστος ρυθμός δειγματοληψίας 40KHz, δηλαδή 40.000 δείγματα ανά δευτερόλεπτο.

Η δειγματοληψία ήχου βασίζεται στο Θεώρημα Nyquist-Shannon σύμφωνα με το οποίο, για την πιστή αναπαραγωγή ενός σήματος η συχνότητα δειγματοληψίας πρέπει να είναι διπλάσια της μέγιστης συχνότητας του σήματος. Αν λοιπόν ένα σήμα έχει εύρος συχνοτήτων από 0 έως 1KHz, τότε ο ρυθμός δειγματοληψίας θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 2KHz. Το Θεώρημα Δειγματοληψίας καθορίζει την ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας κάτω από την οποία η ανακατασκευή του αρχικού ήχου είναι αδύνατη. Η συχνότητα αυτή είναι γνωστή ως συχνότητα Nyquist. Στο πρακτικό πεδίο συνήθως χρησιμοποιούνται συχνότητες δειγματοληψίας υψηλότερες της συχνότητας Nyquist.

Ο ρυθμός δειγματοληψίας που χρησιμοποιείται στο πρότυπο CD (Audio Compact Disk - Audio CD) είναι 44,1KHz. Λόγω της κυριαρχίας του Audio CD ως πρότυπου και για λόγους συμβατότητας, ο ίδιος ρυθμός συνήθως χρησιμοποιείται και στις κάρτες ήχου των προσωπικών υπολογιστών. Γενικά, ο ρυθμός δειγματοληψίας εξαρτάται από τη χρήση του ήχου και τις απαιτήσεις επεξεργασίας του. Η συχνότητα 44,1KHz θεωρείται επαρκής στο επίπεδο του απλού καταναλωτή αλλά όχι στο επαγγελματικό πεδίο. Πολλές επαγγελματικές ψηφιακές συσκευές ηχογράφησης χρησιμοποιούν ρυθμούς πολλαπλάσιους των 48KHz (96KHz, 192KHz). Ενδεικτικές συχνότητες δειγματοληψίας ήχου εμφανίζονται στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 5.1**).

| Συχνότητες Δειγματοληψίας Ήχου |                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Συχνότητα                      | Ενδεικτικές Χρήσεις                                                                                                                                                                                             |
| 8.000 Hz                       | Τηλέφωνα, ασύρματες ενδοεπικοινωνίες και ασύρματα μικρόφωνα.                                                                                                                                                    |
| 11.025 Hz                      | Ήχος ομιλίας.                                                                                                                                                                                                   |
| 16.000 Hz                      | Προϊόντα επικοινωνίας με βάση το πρωτόκολλο VoIP και VVoIP.                                                                                                                                                     |
| 22.050 Hz                      | Ικανοποιητικός ήχος για διανομή στο διαδίκτυο.                                                                                                                                                                  |
| 32.000 Hz                      | Βιντεοκάμερες miniDV, συσκευές DAT (Digital Audio Recorders), υψηλής ποιότητας ασύρματα μικρόφωνα για καταγραφή ομιλίας.                                                                                        |
| 44.100 Hz                      | CD, DAT, ήχος MPEG-1 (VCD, SVCD, MP3), λογισμικό και συσκευές ψηφιακής ηχογράφησης.                                                                                                                             |
| 48.000 Hz                      | Video DV, Digital TV, DVD, λογισμικό και συσκευές ψηφιακής ηχογράφησης. Οι περισσότερες επαγγελματικές συσκευές ήχου όπως κονσόλες μίξης και συστήματα ψηφιακής ηχογράφησης χρησιμοποιούν δειγματοληψία 48 KHz. |
| 96.000 Hz                      | DVD, BD-ROM (Blu-ray Disc), HD DVD (High-Definition DVD), λογισμικό και συσκευές ψηφιακής ηχογράφησης.                                                                                                          |
| 192.000 Hz                     | DVD, BD-ROM (Blu-ray Disc), HD DVD (High-Definition DVD), λογισμικό και συσκευές ψηφιακής ηχογράφησης.                                                                                                          |

**Πίνακας 5.1.** Συχνότητες δειγματοληψίας ήχου. Για ασυμπίεστο ήχο υψηλής ποιότητας χρησιμοποιούνται συχνότητες από 32 KHz και πάνω.

### 5.6.1 Χρονισμός Δειγματοληψίας

Ο καθορισμός των χρονικών διαστημάτων ανάμεσα στις λήψεις δειγμάτων, εξαρτάται από μηχανισμούς που παράγουν παλμούς σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Αν η εμφάνιση των παλμών είναι χρονικά ασυνεπής (δεν είναι πολλαπλάσιο της περιόδου δειγματοληψίας) το ίδιο θα είναι και η περιοδικότητα λήψης των δειγμάτων με αποτέλεσμα την παραμόρφωση του παραγόμενου ήχου. Τέτοια υπαρκτά προβλήματα

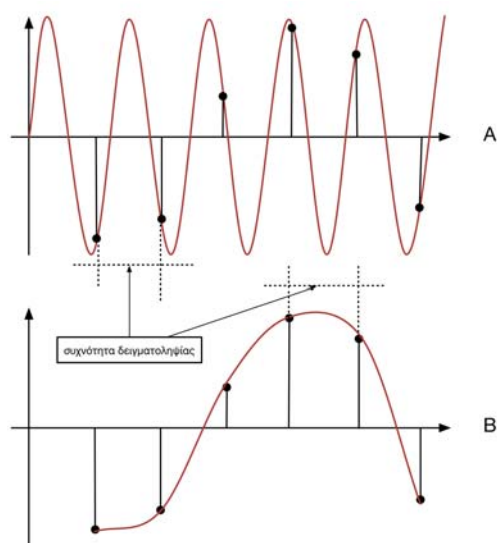
χρονισμού ονομάζονται σφάλματα ολίσθησης δειγματοληψίας (jitter) και έχουν σαν συνέπεια την εμφάνιση παραμόρφωσης στον τελικό ήχο. Τα όρια ανεκτικότητας τέτοιων σφαλμάτων στην ψηφιοποίηση ήχου είναι ελάχιστα. Για την ποιότητα ήχου CD τα όρια στη μονάδα μετατροπής ADC πρέπει να είναι μικρότερα από 0,2 nanoseconds.

### 5.6.2 Αναδίπλωση

Όταν η συχνότητα δειγματοληψίας είναι μικρότερη από το διπλάσιο της υψηλότερης συχνότητας του ήχου που δειγματοληπτείται, τα δείγματα που λαμβάνονται δεν επαρκούν για να καταγράψουν με ακρίβεια τον αρχικό ήχο. Το αποτέλεσμα είναι η καταγραφή μιας νέας συχνότητας εκ του μη όντος (δεν αντιστοιχεί σε συχνότητα του αρχικού ήχου). Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως **αναδίπλωση (aliasing ή foldover)** και γίνεται αντιληπτό όταν η νέα συχνότητα που καταγράφεται βρίσκεται μέσα στο φάσμα των ακουστών συχνοτήτων. Δεδομένου ότι η συχνότητα του αρχικού ήχου είναι υψηλότερη του μισού της συχνότητας δειγματοληψίας, η συχνότητα αναδίπλωσης προκύπτει από τη σχέση:

$$\text{συχνότητα αναδίπλωσης} = \text{συχνότητα δειγματοληψίας} - \text{συχνότητα ήχου}$$

Για παράδειγμα, αν ήχος με συχνότητα 24Khz δειγματοληπτείται με ρυθμό 40KHz, καταγράφεται σαν ήχος με συχνότητα 16Khz (40Khz - 24KHz).



**Εικόνα 5.7.** Το φαινόμενο αναδίπλωσης (aliasing).

Στην Εικόνα 5.7 βλέπουμε τα σημεία δειγματοληψίας ενός κύματος (A). Το αποτέλεσμα της καταγραφής του ως ενός νέου διαφορετικού κύματος (B) προκύπτει από το ότι η συχνότητα δειγματοληψίας είναι μικρότερη από το διπλάσιο της συχνότητάς του.

Για την ελαχιστοποίηση του φαινομένου χρησιμοποιείται ένα φίλτρο χαμηλής διέλευσης ή χαμηλοπερατό (low-pass filter), το οποίο αφαιρεί από το σήμα εισαγωγής, πριν από την είσοδό του στον μετατροπέα ADC, τις συχνότητες που είναι υψηλότερες από το μισό της συχνότητας δειγματοληψίας. Το φίλτρο αυτό είναι γνωστό και σαν φίλτρο anti-aliasing.

Στο στάδιο της δειγματοληψίας, κάθε δείγμα αντιπροσωπεύει μια από πολλές διαδοχικές μετρήσεις της στιγμιαίας έντασης του ήχου (πλάτος ηχητικού κύματος).

Το σύνολο των διαφορετικών συχνοτήτων του ηχητικού κύματος (φάσμα συχνοτήτων), όπως επίσης και η κυματομορφή του, δεν καταγράφεται, αλλά κατασκευάζεται, όταν μετέπειτα συναρμολογηθεί το σύνολο των τιμών των αποθηκευμένων διαδοχικών δειγμάτων.

## 5.7 ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Στο στάδιο της ποσοτικοποίησης (quantization, που αναφέρεται και ως κβαντισμός), γίνεται η αντιστοίχιση και στρογγυλοποίηση των τιμών των δειγμάτων στην κοντινότερη τιμή ενός προκαθορισμένου συνόλου από διακριτές στάθμες.

Το πόσες είναι οι διαθέσιμες στάθμες ποσοτικοποίησης εξαρτάται από τον αριθμό των bits (δυφίων, δυαδικών ψηφίων) που θα χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν τις τιμές των δειγμάτων. Αν δηλαδή χρησιμοποιηθούν 8-bit πληροφορίας οι διαθέσιμες στάθμες θα είναι 256 ( $2^8 = 256$ ). Για ποιότητα ήχου audio CD χρησιμοποιούνται 16-bit πληροφορίας, είναι δηλαδή διαθέσιμες 65.536 στάθμες ποσοτικοποίησης ( $2^{16} = 65.536$ ). Το πλήθος των bit που χρησιμοποιείται ονομάζεται βάθος ή εύρος δείγματος (bit-depth).

### 5.7.1 Δυναμική Κλίμακα

Όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος δείγματος τόσο πιο ακριβής θα είναι η αναπαράσταση της τιμής του δείγματος που μετρήθηκε, άρα και η πιστότητα της ψηφιακής μετατροπής ή αυτό που λέγεται και ανάλυση. Η αύξηση του εύρους δείγματος (bit depth) αυξάνει και τη δυναμική κλίμακα του συστήματος, δηλαδή τη διαφορά σε ένταση ανάμεσα στα πιο δυνατά και πιο αδύναμα μέρη του ήχου που μπορούν να αναπαρασταθούν ψηφιακά.

Η δυναμική κλίμακα μετριέται σε dB. Κάθε δυαδικό ψηφίο πληροφορίας (bit) προσθέτει 6 dB στη δυναμική κλίμακα.

Η ανθρώπινη ακοή μπορεί να αντιληφθεί ήχους με δυναμική κλίμακα τουλάχιστον 90 dB. Η αντιστοίχιση διαφορετικών bit depth και δυναμικής κλίμακας είναι:

- 8-bit > 48 dB
- 16-bit > 96 dB
- 24-bit > 145 dB
- 32-bit - σχεδόν άπειρα dB

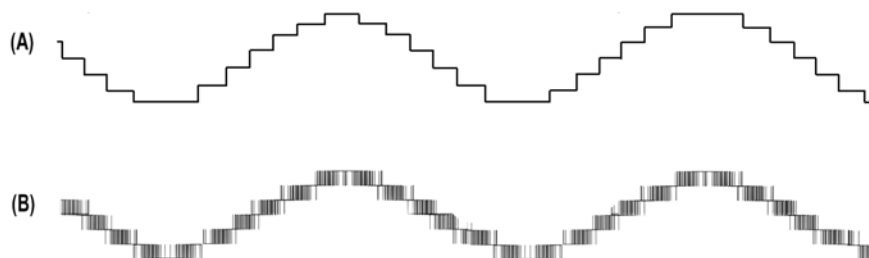
Για λόγους καλής πρακτικής η καταγραφή ψηφιακού ήχου γίνεται σε δυναμικές κλίμακες κατά πολύ μεγαλύτερες των 90 dB, έτσι ώστε οι πολύ χαμηλοί ήχοι να μπορούν να ενισχυθούν αργότερα για μέγιστη πιστότητα. Η καταγραφή ήχων χαμηλής συχνότητας δεν χρησιμοποιεί όλο το διαθέσιμο εύρος δείγματος, σε αντίθεση με την καταγραφή υψηλών συχνοτήτων· αυτή η απώλεια ανάλυσης δεν μπορεί απλά να ανακτηθεί αυξάνοντας γενικά την ένταση.

### 5.7.2 Η Τεχνική Dither

Επειδή οι στάθμες ποσοτικοποίησης είναι πεπερασμένες σε πλήθος και όχι άπειρες, είναι μοιραίο η στρογγυλοποίηση των τιμών κάποιων δειγμάτων σε αυτές να έχει σαν αποτέλεσμα κάποιες να λάβουν την ίδια τιμή, με τελικό αποτέλεσμα την παραμόρφωση της καταγραφής. Στη μετατροπή ενός αναλογικού σήματος συνεχών τιμών σε ένα σύνολο διακριτών τιμών, αυτό λέγεται σφάλμα ποσοτικοποίησης ή σφάλμα κβαντισμού (quantisation error) και εμφανίζεται σαν θόρυβος. Όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος δείγματος που χρησιμοποιείται τόσο μικρότερο είναι το σφάλμα, αλλά τόσο μεγαλύτερο αντίστοιχα και το μέγεθος των δεδομένων που προκύπτει. Ένας οικονομικότερος τρόπος να μειωθεί το σφάλμα αυτό είναι η τεχνική πρόσμιξης θορύβου πριν από το στάδιο της ποσοτικοποίησης, γνωστή ως dithering.



Ο θόρυβος που εισάγεται είναι συνήθως μια συχνότητα με πλάτος όσο το εύρος δύο διαδοχικών σταθμών ποσοτικοποίησης, γνωστός και ως λευκός θόρυβος. Όπως βλέπουμε στην **Εικόνα 5.8** η εισαγωγή θορύβου έχει αναγκάσει τις τιμές να εναλλάσσονται γρήγορα ανάμεσα στις στάθμες ποσοτικοποίησης εξομαλύνοντας τις απότομες μεταβολές, προσδίδοντας ένα πιο ομαλό σχήμα στη νέα κυματομορφή (B). Παρά το γεγονός της παραμόρφωσης που προκύπτει, το τελικό αποτέλεσμα είναι ακουστικά αποτελεσματικό.



**Εικόνα 5.8.** Ενδεικτική κυματομορφή μετά το στάδιο της δειγματοληψίας χωρίς dithering (A) και με dithering (B).

Η τεχνική dithering απαιτείται σχεδόν πάντοτε όταν πρέπει να γίνει μείωση του αριθμού των δυαδικών ψηφίων (bits) που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του ψηφιακού ήχου, όπως για τη μετατροπή δεδομένων ήχου 16-bit σε δεδομένα 8-bit (downsampling). Αυτό συμβαίνει, όταν π.χ. εξάγουμε αρχεία από εφαρμογές επεξεργασίας ήχου, όπου η επεξεργασία έγινε στα 24-bit και απαιτείται ένα αρχείο 16-bit ή κάθε φορά που ο υπολογιστής παίζει ήχο 32 ή 24-bit, δεδομένου ότι οι περισσότερες κάρτες ήχου είναι 16-bit.

## 5.8 ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΗΧΟΥ

Όπως σε κάθε μετατροπή αναλογικών σε ψηφιακά δεδομένα, το μέγεθος των ψηφιακών δεδομένων είναι καθοριστικό για την αποτελεσματική διαχείρισή τους (αποθήκευση, επεξεργασία κλπ.). Όσο υψηλότεροι είναι οι ρυθμοί δειγματοληψίας (*sampling*) και το εύρος των δειγμάτων (*quantising*), τόσο υψηλότερη είναι η πιστότητα της μετατροπής αλλά κι ο όγκος των δεδομένων που προκύπτουν. Ειδικότερα στις εφαρμογές πολυμέσων, όπου η μεταφορά δεδομένων γίνεται μέσω δικτύων, οι χρόνοι μεταφοράς δεδομένων είναι πολλές φορές πιο σημαντικοί από την ευχέρεια αποθήκευσης των δεδομένων. Ένας πρόσθετος παράγοντας που καθορίζει το μέγεθος των ψηφιακών δεδομένων ήχου είναι η χρονική διάρκεια του ήχου (ομιλία, μουσική κλπ.).

Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την απαιτούμενη χωρητικότητα για την αποθήκευση ενός ψηφιακού αρχείου ήχου είναι ο ρυθμός δειγματοληψίας (Hz), το εύρος δείγματος (bits), η διάρκεια (sec) και τα κανάλια (μονοφωνικός ή στερεοφωνικός ήχος).

Ο συνδυασμός του ρυθμού δειγματοληψίας και του εύρους δείγματος που εκφράζει τον ρυθμό των απαιτούμενων bits ανά μονάδα χρόνου, είναι γνωστός σαν **ρυθμός δεδομένων (bit rate ή bitrate)** και εκφράζεται σε bit ή Mbit ανά δευτερόλεπτο (**Mbps** ή Mb/s ή Mbit/s). Αν, δηλαδή, το bitrate ενός αρχείου ήχου είναι 8 Mbps, σημαίνει ότι κάθε δευτερόλεπτο ήχου αντιστοιχεί σε δεδομένα μεγέθους 8 Mbit ή 1 MB. Γενικά, όσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός δεδομένων τόσο πιο ομαλή θα είναι η ακουστική αίσθηση του

ήχου. Ήχοι με εύρος δείγματος μεγαλύτερο των 16 bit και bitrate υψηλότερο από 1,35 Mbit/sec (ποιότητα Audio CD) είναι χρήσιμοι σε επαγγελματικές εφαρμογές ήχου όχι τόσο γιατί ο ήχος αποδίδεται με υψηλότερη πιστότητα αλλά γιατί το απαιτεί η ανάγκη ακρίβειας στα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων (μίξη, mastering, κλπ). Η εξίσωση που προσδιορίζει το μέγεθος ενός αρχείου ήχου, είναι:

*Μέγεθος (bits) = (Ρυθμός Δειγματοληψίας [Hz]) (Εύρος Δείγματος [bits]) (Χρονική Διάρκεια [sec]) (Πλήθος Καναλιών)*

ή

*Μέγεθος (bits) = (Ρυθμός Δεδομένων [bps]) (Χρονική Διάρκεια [sec]) (Πλήθος Καναλιών)*

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για κάθε ένα λεπτό στερεοφωνικού ήχου ποιότητας audio CD (ρυθμός δειγματοληψίας 44,1 KHz και εύρος δείγματος 16 bit) απαιτούνται περίπου 10 MB αποθηκευτικού χώρου. Για ένα μουσικό κομμάτι μιας ώρας απαιτούνται περίπου 600 MB αποθηκευτικού χώρου.

| Εύρος Δείγματος | Ρυθμός Δειγματοληψίας | Bitrate     | Μέγεθος Αρχείου για ήχο 1 λεπτού |
|-----------------|-----------------------|-------------|----------------------------------|
| 16              | 44100 Hz              | 1.35 Mbit/s | ~ 10 MB                          |
| 16              | 48000 Hz              | 1.46 Mbit/s | 11 MB                            |
| 24              | 96000 Hz              | 4.39 Mbit/s | 33 MB                            |
| αρχείο MP3      | 128 kbit/s            | 0.13 Mbit/s | 0.94 MB                          |

**Πίνακας 5.2.** Μεγέθη ψηφιακών αρχείων για ήχο ενός λεπτού.

Με βάση τη σχέση υπολογισμού του μεγέθους ενός ψηφιακού αρχείου ήχου και το ότι η χρονική διάρκεια του ήχου δεν αποτελεί επιλογή, συμπεραίνουμε ότι οι διαθέσιμες στρατηγικές μείωσης του μεγέθους των αρχείων ήχου μπορεί να είναι:

- Η μείωση του ρυθμού δειγματοληψίας
- Η μείωση του εύρους δείγματος
- Η μείωση των καναλιών
- Η συμπίεση των δεδομένων

Βέβαια, κάθε μια από τις παραπάνω επιλογές έχει και τις αντίστοιχες συνέπειες. Συγκεκριμένα:

- Η μείωση του ρυθμού δειγματοληψίας μειώνει την πιστότητα της ηχητικής ψηφιακής αναπαραγωγής άρα και την ποιότητα του τελικού ήχου. Οι όποιες επιλογές μείωσης του ρυθμού δειγματοληψίας θα πρέπει να βασίζονται στην αντίληψη του ήχου και στην προσδοκώμενη χρήση του αρχείου. Για την καταγραφή της ανθρώπινης φωνής σε μια ομιλία για παράδειγμα, ένας ρυθμός δειγματοληψίας 11.000Hz θεωρείται ικανοποιητικός. Ο ίδιος ρυθμός κρίνεται ικανοποιητικός για την καταγραφή κρότων, όχι όμως για την καταγραφή μουσικής.
- Το εύρος δείγματος επηρεάζει την πιστότητα του αναπαραγόμενου ήχου. Οι πιο κοινές ρυθμίσεις εύρους δείγματος (bit depth) στα προγράμματα επεξεργασίας ψηφιακού ήχου είναι 8-bit και 16-bit. Τα 8-bit είναι ικανοποιητικά για ήχους ανθρώπινης ομιλίας όχι όμως για μουσικούς ήχους όπου συνήθως χρησιμοποιούνται 16-bit.
- Μειώνοντας τον αριθμό των καναλιών στερεοφωνικού ήχου από δύο σε ένα, μειώνεται το μέγεθος του αρχείου στο μισό. Η μείωση των καναλιών επηρεάζει

αισθητά την αίσθηση του ήχου και πρέπει να επιλέγεται στην περίπτωση που η τελική χρήση αφορά μονοφωνικές εφαρμογές.

Το Bitrate αναφέρεται στον απαιτούμενο όγκο δεδομένων για την αναπαράσταση του ήχου ανά δευτερόλεπτο και εξαρτάται από τον τύπο του codec που χρησιμοποιείται για να κωδικοποιήσει τα δεδομένα ήχου.

$$\text{bit rate} = (\text{εύρος δείγματος}) (\text{ρυθμός δειγματοληψίας}) (\text{πλήθος καναλιών})$$

Πολλές εφαρμογές επεξεργασίας ήχου έχουν τη δυνατότητα αλλαγής του bit-rate. Οι επιλογές πολλές φορές εμφανίζονται σε μια γκάμα επιλογών και συνδέονται με έννοιες ποιότητας όπως «πτωχή» έως «καλή».

## 5.9 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ, ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΗ

Το σύνολο των μηχανισμών που εμπλέκονται στη διαδικασία κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης ψηφιακών δεδομένων ήχου, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένους αλγόριθμους, ονομάζεται codec (από τη σύντμηση των λέξεων COder και DECoder). Τα codecs είναι προγράμματα που μπορούν να χρησιμοποιούν τεχνικές μείωσης (**συμπίεση**) του όγκου της ροής δεδομένων (bitrate) και διακρίνονται σε αυτά που χρησιμοποιούν μη-απωλεστικές (lossless) και σε αυτά που χρησιμοποιούν απωλεστικές (lossy) τεχνικές συμπίεσης.

Οι μη απωλεστικές τεχνικές εξασφαλίζουν ότι κατά την αποσυμπίεση όλα τα αρχικά δεδομένα του ήχου θα είναι και πάλι διαθέσιμα· βασικό μειονέκτημα, ο μεγάλος όγκος αρχείων που προκύπτουν. Οι απωλεστικές τεχνικές αλλοιώνουν τα δεδομένα, διαγράφοντας, με κάποιο συγκεκριμένο κριτήριο, τα μέρη εκείνα τα οποία δεν θα είναι χρήσιμα στην ακρόαση του ήχου. Οι απωλεστικές τεχνικές είναι πολύ αποτελεσματικές, επιτυγχάνοντας πολύ καλές σχέσεις συμπίεσης/ποιότητας αναπαραγωγής· το αποτέλεσμα είναι τα κατά πολύ μικρότερα αρχεία ήχου.

Τα codecs βασίζονται σε ψυχοακουστικά μοντέλα αντίληψης του ήχου, χρησιμοποιώντας τα ως κριτήρια για το ποιά δεδομένα θα αγνοήσουν. Για τον λόγο αυτό ονομάζονται και Αντιληπτικά (Perceptual Codecs). Τα ψυχοακουστικά μοντέλα λέγονται και Υποκειμενικά Μοντέλα Ακοής και βασίζονται σε πειράματα και στατιστικές μετρήσεις για τον ορισμό μιας μέσης ακουστικής συμπεριφοράς ακροατή.

Βασικό μειονέκτημα των απωλεστικά συμπίεσμένων αρχείων ήχου είναι ότι τα δεδομένα ήχου που «αγνοήθηκαν» δεν μπορεί να επανακτηθούν σε αντίθεση με τα συμπίεσμένα αρχεία μη απωλεστικού τύπου. Αυτός είναι και ο λόγος που στην ψηφιακή επεξεργασία ήχου προτιμάται ο δεύτερος τύπος αρχείων ως «πρωτότυπο».

## 5.10 ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΑΡΧΕΙΩΝ ΗΧΟΥ

Ένα ψηφιακό αρχείο ήχου αποτελείται γενικά από δύο τμήματα: την κεφαλίδα (header) και τα (κωδικοποιημένα) δεδομένα του ήχου (audio data). Η κεφαλίδα περιέχει μεταδεδομένα που αφορούν στον ρυθμό δειγματοληψίας, στο εύρος δείγματος, στον τύπο συμπίεσης, στον τίτλο του αρχείου, αναφορές σε δικαιώματα χρήσης κ.ά. Το δεύτερο τμήμα του αρχείου, το οποίο είναι και το μεγαλύτερο, περιλαμβάνει αυτά καθαυτά τα (κωδικοποιημένα) δεδομένα ήχου.

Είναι σημαντικό να διακρίνουμε ανάμεσα στον μορφότυπο του αρχείου ήχου, δηλαδή στο αρχείο περιέκτη των δεδομένων ήχου και στην κωδικοποίηση των δεδομένων ήχου αυτών καθαυτών που περιέχει. Ο μορφότυπος ορίζει τον τρόπο δομής του αρχείου, ενώ ο codec την κωδικοποίηση (και αποκωδικοποίηση) των δεδομένων ήχου. Για παράδειγμα, ένα

αρχείο ήχου μπορεί να περιέχει δεδομένα ήχου που έχουν συμπιεστεί με διαφορετικό codec. Τα περισσότερα αρχεία ήχου είναι αρχεία περιέκτες.

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες αρχείων:

- Αρχεία ασυμπίεστων δεδομένων ήχου, όπως τα AIFF, AU ή WAV,
- Αρχεία ήχου με απωλεστική συμπίεση, όπως τα αρχεία MP3, Vorbis και AAC,
- Αρχεία ήχου με μη απωλεστική συμπίεση, όπως τα FLAC (Free Lossless Audio Codec).
- 

| Κοινοί Τύποι Ψηφιακών Αρχείων Ήχου |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Κατάληξη                           | Όνομα                                | Περιγραφή                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| .aac                               | AAC (Advanced Audio Coding)          | Codec για απωλεστική συμπίεση ήχου. Υποστηρίζει δειγματοληψίες 8KHz - 96KHz και bit rates από 16Kbps έως 320Kbps. Κοινές καταλήξεις αρχείων AAC είναι .aac .mp4 .m4a και .m4p. Δίνει καλύτερη ποιότητα ήχου για το ίδιο bit-rate από το πρότυπο MP3. Είναι ο de facto τύπος αρχείου για το YouTube, iPhone, iPod, iPad, iTunes και PlayStation 3.                            |
| .aif                               | AIFF (Audio Interchange File Format) | Αρχεία περιέκτες για ασυμπίεστο ήχο. Τα αρχεία AIFF είναι ο εγγενής μορφότυπος ήχου για το λειτουργικό Mac OSX. Μπορεί να αποθηκεύσει στοιχεία MIDI. Η εκδοχή AIFC αποθηκεύει ήχο με υψηλή συμπίεση και χρησιμοποιείται από ειδικά προγράμματα σύνθεσης ήχων. Μπορεί να αποθηκεύει συμπιεσμένο και μη ήχο (περιέκτης AIFC), δεν έχει όμως υιοθετηθεί τόσο πλατιά όσο το WAV. |
| .mp3                               | MP3 (MPEG I, II Audio Layer 3)       | Το MPEG-1 Audio Layer 3 (3ο Επίπεδο Ήχου [του προτύπου] MPEG-1), γνωστό και ως MP3, είναι το περισσότερα δημοφιλές πρότυπο ψηφιακής κωδικοποίησης ήχου, το οποίο χρησιμοποιεί αλγόριθμους απωλεστικής συμπίεσης για τη μείωση του μεγέθους των αρχείων. Υποστηρίζεται από όλα τα συστήματα αναπαραγωγής ήχου. Εξαιρετική σχέση συμπίεσης ποιότητας.                          |
| .mov                               | QuickTime movie (Apple)              | Εμπορικός μορφότυπος αρχείου περιέκτη, υποστηρίζεται από το QuickTime Player της Apple. Αποθηκεύει βίντεο και ήχο και μπορεί, μέσω επεκτάσεων (codec components), να αναπαραγάγει ήχους με άλλα codecs.                                                                                                                                                                      |
| .ra ή .ram                         | Real Audio                           | Εμπορικός μορφότυπος της Real Player. Μπορεί να περιέχει ήχο ή το URL ήχου από το διαδίκτυο. Χρησιμοποιεί αλγόριθμο συμπίεσης της Real Player· χρησιμοποιείται συχνά για αναπαραγωγή ήχων μέσω του περιηγητή (web browser).                                                                                                                                                  |
| .wav<br>.wave                      | WAVE (Waveform Audio File Format)    | Είναι ο κύριος μορφότυπος περιέκτης για την αποθήκευση ασυμπίεστων δεδομένων ήχου σε συστήματα Windows. Συνήθως χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύουν αρχεία ποιότητας Audio CD. Υποστηρίζεται και από το λειτουργικό Mac OSX.                                                                                                                                                 |
| .wma                               | Windows Media Audio (Microsoft)      | Το WMA ή Windows Media Audio είναι codec και σχεδιάστηκε για χρήση με το Windows Media Player. Δεν υποστηρίζεται ευρέως σε άλλες υπολογιστικές πλατφόρμες.                                                                                                                                                                                                                   |
| .ogg                               | Ogg Vorbis                           | Αρχεία περιέκτες για απωλεστικά συμπιεσμένα αρχεία ήχου. Είναι πρότυπο ανοικτού κώδικα.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| .flac                              | FLAC (Free Lossless Audio Codec)     | Το πρότυπο FLAC είναι ανοικτού κώδικα και λειτουργεί σαν περιέκτης και codec. Υποστηρίζει μεταδεδομένα, γραφικά για εξώφυλλα και έχει σχέση συμπίεσης 50-60%. Χρησιμοποιεί αλγόριθμο μη απωλεστικής συμπίεσης. Σχεδιάστηκε για να διαδεχθεί το MP3.                                                                                                                          |
| .au                                |                                      | Μορφότυπος περιέκτης, χρησιμοποιείται από την εφαρμογή Audacity για την αποθήκευση ασυμπίεστων δεδομένων ήχου παλμοκωδικής διαμόρφωσης (PCM).                                                                                                                                                                                                                                |

**Πίνακας 5.3.** Κοινοί μορφότυποι ψηφιακών αρχείων ήχου.

## 5.11 MIDI



Ένας άλλος τρόπος για την αποθήκευση και εκτέλεση μουσικής είναι το **Musical Instrument Digital Interface (MIDI)**. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές συσκευές που χρησιμοποιούν το MIDI, όπως κινητά τηλέφωνα, μουσικά πληκτρολόγια και προσωπικοί υπολογιστές. Το

κοινό που έχουν όλες οι συσκευές MIDI είναι η γλώσσα MIDI η οποία περιγράφει τις οδηγίες εκτέλεσης μουσικής όπως ακριβώς και μια μουσική παρτιτούρα. Μέσω μηνυμάτων MIDI ορίζει ποιές νότες πρέπει να παιχτούν, για πόσο χρόνο, με ποιο ρυθμό, με ποιά όργανα και με ποιά σχετική ένταση. Το MIDI αφορά πληροφορίες εκτέλεσης ήχων και όχι ψηφιακά δεδομένα ηχογραφημένων ήχων.

Τα δεδομένα MIDI μπορούν να μεταφερθούν ηλεκτρονικά μέσω MIDI συμβατών μουσικών οργάνων και υπολογιστών ή να αποθηκευτούν ως ψηφιακά αρχεία MIDI και να εκτελεστούν ως μουσική σε μετέπειτα χρόνο. Σε κάθε περίπτωση, το τελικό μουσικό αποτέλεσμα θα εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο η κάθε συσκευή MIDI θα ερμηνεύσει τις σχετικές οδηγίες, όπως θα έκανε και ένας μουσικός διαβάζοντας μια μουσική παρτιτούρα.

Το MIDI είναι ιδιαίτερα σημαντικό, γιατί προσφέρει στους μουσικούς ένα τρόπο έκφρασης και δημιουργίας ο οποίος πριν από την εμφάνισή του δεν ήταν εφικτός σε ατομικό επίπεδο. Μέσω της μεταφοράς δεδομένων MIDI ένας μουσικός μπορεί να δημιουργήσει και να εξελίξει ένα τραγούδι ή μια μουσική σύνθεση με πρακτικό, ευέλικτο και ιδιαίτερα οικονομικό τρόπο.

Το αρχικό πρότυπο MIDI (MIDI 1.0) παρουσιάστηκε το 1983 από τον οργανισμό International MIDI Association καθορίζοντας ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας και αποστολής μηνυμάτων για τη διασύνδεση μουσικών οργάνων και συσκευών σε πραγματικό χρόνο. Μερικά χρόνια αργότερα αναπτύχθηκε ο τύπος ψηφιακού αρχείου Standard MIDI σαν μορφότυπος αποθήκευσης των δεδομένων MIDI.

Οι τρεις βασικοί πυλώνες της αρχιτεκτονικής MIDI είναι τα **μηνύματα MIDI** (MIDI messages), οι **διεπαφές σύνδεσης συσκευών** (καλώδια MIDI, διεπαφές USB, FireWire, κλπ) και τα ψηφιακά αρχεία **Standard MIDI** (SMF ή .mid) για την αποθήκευση, ανταλλαγή και εκτέλεση δεδομένων MIDI (MIDI MA Inc 2015).

### 5.11.1 ΜΗΝΥΜΑΤΑ MIDI

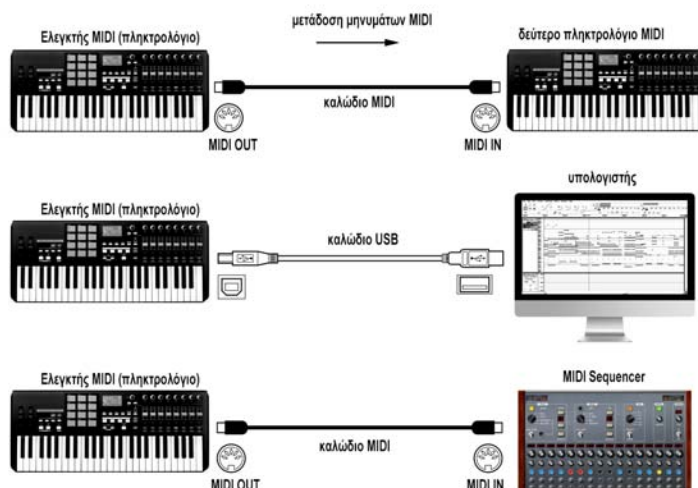
Τα μηνύματα MIDI είναι οδηγίες που ελέγχουν κάποιο μέρος της μουσικής εκτέλεσης ενός οργάνου. Η κωδικοποίηση των μηνυμάτων περιγράφει τον τύπο του μηνύματος σε ένα byte (status byte) και ακολουθείται από ένα ή δύο bytes με τις τιμές των παραμέτρων του μηνύματος.

Το πιο κοινό μήνυμα MIDI είναι το **Note On**, το οποίο παίρνει δύο παραμέτρους. Η πρώτη είναι μια αριθμητική τιμή από την κλίμακα 0 έως 127 και καθορίζει τη μουσική νότα που πρέπει να παιχτεί. Τα διαδοχικά νούμερα στην κλίμακα 0-127 αντιπροσωπεύουν μουσικές νότες με διαφορά ενός ημιτόνιου, όπως ακριβώς στα πλήκτρα του πιάνου. Η δεύτερη παράμετρος είναι η ταχύτητα του πλήκτρου και καθορίζει το πόσο γρήγορα πιάστηκε το πλήκτρο διαμορφώνοντας έτσι την ατάκα της νότας. Όταν χρησιμοποιείται ένα πραγματικό πληκτρολόγιο MIDI, οι τιμές αυτές ανιχνεύονται από τη συσκευή τη στιγμή που ο μουσικός πιέζει τα πλήκτρα. Όταν το μήνυμα δημιουργείται από λογισμικό, οι τιμές καθορίζονται από τον χρήστη.

Άλλα σημαντικά μηνύματα MIDI είναι το **Note Off** το οποίο τελειώνει μια νότα, το **Key Pressure** που καθορίζει το πόσο δυνατά θα κρατηθεί πατημένο το πλήκτρο και το **Pitch Bend** το οποίο αλλάζει τις νότες δυναμικά, όπως όταν ο μουσικός λυγίζει τη χορδή μιας κιθάρας (στα πληκτρολόγια MIDI για τη λειτουργία αυτή χρησιμοποιείται μια σφαίρα).

Όταν εκτελείται ένα μήνυμα, στην ορολογία MIDI λέγεται ότι επιτελείται ένα συμβάν (**event**). Σε μια ζωντανή μουσική εκτέλεση ο χρονισμός των events καθορίζεται από τον μουσικό σε πραγματικό χρόνο. Σε ένα ψηφιακό αρχείο MIDI η καταγραφή του χρόνου κάθε event είναι απαραίτητη και γίνεται σημειώνοντας τη χρονική διαφορά του (χρόνος Δέλτα) από το προηγούμενο.





**Εικόνα 5.9.** Συνδεσμολογία Ελεγκτή MIDI για τον έλεγχο άλλων συσκευών MIDI.

### 5.11.2 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ GENERAL MIDI

Τα όργανα που ελέγχονται μέσω της διεπαφής MIDI, όπως συνθεσάιζερ και δειγματολήπτες (samplers), μπορούν να αναπαράγουν ένα σύνολο διαφορετικών ήχων οι οποίοι συνήθως αποκαλούνται «φωνές» (voices). Στην περίπτωση των συνθεσάιζερ, υπάρχουν διαφορετικοί ήχοι που αποκαλούνται «μπαλώματα» (patches), ενώ στους δειγματολήπτες οι ήχοι είναι αποθηκευμένα δείγματα από διάφορα μουσικά όργανα.

Όταν το μήνυμα MIDI «Program Change» επιλέγει μια νέα φωνή, χρησιμοποιεί μια τιμή από 0 έως 127. Η αντιστοίχιση αυτών των τιμών σε φωνές δεν περιγράφεται στο πρότυπο MIDI. Ενδέχεται, λοιπόν, ένα αρχείο MIDI που προορίζεται για πιάνο να εκτελεστεί π.χ. από ένα τρομπόνι. Για τον λόγο αυτό έγινε μια προσθήκη στο πρότυπο, γνωστή ως **General MIDI** (GM), καθορίζοντας 128 συγκεκριμένες φωνές (voices) οι οποίες αντιστοιχούν στις τιμές που χρησιμοποιεί το μήνυμα Program Change (βλέπε Πίνακας 5.4).

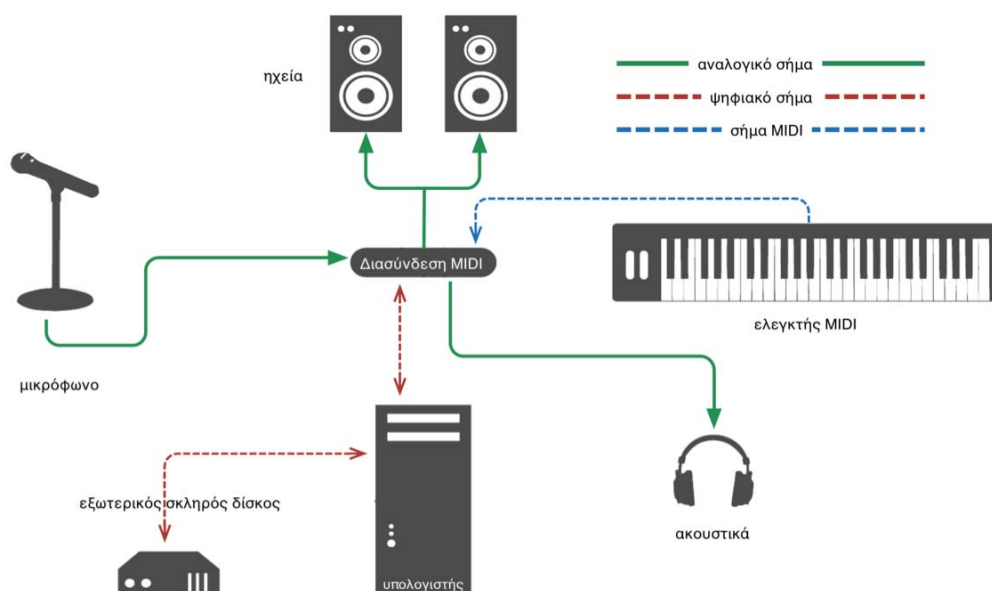
Το πρότυπο General MIDI απλά συσχετίζει αριθμούς με φωνές (ονόματα ήχων οι οποίοι αντιστοιχούν σε κάποιο όργανο ή κάποιο ηχητικό γεγονός). Αυτό δεν σημαίνει ότι θα παραχθούν πάντοτε οι ίδιοι ήχοι για κάθε φωνή από οποιαδήποτε συσκευή. Μια φτηνή κάρτα ήχου για παράδειγμα, η οποία θα προσπαθήσει να συνθέσει το τελικό αποτέλεσμα δεν μπορεί να έχει την ίδια ποιότητα απόδοσης με ένα δειγματολήπτη (sampler) ο οποίος χρησιμοποιεί δείγματα ήχου υψηλής ποιότητας από πραγματικά μουσικά όργανα.

|    |                         |    |                   |     |                      |
|----|-------------------------|----|-------------------|-----|----------------------|
| 1  | Acoustic Grand Piano    | 44 | Contrabass        | 87  | Lead 7 (fifths)      |
| 2  | Bright Acoustic Piano   | 45 | Tremolo Strings   | 88  | Lead 8 (bass + lead) |
| 3  | Electric Grand Piano    | 46 | Pizzicato Strings | 89  | Pad 1 (new age)      |
| 4  | Honky-tonk Piano        | 47 | Orchestral Harp   | 90  | Pad 2 (warm)         |
| 5  | Electric Piano 1        | 48 | Timpani           | 91  | Pad 3 (polysynth)    |
| 6  | Electric Piano 2        | 49 | String Ensemble 1 | 92  | Pad 4 (choir)        |
| 7  | Harpsichord             | 50 | String Ensemble 2 | 93  | Pad 5 (bowed)        |
| 8  | Clavi                   | 51 | SynthStrings 1    | 94  | Pad 6 (metallic)     |
| 9  | Celesta                 | 52 | SynthStrings 2    | 95  | Pad 7 (halo)         |
| 10 | Glockenspiel            | 53 | Choir Aahs        | 96  | Pad 8 (sweep)        |
| 11 | Music Box               | 54 | Voice Oohs        | 97  | FX 1 (rain)          |
| 12 | Vibraphone              | 55 | Synth Voice       | 98  | FX 2 (soundtrack)    |
| 13 | Marimba                 | 56 | Orchestra Hit     | 99  | FX 3 (crystal)       |
| 14 | Xylophone               | 57 | Trumpet           | 100 | FX 4 (atmosphere)    |
| 15 | Tubular Bells           | 58 | Trombone          | 101 | FX 5 (brightness)    |
| 16 | Dulcimer                | 59 | Tuba              | 102 | FX 6 (goblins)       |
| 17 | Drawbar Organ           | 60 | Muted Trumpet     | 103 | FX 7 (echoes)        |
| 18 | Percussive Organ        | 61 | French Horn       | 104 | FX 8 (sci-fi)        |
| 19 | Rock Organ              | 62 | Brass Section     | 105 | Sitar                |
| 20 | Church Organ            | 63 | SynthBrass 1      | 106 | Banjo                |
| 21 | Reed Organ              | 64 | SynthBrass 2      | 107 | Shamisen             |
| 22 | Accordion               | 65 | Soprano Sax       | 108 | Koto                 |
| 23 | Harmonica               | 66 | Alto Sax          | 109 | Kalimba              |
| 24 | Tango Accordion         | 67 | Tenor Sax         | 110 | Bag pipe             |
| 25 | Acoustic Guitar (nylon) | 68 | Baritone Sax      | 111 | Fiddle               |
| 26 | Acoustic Guitar (steel) | 69 | Oboe              | 112 | Shanai               |
| 27 | Electric Guitar (jazz)  | 70 | English Horn      | 113 | Tinkle Bell          |
| 28 | Electric Guitar (clean) | 71 | Bassoon           | 114 | Agogo                |
| 29 | Electric Guitar (muted) | 72 | Clarinet          | 115 | Steel Drums          |
| 30 | Overdriven Guitar       | 73 | Piccolo           | 116 | Woodblock            |
| 31 | Distortion Guitar       | 74 | Flute             | 117 | Taiko Drum           |
| 32 | Guitar harmonics        | 75 | Recorder          | 118 | Melodic Tom          |
| 33 | Acoustic Bass           | 76 | Pan Flute         | 119 | Synth Drum           |
| 34 | Electric Bass (finger)  | 77 | Blown Bottle      | 120 | Reverse Cymbal       |
| 35 | Electric Bass (pick)    | 78 | Shakuhachi        | 121 | Guitar Fret Noise    |
| 36 | Fretless Bass           | 79 | Whistle           | 122 | Breath Noise         |
| 37 | Slap Bass 1             | 80 | Ocarina           | 123 | Seashore             |
| 38 | Slap Bass 2             | 81 | Lead 1 (square)   | 124 | Bird Tweet           |
| 39 | Synth Bass 1            | 82 | Lead 2 (sawtooth) | 125 | Telephone Ring       |
| 40 | Synth Bass 2            | 83 | Lead 3 (calliope) | 126 | Helicopter           |
| 41 | Violin                  | 84 | Lead 4 (chiff)    | 127 | Applause             |
| 42 | Viola                   | 85 | Lead 5 (charang)  | 128 | Gunshot              |
| 43 | Cello                   | 86 | Lead 6 (voice)    |     |                      |

**Πίνακας 5.4.** Το πρότυπο GM1 δεν καθορίζει τα πραγματικά χαρακτηριστικά των ήχων. Τα ονόματα στη στήλη «Όργανο» χρησιμεύουν μόνο ως ενδείξεις.

### 5.11.3 Η ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ

Τα καλώδια MIDI διασυνδέουν συσκευές μέσω θυρών MIDI IN, MIDI OUT και MIDI THRU. Η θύρα MIDI IN λαμβάνει τα εισερχόμενα μηνύματα MIDI και η θύρα MIDI OUT μεταφέρει «γεγονότα» από το πληκτρολόγιο MIDI σε άλλες συσκευές ή στον υπολογιστή. Η θύρα MIDI THRU δίνει ένα ακριβές αντίγραφο των δεδομένων που εισρέουν στο MIDI IN προσφέροντας τη δυνατότητα σύνδεσης πολλών συσκευών στην σειρά.



**Εικόνα 5.10.** Διάγραμμα ενός απλού τυπικού δικτύου MIDI.

Οι πραγματικές δυνατότητες του MIDI διαφαίνονται όταν ένα δίκτυο οργάνων και άλλων μουσικών συσκευών συνδεθούν στον υπολογιστή. Βασική λειτουργία της φυσικής σύνδεσης είναι η ρύθμιση του χρονισμού ανάμεσα στους ελεγκτές MIDI (πληκτρολόγιο) και στον υπολογιστή. Ένα απλό δίκτυο MIDI φαίνεται στην **Εικόνα 5.10**.

### 5.11.4 ΨΗΦΙΑΚΑ ΑΡΧΕΙΑ MIDI



Το τρίτο και τελικό μέρος του MIDI είναι τα ψηφιακά αρχεία Standard MIDI Files (SMF)· έχουν την κατάληξη .mid. Η δημιουργία αρχείων MIDI μπορεί να γίνει με πολλές εφαρμογές sequencing μέσω της εντολής «Save As» ή «Export». Η απόδοσή των αρχείων MIDI εξαρτάται από τη συσκευή αναπαραγωγής τους, οι οποίες και θα ερμηνεύσουν τα δεδομένα MIDI και θα στείλουν εντολές αναπαραγωγής σε κάποιο συνθέτη ήχου (συνθεσάιζερ). Όλες οι κυρίαρχες υπολογιστικές πλατφόρμες υποστηρίζουν αρχεία MIDI και υπάρχουν χιλιάδες ιστότοποι που προσφέρουν μουσική MIDI.

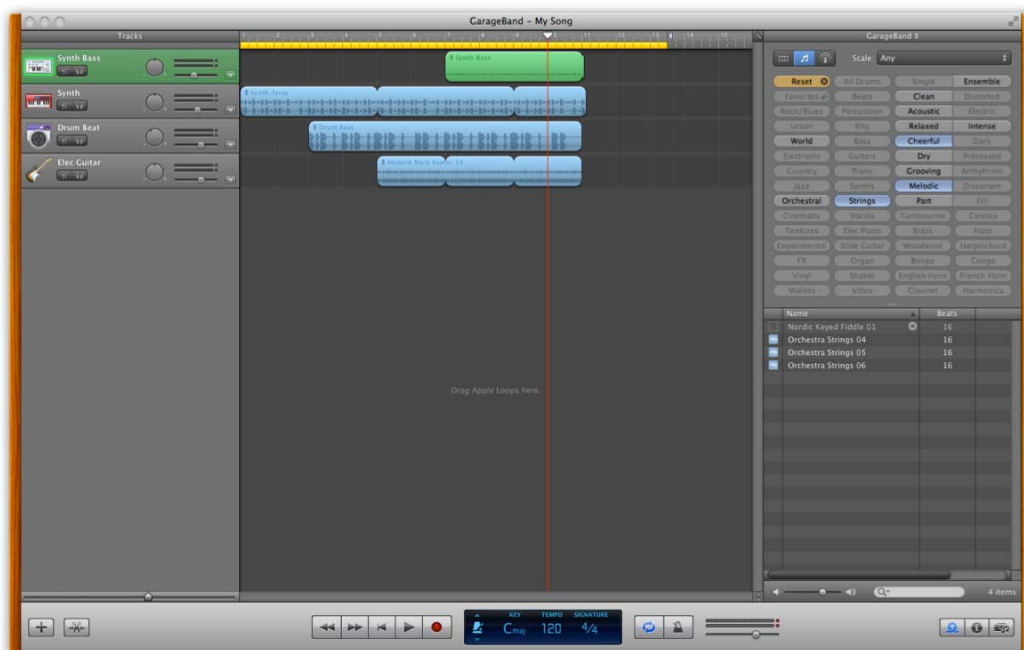
Η αναπαραγωγή αρχείων MIDI μπορεί να γίνει με εφαρμογές όπως τις Windows Media Player (WMP) στην πλατφόρμα Windows και QuickTime σε υπολογιστές Macintosh. Το QuickTime μετατρέπει αυτόματα ένα αρχείο SMF σε αρχείο QuickTime movie.

### 5.11.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ MIDI

Επειδή ο ψηφιακός ήχος έχει διαφορετικές απαιτήσεις σε ψηφιακές υποδομές (αποθηκευτικό χώρο, επεξεργαστική ισχύ) απ' ότι το MIDI, αρχικά δημιουργήθηκαν ξεχωριστές εφαρμογές λογισμικού για τις δύο μορφές δεδομένων. Με την αύξηση της υπολογιστικής ισχύος και την πτώση του αποθηκευτικού κόστους οι δύο μορφές δεδομένων διαχειρίζονται πλέον σε κοινές εφαρμογές λογισμικού, κάτι που επιτρέπει τον συνδυασμό και τον συγχρονισμό μηνυμάτων MIDI με πραγματικό ήχο. Ο συνδυασμός αυτός αντιπαρέρχεται έναν από τους βασικούς περιορισμούς του MIDI, την αδυναμία να αναπαραστήσει φωνητικό ήχο. Τα δεδομένα MIDI μπορούν να μετατραπούν σε ήχο όπως ακριβώς και τα διανυσματικά δεδομένα σε εικονοστοιχεία και το αντίστροφο (αν και το δεύτερο υλοποιείται με μεγαλύτερη δυσκολία). Η δυνατότητα μετατροπής ήχου σε δεδομένα MIDI επιτρέπει την εγγραφή μουσικής από πραγματικά όργανα αντί των οργάνων MIDI (MIDI controllers).

### 5.11.6 Προγράμματα μουσικών ακολουθιών και δεδομένων (Sequencing software)

Τα προγράμματα εγγραφής μουσικών ακολουθιών και δεδομένων, γνωστά ως προγράμματα sequencing (sequencing software ή απλά sequencers) συνδυάζουν την πολυκάναλη εγγραφή πραγματικού ήχου και πληροφοριών MIDI με τη δυνατότητα επεξεργασίας και μείξης. Μπορούμε, δηλαδή, να δημιουργήσουμε μουσικές συνθέσεις προσθέτοντας ήχους από όργανα MIDI σε ηχογραφημένη πραγματική μουσική ή το αντίστροφο. Αυτό δίνει τη δυνατότητα σε μουσικούς να παίξουν (συνθέσουν) μουσική πέρα από τις φυσικές τους ικανότητες. Τα προγράμματα sequencing είναι αυτόνομα και ολοκληρωμένα περιβάλλοντα μουσικής δημιουργίας που μπορεί να χειριστούν ακόμη και σήματα κινούμενης εικόνας (βίντεο).



**Εικόνα 5.11.** Γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής Garage Band για την συναρμολόγηση ακολουθιών ήχου (sequencing).

### 5.11.7 Προγράμματα μουσικής σημειογραφίας (Notation Software)

Τα προγράμματα αυτά επιτρέπουν την ηλεκτρονική εισαγωγή (μέσω MIDI) και επεξεργασία της μουσικής σημειογραφίας. Ο παραδοσιακός τρόπος γραφής της μουσικής με το χέρι αντικαθίσταται από τα αντίστοιχα εργαλεία στο περιβάλλον του υπολογιστή. Μπορούμε να παίζουμε τη μουσική μας στο synthesizer, αυτή να καταγραφεί με κάθε λεπτομέρεια (θέση στο πεντάγραμμο, διάρκεια, ένταση κλπ) και κατόπιν με το ποντίκι να διορθώσουμε τα λάθη, ή εξαρχής με τα εργαλεία του προγράμματος να καταγράψουμε την παρτιτούρα χρησιμοποιώντας το ποντίκι και το πληκτρολόγιο.

Ο όρος MIDI μπορεί να σημαίνει περισσότερα από ένα πράγματα:

*Μια συμβολική γλώσσα μηνυμάτων που δημιουργούνται από γεγονότα και χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν μουσική.*

*Μια συγκεκριμένη ανάγνωση μηνυμάτων συμπεριλαμβανομένης και της επιλογής του ποιοι ήχοι οργάνων και ποιές νότες πρέπει να εκτελεστούν.*

*Ένα είδος φυσικής σύνδεσης ηλεκτρονικών συσκευών.*

*Θύρες εισόδου/εξόδου που δέχονται συνδέσεις MIDI οι οποίες μεταφράζουν ψηφιακά δεδομένα σε ηλεκτρικά σήματα σύμφωνα με το πρωτόκολλο MIDI.*

*Ένα πρωτόκολλο μεταφοράς που καθορίζει τη σειρά και τον τύπο των δεδομένων από μια ηλεκτρονική συσκευή σε μια άλλη.*



## 5.12 Σύνοψη

- Το ηχητικό κύμα προκύπτει από τις μεταβολές της πίεσης του αέρα οι οποίες διαδίδονται σαν κύμα. Το ηχητικό κύμα που ερεθίζει την ακοή λέγεται και ακουστικό ή απλά ήχος.
- Η συχνότητα του ήχου δηλώνεται σε Hz. Το φάσμα συχνοτήτων ενός ήχου είναι μια περιγραφή των σχετικών εντάσεων των συχνοτήτων του.
- Η ανθρώπινη ακοή είναι ευαίσθητη σε ήχους με συχνότητα από 20 Hz έως 20 kHz περίπου· η ευαισθησία στις υψηλές συχνότητες χάνεται με την ηλικία.
- Τα φυσικά φαινόμενα του ήχου που πηγάζουν από την κυματοειδή του υπόσταση, παίζουν σημαντικό ρόλο στην αντίληψη και στην καταγραφή του.
- Η κυματομορφή ενός ήχου περιγράφει τις αλλαγές ηχητικής έντασης στο χρόνο.
- Η αντίληψη του ήχου εξαρτάται από τον ακροατή.
- Για ποιότητα ήχου Audio CD η συχνότητα δειγματοληψίας είναι τουλάχιστον 44,1 kHz.
- Η δειγματοληψία του ήχου εξαρτάται από τη χρονική ακρίβεια παλμών για την αποφυγή του σφάλματος ολίσθησης δειγματοληψίας (jitter).
- Συχνότητες μεγαλύτερες από το μισό της συχνότητας δειγματοληψίας φιλτράρονται για την αποφυγή του φαινομένου της αναδίπλωσης (foldover ή aliasing).
- Για ποιότητα Audio CD χρησιμοποιούνται δείγματα των 16-bit για 65,536 στάθμες ποσοτικοποίησης ή αλλιώς στάθμες κβαντισμού.
- Ο θόρυβος του σφάλματος ποσοτικοποίησης μπορεί να ελεγχθεί με την τεχνική dithering - την πρόσθεση τυχαίου θορύβου. Παρόμοια τεχνική χρησιμοποιείται και στις ψηφιογραφικές εικόνες.
- Τα ψηφιακά δεδομένα ήχου μπορεί να αποθηκευτούν σε αρχεία AIFF, WAV ή AU. Τα αρχεία MP3 είναι τα defacto αρχεία για αποθήκευση συμπιεσμένου ήχου με απωλεστική συμπίεση.
- Τα αρχεία ήχου που έχουν συμπιεστεί μη απωλεστικά μπορούν να αναπαράγουν ένα ακριβές αντίγραφό τους.
- Το MIDI είναι ένα σύστημα οδηγιών για την εκτέλεση μουσικής και όχι ένα σύστημα αποθήκευσης πραγματικών ήχων.
- Το MIDI είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας και φυσικής διασύνδεσης ηλεκτρονικών συσκευών ήχου, όπως τα συνθεσάιζερ, οι δειγματολήπτες κ.ά..
- Τα μηνύματα MIDI είναι οδηγίες που ελέγχουν κάποια πλευρά της λειτουργίας ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων.
- Το πρότυπο General MIDI είναι ένα πρότυπο που συσχετίζει 128 τιμές (προγραμματικές εντολές) με ονόματα ήχων. Η εκτέλεση των ίδιων εντολών από διαφορετικά μουσικά όργανα δεν συνεπάγεται την παραγωγή ταυτόσημων ήχων.



## 6 ΗΧΟΣ - ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

### Βασικές Έννοιες

Καταγραφή ψηφιακού ήχου

Ηχογράφηση

Μικρόφωνα

Επεξεργασία κυματομορφής

Φίλτρα επεξεργασίας

## 6.1 Η ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Ψηφιακά δεδομένα ήχου μπορούν να δημιουργηθούν με δύο τρόπους. Με την απευθείας ηχογράφηση και ψηφιοποίηση του ήχου και με την ψηφιοποίηση ήχου ήδη αποθηκευμένου σε αναλογικά μηχανικά μέσα, όπως οι δίσκοι βινυλίου ή αναλογικά μαγνητικά μέσα όπως οι μαγνητοταινίες ή οπτικά μέσα όπως τα CD ήχου (Audio CD).

## 6.2 ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ

Η απευθείας ηχογράφηση ήχου αφορά στη μετατροπή της ηχητικής ενέργειας (ηχητικό κύμα) σε ηλεκτρική (ηλεκτρικό σήμα). Η διαδικασία αυτή γίνεται με τη χρήση μικροφώνων.

Τα μικρόφωνα, όπως και τα μεγάφωνα (τα οποία κάνουν ακριβώς την αντίστροφη διαδικασία μετατρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια σε ηχητική), λέγονται και ηλεκτροακουστικοί μετατροπείς. Η γενική αρχή λειτουργίας ενός μικροφώνου βασίζεται στη σύλληψη των ταλαντώσεων του αέρα μέσω ενός λεπτού ελαστικού διαφράγματος και στη μετατροπή τους σε ηλεκτρικό σήμα (εναλλαγές τάσης) με χαρακτηριστικά ανάλογα της έντασης και της συχνότητας του ήχου. Τυπικά τα μέρη ενός μικροφώνου είναι:

- Το διάφραγμα: Ο αισθητήριος μηχανισμός της μεταβολής της πίεσης του αέρα (ηχητικό κύμα).
- Η κάψουλα ή κάψα: Περιέχει το διάφραγμα, ηλεκτρονικά εξαρτήματα και ηχομονωτικά πετάσματα για τη διαμόρφωση της κατευθυντικότητας. Κάποια μικρόφωνα διατίθενται με εναλλασόμενες κάψες.
- Οι αεραγωγοί: Τα ανοίγματα από όπου εισέρχονται τα ηχητικά κύματα.
- Το σώμα του μικροφώνου όπου στεγάζονται όλα τα προηγούμενα, καθώς και το βύσμα σύνδεσης για το καλώδιο ήχου. Πολλά μικρόφωνα διαθέτουν δύο (XLR και USB).

### 6.2.1 Τύποι Μικροφώνων

Οι βασικοί τύποι μικροφώνων με βάση την αρχή λειτουργίας τους είναι τα **δυναμικά** (dynamic), **πυκνωτικά** (condenser), **ταινίας** (ribbon) και τα **πιεζοηλεκτρικά**. Τα μικρόφωνα με την ευρύτερη χρήση είναι τα δυναμικά και τα πυκνωτικά.

Η λειτουργία των δυναμικών μικροφώνων στηρίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Η βασική διάταξη είναι ένα πηνίο προσαρμοσμένο στο πίσω μέρος ενός διαφράγματος, το οποίο κινείται ανάλογα με τις μεταβολές της πίεσης του ηχητικού κύματος που φτάνει σε αυτό. Το πηνίο, που βρίσκεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο ενός μόνιμου μαγνήτη, ακολουθεί την ταλάντωση του διαφράγματος με αποτέλεσμα την εμφάνιση επαγωγικής τάσης στην άκρη του πηνίου.

Τα δυναμικά μικρόφωνα είναι στιβαρές κατασκευές, δεν απαιτούν εξωτερική τροφοδοσία, είναι σχετικά φτηνά και ιδιαίτερα ανθεκτικά. Είναι τα πιο δημοφιλή μικρόφωνα για εκτελέσεις ζωντανής μουσικής.



**Εικόνα 6.1.** Δυναμικό μικρόφωνο φωνής.<sup>50</sup>

Με παρόμοιο τρόπο λειτουργούν και τα **μικρόφωνα τύπου ταινίας** (ribbon microphones), στα οποία όμως τη θέση του πηνίου παίρνει μια λεπτή πτυχωτή μεταλλική ταινία. Η ταινία μπορεί και πάλλεται ελεύθερα μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργεί ένας ισχυρός μαγνήτης. Λόγω κατασκευής τα μικρόφωνα ταινίας κάνουν κατευθυνόμενη λήψη ήχου από δύο αντίθετες κατευθύνσεις. Παρουσιάζουν βελτιωμένη απόκριση στις ψηλές συχνότητες και στα γρήγορα μεταβαλλόμενα σήματα (όπως η μουσική), αλλά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στα χτυπήματα και στις μηχανικές δονήσεις.

Τα **πυκνωτικά μικρόφωνα** (condenser microphones) στηρίζουν την αρχή λειτουργίας τους σε φαινόμενα της ηλεκτροστατικής. Ένα λεπτό κινούμενο μεταλλικό διάφραγμα που δέχεται τις μεταβολές της ηχητικής πίεσης λειτουργεί ως ένας από τους δύο οπλισμούς ενός φορτισμένου (μέσω μιας εξωτερικής τροφοδοσίας, γνωστής ως Phantom power) πυκνωτή. Οι μετακινήσεις του διαφράγματος προκαλούν μεταβολές στη χωρητικότητα του πυκνωτή, και αφού το φορτίο διατηρείται σταθερό, προκαλούνται μεταβολές της τάσης στα άκρα του, ανάλογες της πίεσης του ηχητικού κύματος.

Τα πυκνωτικά μικρόφωνα προτιμούνται για την ομοιόμορφη απόκρισής τους και την ικανότητά τους να αντιδρούν με καθαρότητα σε εναλλασσόμενους ήχους. Η ιδιαίτερα λεπτή μεμβράνη επιτρέπει την απόκριση σε πολύ υψηλές συχνότητες και η φύση του σχεδιασμού τους ανταποκρίνεται πολύ ικανοποιητικά στις χαμηλές συχνότητες. Λόγω κατασκευής είναι κατά πολύ ελαφρότερα από τα δυναμικά, σχετικά πιο ακριβά, αλλά ευαίσθητα στις μηχανικές δονήσεις.

Ένας άλλος τύπος πυκνωτικού μικροφώνου είναι το **μικρόφωνο electret**, το οποίο δεν χρησιμοποιεί εξωτερική τροφοδοσία. Η φόρτιση που απαιτείται για τη λειτουργία του πυκνωτή ενσωματώνεται σε αυτό μια φορά κατά τη διάρκεια της κατασκευής του.

Τα **πιεζοηλεκτρικά** ή **κρυσταλλικά μικρόφωνα** στηρίζουν τη λειτουργία τους στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, κατά το οποίο συγκεκριμένοι κρύσταλλοι παράγουν ηλεκτρική τάση όταν δεχθούν πίεση. Στα μικρόφωνα αυτά, η μηχανική ταλάντωση του διαφράγματος ασκεί την απαραίτητη πίεση στην επιφάνεια του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου, με τελικό αποτέλεσμα την εμφάνιση ηλεκτρικής τάσης στα άκρα του. Παρουσιάζουν μειωμένη απόκριση στις υψηλές συχνότητες και χρησιμοποιούνται σε ακουστικά βαρύνων ή σε μετρήσεις δονήσεων. Τέτοιου τύπου είναι συνήθως τα μικρόφωνα επαφής, τα οποία τοποθετούνται σε επαφή με μουσικά όργανα για να καταγράψουν τις μηχανικές δονήσεις της επιφάνειάς τους.

<sup>50</sup> Η εικόνα είναι κοινό κτήμα και χρησιμοποιείται με την άδεια [CC0 1.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). (Πηγή: Pixabay, URL: <https://goo.gl/AAoYKv>).



### 6.2.2 Χαρακτηριστικά Μικροφώνων

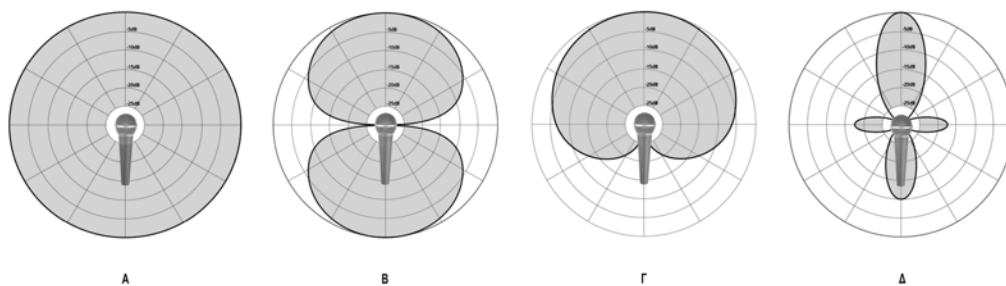
Χαρακτηριστικά των μικροφώνων είναι τα φυσικά μεγέθη που περιγράφουν τον τρόπο συμπεριφοράς τους ως προς την **ευαισθησία**, την **απόκριση** και την **κατευθυντικότητα** τους. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι σημαντικά γιατί καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις απαιτούμενες διευθετήσεις και ρυθμίσεις του εξοπλισμού για αποτελεσματική ηχοληψία.

Η **ευαισθησία** (sensitivity) εκφράζεται με το λόγο της τάσης εξόδου του μικροφώνου προς την ηχητική πίεση και μετριέται σε μονάδες mV/Pa, mV/ $\mu$ bar (1Pa=10 $\mu$ bar) ή dBV (στάθμη εισόδου που αντιστοιχεί σε 1Volt). Η υψηλότερη στάθμη εξόδου αντιστοιχεί σε υψηλότερη ευαισθησία. Η ευαισθησία δεν επηρεάζει την ποιότητα του ήχου, αλλά την ακουστότητα του θορύβου. Για να επιτευχθεί το ίδιο επίπεδο ηχογράφησης, ένα μικρόφωνο χαμηλής ευαισθησίας χρειάζεται περισσότερη ενίσχυση (gain) από ένα ευαίσθητο αυξάνοντας το επίπεδο θορύβου που προέρχεται από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό.

Η **απόκριση συχνότητας** (frequency response) αναφέρεται στο φάσμα συχνοτήτων στο οποίο η συμπεριφορά του μικροφώνου είναι ομοιόμορφη και η μεταβολή της ευαισθησίας του ελάχιστη. Το ιδανικό είναι μια ευθεία απόκριση σε συχνότητες ήχου από 20Hz μέχρι 20kHz και με απόκλιση όχι μεγαλύτερη από  $\pm 1$  dB. Η **απόκριση στις απότομες μεταβολές** ή **στιγμιαία απόκριση** (transient response) χαρακτηρίζεται από την ευαισθησία του μικροφώνου στο να παρακολουθεί τις απότομες μεταβολές της πίεσης του αέρα. Η διαφορετική απόκριση στις απότομες μεταβολές είναι η κύρια αιτία της διαφοράς στην ποιότητα του ήχου μεταξύ των τριών κύριων τύπων μικροφώνων (πυκνωτικών, δυναμικών και ταινίας).

Άλλα ηλεκτροακουστικά χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν είναι η εμπέδηση, η εσωτερική στάθμη θορύβου, η στάθμη υπερφόρτωσης και το δυναμικό εύρος. Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν περισσότερο στον θόρυβο παρά στην ποιότητα του ήχου αυτού καθαυτού.

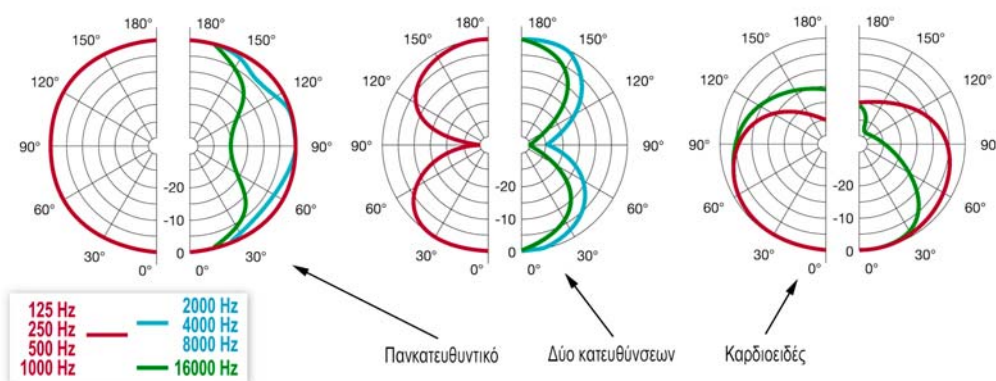
- **Εμπέδηση:** Αφορά την ολική σύνθετη αντίσταση εξόδου του μικροφώνου, και μετριέται σε Ohms ( $\Omega$ ). Η εμπέδηση θεωρείται χαμηλή, όταν η τιμή της είναι μικρότερη από 600  $\Omega$  και υψηλή όταν είναι μεγαλύτερη από 10.000  $\Omega$ . Τα μικρόφωνα χαμηλής εμπέδησης έχουν καλύτερη συμπεριφορά σε ότι αφορά την επίδραση του ηλεκτρικού θορύβου του κυκλώματος και στην οδήγηση καλωδίων μεγάλου μήκους.
- **Εσωτερική στάθμη θορύβου:** Αφορά την τάση που εμφανίζεται στην έξοδο του μικροφώνου όταν δεν υπάρχει ακουστικό σήμα και μετριέται σε dBV. Είναι μέτρο θορύβου που δημιουργείται από τα στοιχεία του κυκλώματος.
- **Στάθμη υπερφόρτωσης:** Είναι η μεγαλύτερη ηχητική πίεση που μπορεί να καταγράψει το μικρόφωνο πέραν της οποίας η παραμόρφωση δεν είναι ανεκτή. Για τα περισσότερα μικρόφωνα το όριο αυτό κυμαίνεται από 120 μέχρι 140dB (στη θέση του διαφράγματος) όπου 130dB είναι το όριο του πόνου. Η συνηθέστερη πηγή παραμόρφωσης από υπερφόρτωση είναι η βαθμίδα προ-ενίσχυσης και όχι το μικρόφωνο αυτό καθ' αυτό.
- **Δυναμικό εύρος:** Είναι η διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη τάση εξόδου που δίδει το μικρόφωνο χωρίς παραμόρφωση και χωρίς κίνδυνο καταστροφής και στην εσωτερική στάθμη θορύβου του.



**Εικόνα 6.2.** Πολικά διαγράμματα κατευθυντικότητας μικροφώνων: πανκατευθυντικό (Α), δύο κατευθύνσεων ή σχήματος οκτώ (Β), καρδιοειδές (Γ) και τύπου πιστόλι (shotgun) (Δ).

### 6.2.3 Χαρακτηριστικά Κατευθυντικότητας

Βασικό χαρακτηριστικό ενός μικροφώνου είναι η κατευθυντικότητά του, η οποία αποδίδει την απόκρισή του σε διάφορες κατευθύνσεις του χώρου, και περιγράφεται γραφικά με τη μορφή πολικού διαγράμματος. Το πολικό διάγραμμα κατευθυντικότητας περιγράφει την ευαισθησία του μικροφώνου στις γωνίες πρόσπτωσης των ηχητικών κυμάτων. Ανάλογα με τα κατευθυντικά τους χαρακτηριστικά, τα μικρόφωνα διακρίνονται σε: πανκατευθυντικά (omni-directional), σε διπλής κατεύθυνσης ή σχήματος οκτώ (bi-directional), κατευθυντικά ή αλλιώς καρδιοειδή (cardioidic) και στα ιδιαιτέρως κατευθυντικά ή αλλιώς μικρόφωνα πιστόλια (shotgun microphones). Τυπικά πολικά διαγράμματα παρουσιάζονται στην **Εικόνα 6.2**. Η κατευθυντικότητα εξαρτάται από τη συχνότητα του ήχου και τυπικά για ήχους υψηλότερης συχνότητας η γωνία ευαισθησίας γίνεται μικρότερη.



**Εικόνα 6.3.** Ενδεικτικά πολικά διαγράμματα κατευθυντικότητας ενός μικροφώνου. Η κατευθυντικότητα προσδιορίζεται από τον σχεδιασμό των εσωτερικών μερών του μικροφώνου. Το διάγραμμα δεν είναι το ίδιο για όλο το φάσμα συχνοτήτων.

Τα πανκατευθυντικά μικρόφωνα χαρακτηρίζονται από ομοιόμορφη ευαισθησία προς όλες τις κατευθύνσεις του χώρου. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις όπου ο περιβαλλοντικός ήχος είναι σημαντικό στοιχείο της ηχογράφησης ή όταν τα προβλήματα λόγω αντήχησης ή ακουστικής ανάδρασης είναι αμελητέα.

Τα κατευθυντικά χαρακτηρίζονται από ευαισθησία σε ήχους που προέρχονται μόνο από μπροστά. (**Εικόνα 6.2**, σχήμα Γ). Ανάλογα με τη μορφή του πολικού τους διαγράμματος διακρίνονται σε καρδιοειδή ή υπερκαρδιοειδή. Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος μικροφώνων, επειδή η πολική τους απόκριση αποφεύγει το θόρυβο του περιβάλλοντος.

Τα μικρόφωνα **δύο κατευθύνσεων** ή αμφιπολικά ή σχήματος «οκτώ» (bi-directional ή figure of eight) χαρακτηρίζονται από ευαισθησία προς τους ήχους που προέρχονται από εμπρός ή πίσω τους, ενώ παράλληλα έχουν μικρή ευαισθησία σε ήχους που προέρχονται από πλαϊνές κατευθύνσεις. Η ονομασία τους προκύπτει από το σχήμα της καμπύλης απόκρισης του πολικού τους διαγράμματος. Χρησιμοποιούνται σε ηχοληψίες όπου οι πλάγιοι ήχοι στη διεύθυνση του κύριου άξονα του μικροφώνου είναι ανεπιθύμητοι.

Τα κατευθυντικά μικρόφωνα είναι σχεδιασμένα να αγνοούν ήχους που προέρχονται από συγκεκριμένες κατευθύνσεις του χώρου και με αυτόν τον τρόπο «εστιάζουν» στον ήχο που ενδιαφέρει.



**Εικόνα 6.4.** Επαγγελματικό πυκνωτικό μικρόφωνο σε αντικραδασμική βάση.<sup>51</sup>

### 6.3 ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ

Ο σχεδιασμός των μικροφώνων ποικίλει ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες χρήσης.

- Τα μικρόφωνα πέτου (lavalier microphone), γνωστά και σαν μικρόφωνα «ψείρες» προορίζονται για ηχογράφηση φωνής. Είναι πολύ μικρά και συνήθως τοποθετούνται με ένα κλιπ στο πέτο ή στα ρούχα του ομιλητή. Μπορεί να είναι ενσύρματα ή ασύρματα. Ιδανικά για τη χρήση αυτή είναι τα πυκνωτικά μικρόφωνα.
- Τα ασύρματα μικρόφωνα μεταδίδουν τον ήχο ως ραδιοφωνικό σήμα (συχνότητες FM) ή οπτικό σήμα (υπέρυθρη ακτινοβολία) χωρίς την ανάγκη σύνδεσης καλωδίων.
- Τα μικρόφωνα τύπου πιστόλι (shotgun) χρησιμοποιούνται για ηχοληψία από απομακρυσμένες πηγές ήχου ή για να απομονώσουν μη επιθυμητούς ήχους.
- Τα μικρόφωνα επαφής (boundary effect microphones) συλλαμβάνουν δονήσεις απευθείας από επιφάνειες αντικειμένων που δονούνται. Μια παραλλαγή τους είναι και τα μικρόφωνα λαιμού τα οποία καταγράφουν τις δονήσεις από το λαιμό του ομιλητή, απομονώνοντας με αυτό τον τρόπο τον περιβαλλοντικό θόρυβο.
- Τα παραβολικά μικρόφωνα χρησιμοποιούν ένα παραβολικό ανακλαστήρα για να συγκεντρώσουν και να εστιάσουν τα ηχητικά κύματα όπως και ένας δορυφορικός δίσκος λήψης ραδιοκυμάτων. Τυπικές χρήσεις είναι η ηχογράφηση περιβαλλοντικών φυσικών ήχων, αθλητικά γεγονότα σε ανοικτούς χώρους, κατασκοπεία κ.ά.
- Τα στερεοφωνικά μικρόφωνα συνδυάζουν τη χρήση δύο μικροφώνων σε ένα για την παραγωγή στερεοφωνικού ήχου σε δύο κανάλια.
- Ενσωματωμένα μικρόφωνα υπάρχουν στους περισσότερους φορητούς υπολογιστές αλλά η ποιότητά τους (γενικά) δεν είναι πάντοτε ικανοποιητική για παραγωγές πολυμέσων.

<sup>51</sup> Η εικόνα είναι κοινό κτήμα και χρησιμοποιείται με την άδεια [CC0 1.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). (Πηγή: Wikimedia Commons, URL: <https://goo.gl/0VWdWd>)

### 6.3.1 Μικρόφωνα USB

Τα μικρόφωνα USB συνδυάζουν μια μικροφωνική κάψα με ένα ψηφιακό μετατροπέα που επιτρέπει την απευθείας σύνδεση στον υπολογιστή μέσω θύρας USB, χωρίς την ανάγκη θύρας εισόδου ήχου. Αν και τα περισσότερα μικρόφωνα αυτού του είδους είναι σχεδιασμένα για καταγραφή ομιλίας και στοχεύουν στην αγορά του μέσου χρήστη, υπάρχουν και σειρές που απευθύνονται σε απαιτητικές επαγγελματικές εφαρμογές. Αποτελούν την πιο εύκολη και απλή λύση για την απευθείας εισαγωγή ηχητικού σήματος στον υπολογιστή. Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι η ευκολία σύνδεσης στον υπολογιστή, η λειτουργία Plug&Play (δεν απαιτείται η εγκατάσταση πρόσθετου λογισμικού για τη λειτουργία τους), η απόδοση σταθερού ήχου ανεξάρτητα λειτουργικού συστήματος, η βελτιστοποίησή τους για ηχογράφηση φωνής. Πολλά από αυτά διαθέτουν και σύνδεση για ακουστικά ή συσκευές μέτρησης για την ακρόαση ή την παρακολούθηση της στάθμης ηχογράφησης αντίστοιχα.



**Εικόνα 6.5.** Επιτραπέζιο μικρόφωνο USB για καταγραφή ομιλίας.<sup>52</sup>

## 6.4 ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ

Δύο κριτήρια που χαρακτηρίζουν μια επιτυχημένη ηχογράφηση είναι η ελάχιστη δυνατή παρουσία θορύβου και η ελάχιστη δυνατή παραμόρφωση. Ελάχιστη παρουσία θορύβου σημαίνει ότι η συμμετοχή των μη επιθυμητών ήχων (ήχος δωματίου, περιβαλλοντικοί ήχοι, θόρυβος από το ηλεκτρικό κύκλωμα του μικροφώνου, κλπ) στο ακουστικό αποτέλεσμα είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Η παραμόρφωση συμβαίνει όταν η ένταση του ήχου υπερβαίνει τα όρια καταγραφής του συστήματος ηχογράφησης, με αποτέλεσμα την αλλοιωμένη αναπαραγωγή του.

### 6.4.1 Βασικές Ρυθμίσεις

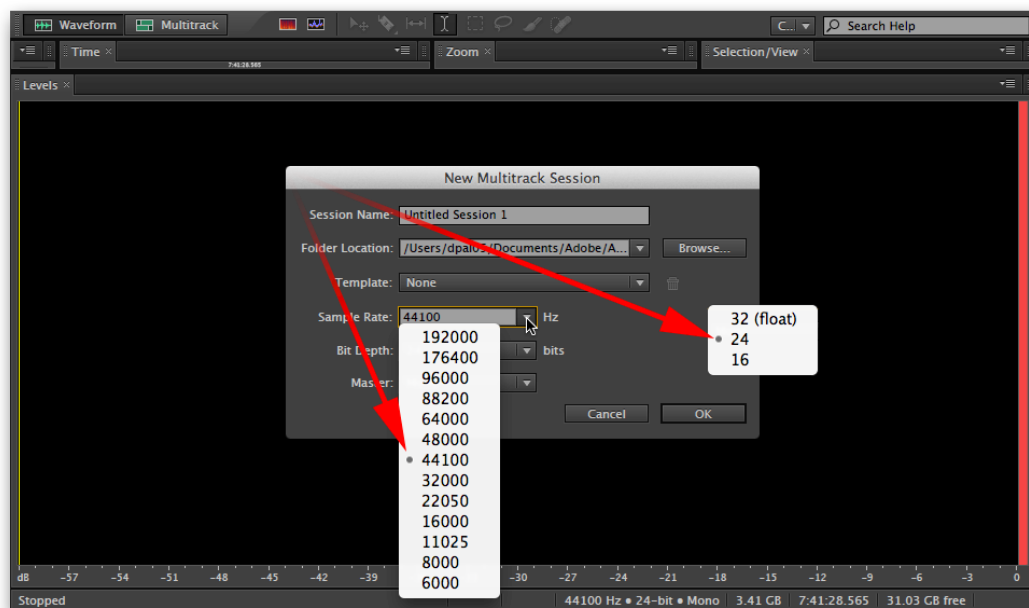
Πριν από κάθε ηχογράφηση θα πρέπει να οριστούν τρεις παράμετροι:

- Ο ρυθμός δειγματοληψίας (sampling rate)
- Το εύρος δείγματος (bit-depth)
- Ο αριθμός των καναλιών (mono, stereo)

Οι τυπικές προ-ρυθμίσεις στις περισσότερες εφαρμογές λογισμικού καταγραφής ήχου είναι 44,100 Hz, 16-bit και δύο κανάλια (stereo).

---

<sup>52</sup> Η εικόνα είναι κοινό κτήμα και χρησιμοποιείται με την άδεια [CC0 1.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (Πηγή: Wikimedia Commons, URL: <https://goo.gl/zxv6Ks>).



**Εικόνα 6.6.** Τυπικές προ-ρυθμίσεις για επιλογές συχνότητας δειγματοληψίας και εύρος δείγματος (bit depth) σε μενού εφαρμογής επεξεργασίας ήχου.

## 6.5 Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ

Δεδομένου ότι η μεταφορά ηχητικής ενέργειας γίνεται στον χώρο, σύμφωνα με τον νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου, αν η απόσταση ηχητικής πηγής και μικροφώνου μειωθεί στο μισό, το μικρόφωνο δέχεται ήχο τέσσερις φορές πιο ισχυρό. Μια αλλαγή απόστασης, από το μισό στο ένα μέτρο αντιστοιχεί σε μείωση της ηχητικής ισχύος κατά 3dB ή κατά 50%.

Καθοριστικός παράγοντας σε κάθε ηχογράφιση είναι η θέση του μικροφώνου ως προς την πηγή του ήχου. Όσο πιο κοντά βρίσκεται το μικρόφωνο τόσο πιο ισχυρός θα είναι ο ήχος και τόσο μικρότερη θα είναι η ανάγκη μετέπειτα ενίσχυσης του σήματος που θα προκύψει. Συγχρόνως, ο κύριος ήχος γίνεται κυρίαρχος σε σχέση με τους ήχους που δεν ενδιαφέρουν ή πρέπει να απομονωθούν.

Η εγγύτητα της θέσης του μικροφώνου στην πηγή του ήχου καθορίζεται ουσιαστικά από το ηχητικό περιβάλλον μια και κανένας ήχος δεν υπάρχει αυτόνομα μέσα σε αυτό. Η φωνή ενός ομιλητή σε ένα ήσυχο και ελεγχόμενο περιβάλλον, π.χ. σε ένα στούντιο ηχογράφησης, δεν ακούγεται ίδια όταν την ακούσουμε σε ένα πολυσύχναστο δρόμο. Ανεπαίσθητοι καθημερινοί ήχοι, όπως αυτοί από το περπάτημά μας σε ένα θορυβώδες αστικό περιβάλλον, γίνονται κυρίαρχοι μέσα σε ένα ήσυχο δάσος.

Η θέση ηχογράφησης, ιδιαίτερα των κατευθυντικών μικροφώνων έχει να κάνει με την απομόνωση των περιττών ήχων και όχι με την (φυσική) ικανότητα των ηχητικών κυμάτων να φτάσουν σε αυτά.

Όταν το μικρόφωνο είναι πολύ κοντά στο στόμα ενός ομιλητή, υπάρχει περίπτωση παραμόρφωσης από απότομους και εκρηκτικούς ήχους όταν προφέρονται διχειλικοί φθόγγοι όπως [p] και [b] (ο φθόγγος για το σύμφωνο «π»). Για την αποφυγή του φαινομένου, γνωστού ως popping, τοποθετείται μεταξύ του ομιλητή και του μικροφώνου ένα λεπτό μεταλλικό πλέγμα ή οθόνη που λέγεται φίλτρο ποπ (pop filter).



### 6.5.1 Το Φαινόμενο Εγγύτητας

Ένα χαρακτηριστικό των κατευθυντικών μικροφώνων είναι η αύξηση της απόκρισής τους προς τις χαμηλές συχνότητες, όσο μειώνεται η απόστασή τους από την ηχητική πηγή. Το φαινόμενο προκύπτει από τον σχεδιασμό των αεραγωγών για τη δημιουργία της κατευθυντικής πολικής τους απόκρισης και από μια περίπλοκη σχέση ανάμεσα στη φάση και στο πλάτος διαφορετικών συχνοτήτων μέσα στην κάψα του μικροφώνου. Το πρακτικό αποτέλεσμα είναι η έμφαση στις χαμηλές συχνότητες η οποία, ανάλογα με τον σχεδιασμό της κάψας, μπορεί να φτάσει μέχρι και σε διαφορές των 16dB για συχνότητες κάτω από 100Hz. Το ακουστικό αποτέλεσμα είναι η φωνή (ομιλητής, τραγουδιστής) να ακούγεται πιο παχιά και να αποκτά μια δεσπόζουσα ακουστική παρουσία, κάτι που χρησιμοποιείται συχνά, για αυτόν ακριβώς τον λόγο.

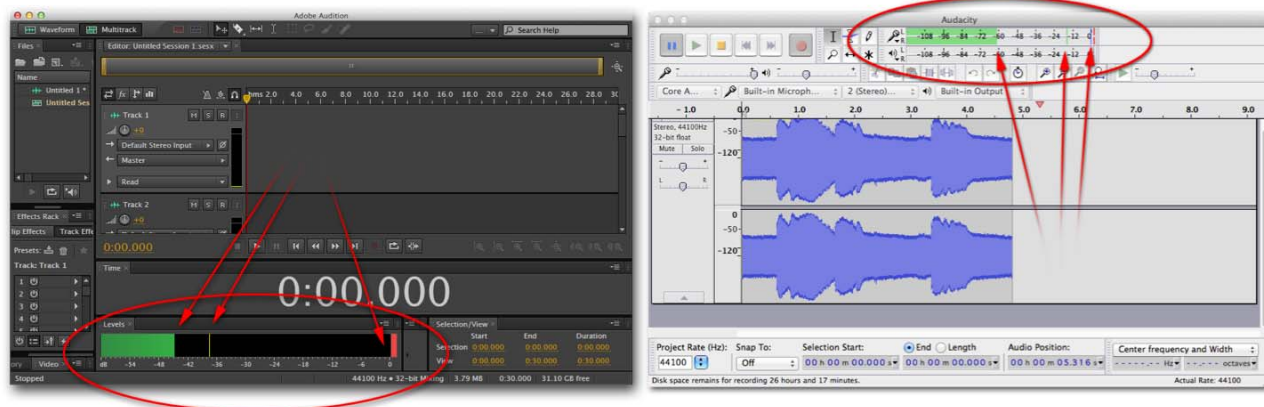
## 6.6 ΕΓΓΡΑΦΗ

Το επόμενο βήμα για μια αποτελεσματική ηχογράφηση είναι η ρύθμιση της στάθμης ηχογράφησης και αφορά την ευαισθησία του συστήματος ηχογράφησης ως προς την ηχητική πηγή. Θα πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις έτσι ώστε ο ήχος να είναι όσο το δυνατόν ισχυρός, χωρίς όμως να υπάρχει ο κίνδυνος παραμόρφωσης. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος να ελεγχθεί η στάθμη της ηχογράφησης είναι με τη βοήθεια των οργάνων μέτρησης στάθμης που διαθέτει κάθε συσκευή αναπαραγωγής ήχου, είτε σε ψηφιακή μορφή είτε σε αναλογική (βελόνες).



**Εικόνα 6.7.** Τυπικοί μετρητές στάθμης ήχου σε συσκευές (αριστερά) και στο GUI εφαρμογής εγγραφής ήχου (δεξιά).

Ο μετρητής παρακολουθείται και η ευαισθησία του συστήματος ρυθμίζεται ανάλογα. Αν οι πιο ισχυροί ήχοι φτάσουν περίπου στο 80% της κλίμακας του οργάνου, συνήθως έχουμε την καλύτερη δυνατή ρύθμιση. Παρόλα αυτά ο έλεγχος της στάθμης κατά τη διάρκεια της ηχογράφησης είναι καλή πρακτική και δίνει την ευκαιρία ρύθμισης της ευαισθησίας σε περίπτωση αναπάντεχων εντάσεων.



Εικόνα 6.8. Μετρητές στάθμης ηχογράφησης σε δύο ψηφιακές εφαρμογές εγγραφής και επεξεργασίας ήχου.

### 6.6.1 Μετρώντας το Σήμα

Στους μετρητές στάθμης ηχογράφησης (Εικόνα 6.8) τυπικά υπάρχει μια κινούμενη μπάρα που αντιπροσωπεύει τη μεταβαλλόμενη στάθμη του ήχου (συνήθως πράσινου χρώματος) και μια περιοχή με κόκκινο χρώμα που αντιπροσωπεύει τα όρια του συστήματος ηχογράφησης. Όταν η στάθμη βρίσκεται κοντά ή μέσα σε αυτή την περιοχή, αποτελεί ένδειξη ότι το σήμα του ήχου παραμορφώνεται (είναι πλέον τόσο δυνατό που δεν καταγράφεται). Μερικοί μετρητές διαθέτουν και μία λειτουργία που λέγεται κράτημα κορυφής (peak hold), όπου η υψηλότερη στάθμη που έχει επιτευχθεί μέχρι εκείνη τη στιγμή παραμένει ορατή για ελάχιστο χρόνο έως ότου μετατεθεί σε μια νέα θέση.

## 6.7 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΕΡΔΟΥΣ

Η διαφορά στάθμης ανάμεσα στο σήμα εισόδου και στο σήμα εξόδου ενός κυκλώματος ενισχυτή λέγεται **απολαβή** ή **κέρδος ισχύος** (gain) και μετριέται σε dB. Ο πιο σημαντικός παράγοντας για τη βέλτιστη παραγωγή ψηφιακού ήχου είναι η διατήρηση του κέρδους ισχύος, από το μικρόφωνο μέχρι και την είσοδο στον υπολογιστή, σε υψηλά επίπεδα που δεν ξεπερνούν όμως τις δυνατότητες του συστήματος. Η ίδια πρακτική ισχύει και για όλα τα στάδια της αλυσίδας (από το αναλογικό στάδιο μέχρι και αυτό της ψηφιακής επεξεργασίας), όπου υπάρχει η δυνατότητα ενίσχυσης ή απόσβεσης του σήματος.

Τα μικρόφωνα χρειάζονται αρκετή ενίσχυση για να φτάσουν σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο εξόδου, χρήσιμο ως σήμα εισόδου σε ένα σύστημα ψηφιακής εγγραφής. Ο σωστός χειρισμός της ευαισθησίας τους (της ενίσχυσης του σήματος) θα επιτρέψει την καλύτερη δυνατή ψηφιακή μετατροπή, τη μεγιστοποίηση της δυναμικής κλίμακας ηχογράφησης (διαφορά μεταξύ του χαμηλότερου και υψηλότερου ήχου που μπορεί να ηχογραφηθεί) και την μείωση του ανεπιθύμητου περιβαλλοντικού θορύβου.

Αυξάνοντας το κέρδος υπερβολικά το σήμα υπερβαίνει τις δυνατότητες του κυκλώματος με αποτέλεσμα αυτό που λέγεται **αποκοπή** ή **ψαλίδισμα** (clipping) του ήχου. Το clipping αφορά υψηλές εντάσεις που απλά δεν έχουν καταγραφεί, οπότε δεν μπορούν και να απομακρυνθούν σε αντίθεση με τις χαμηλές εντάσεις ήχου που μπορούν να ενισχυθούν. Σε αυτή την περίπτωση, η κυματομορφή του σήματος φαίνεται κομμένη απότομα στο πάνω και κάτω μέρος της και το ηχητικό αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα δυσάρεστο. Πολλές φορές όμως είναι και επιθυμητό, για παράδειγμα στη μουσική (παραμόρφωση ήχου ηλεκτρικής κιθάρας).

Στην αντίθετη περίπτωση, το ανεπαρκές κέρδος θα οδηγήσει σε χαμηλά επίπεδα ηχογράφησης (θα χρησιμοποιηθούν λιγότερα από τα διαθέσιμα bits, με αποτέλεσμα ήχο χαμηλής ανάλυσης). Επιπλέον, η επιπρόσθετη ενίσχυση, που θα απαιτήσει το ασθενές

σήμα για να γίνει ακουστό, θα ενισχύσει τον ανεπιθύμητο θόρυβο. Και τα δύο μπορούν να αποφευχθούν αν γίνουν σύντομοι έλεγχοι πριν και κατά τη διάρκεια της ηχογράφησης.

Για να αποφευχθεί το clipping θα πρέπει ή να μειωθεί η ευαισθησία του μικροφώνου, ή, όταν αυτό δεν είναι εφικτό, να απομακρυνθεί το μικρόφωνο από την πηγή του ήχου.

## 6.8 ΦΟΡΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΗΧΟΥ

Οι φορητές συσκευές εγγραφής ψηφιακού ήχου είναι ιδανικές για ηχογραφήσεις πεδίου (εξωτερικοί χώροι, συνεντεύξεις κ.ά.). Ο ήχος ηχογραφείται μέσω ενσωματωμένων μικροφώνων στην εσωτερική μνήμη της συσκευής ή και σε κάρτα μνήμης. Ανάλογα με τον σχεδιασμό τους διαθέτουν και θύρα USB για τη μεταφορά των δεδομένων στον υπολογιστή. Το μορφότυπο αρχείου που υποστηρίζεται είναι συνήθως το WAV (συμβατό με κάθε εφαρμογή επεξεργασίας ήχου), αλλά σε κάποιες συσκευές υπάρχει και δυνατότητα κωδικοποίησης σε MP3 για αρχεία μικρότερου μεγέθους. Στις περισσότερες από αυτές τις συσκευές η στάθμη ηχογράφησης είναι ορατή στην οθόνη τους και ο συνδυασμός τους με ακουστικά και ένα εξωτερικό μικρόφωνο τις μετατρέπει σε ένα μικρό στούντιο ηχογράφησης.



**Εικόνα 6.9.** Φορητή συσκευή ψηφιακής εγγραφής ήχου.<sup>53</sup>

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες φορητών συσκευών εγγραφής ψηφιακού ήχου:

- Οι λεγόμενες dictaphones, από το αγγλικό dictation (Ελλ. υπαγόρευση) και από την ελληνική λέξη «φωνή»· χρησιμοποιούνται για υπαγόρευση, σημειώσεις και παρόμοιες εφαρμογές.
- Οι «όλα σε ένα» που ξεχωρίζουν για την καλύτερη ποιότητα ήχου από τα dictaphones, διαθέτουν στερεοφωνικά μικρόφωνα, υψηλότερη ανάλυση ήχου και γενικά καλύτερη ποιότητα κατασκευής.
- Οι συσκευές εγγραφής πεδίου (field recording) για επαγγελματικές εφαρμογές, όπως στον κινηματογράφο, παραγωγές ντοκιμαντέρ, τηλεόραση, διαφημιστικά κλπ.). Συνήθως δεν διαθέτουν ενσωματωμένα μικρόφωνα, αλλά πολλαπλές εισόδους σύνδεσης μικροφώνων, πολλαπλά κανάλια ήχου και μπορούν να ενσωματώνουν διάφορα συστήματα διαμόρφωσης και δρομολόγησης του ψηφιακού σήματος. Τυπικά είναι πολύ μεγαλύτερες από την προηγούμενη κατηγορία και το κόστος τους μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλό.

<sup>53</sup> Η εικόνα είναι κοινό κτήμα και χρησιμοποιείται με την άδεια [CC0 1.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (Πηγή: Wikimedia Commons, URL: <https://goo.gl/OBNPZN>).

Ένα βασικό πλεονέκτημα των φορητών συσκευών εγγραφής είναι ότι αποδεσμεύουν τον χρήστη από τον υπολογιστή του με αποτέλεσμα την άνεση κινήσεων και την ευελιξία σε επιλογή ήχων που μπορεί να ηχογραφηθούν. Τα μειονεκτήματα (για τις πρώτες δύο κατηγορίες) περιλαμβάνουν τις μειωμένες δυνατότητες αποθήκευσης και την αδυναμία εσωτερικής επεξεργασίας του ήχου.

## **6.9 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΓΡΑΦΗΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ**

Δύο αναλογικά μέσα αποθήκευσης που κυριάρχησαν στη βιομηχανία του ήχου είναι οι δίσκοι βινυλίου και οι μαγνητοταινίες. Ένας βασικός λόγος ανάγκης ψηφιοποίησής τους, που δίνει την ευχέρεια για περαιτέρω χρήση, αντιγραφή, επεξεργασία κλπ., είναι η έλλειψη αναλογικών αναπαραγωγικών συσκευών.

Στους δίσκους βινυλίου τα ηχητικά δεδομένα αποθηκεύονται σε μια σπειροειδή αυλάκωση, η οποία ξεκινά από την άκρη του δίσκου καταλήγοντας στο κέντρο του. Τα τοιχώματα της αυλάκωσης είναι χαραγμένα σε σχέση με τη συχνότητα και το πλάτος κύματος του ήχου. Για την αναπαραγωγή τοποθετείται ακίδα (βελόνα) στην αυλάκωση και περιστρέφεται ο δίσκος. Η μετατροπή των ιχνών σε ήχο γίνεται με ηλεκτρομηχανικά μέσα.

Στις μαγνητοταινίες η αποθήκευση και η αναπαραγωγή των ηχητικών δεδομένων γίνεται με ηλεκτρομαγνητικά μέσα.

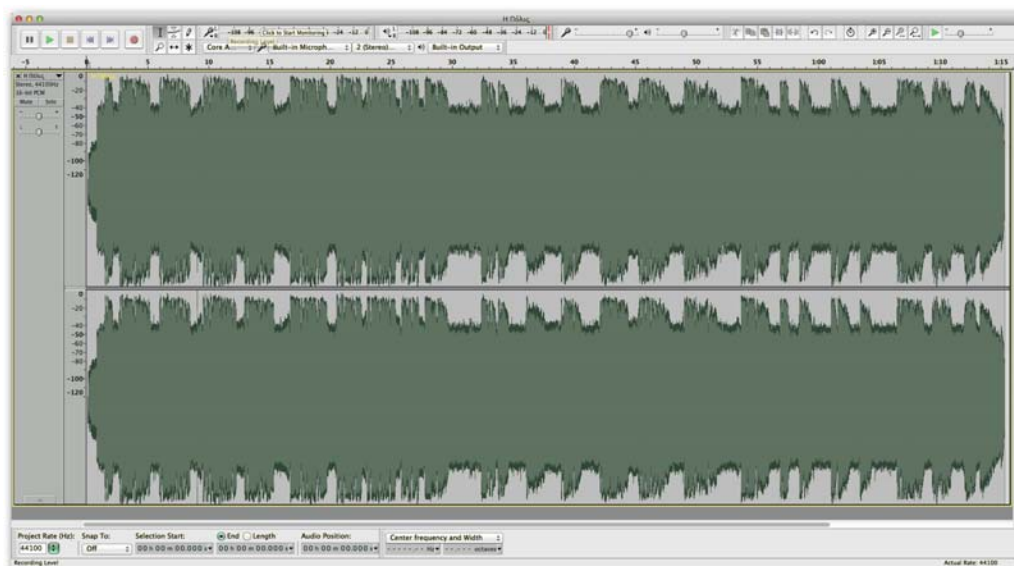
Η ψηφιοποίηση ήχου αποθηκευμένου σε τέτοια αναλογικά μέσα, προϋποθέτει:

- Τη σύνδεση της εξόδου σήματος της αναλογικής συσκευής αναπαραγωγής ήχου (πικάπ, μαγνητόφωνο, κλπ) με την κάρτα ήχου ή γενικά το σύστημα ήχου του υπολογιστή.
- Μια ψηφιακή εφαρμογή εγγραφής/επεξεργασίας ήχου.

Στην περίπτωση του δίσκου βινυλίου, αν το πικάπ διαθέτει μόνο έξοδο τύπου phono, απαιτείται προ-ενίσχυση του σήματος εξόδου η οποία μπορεί να γίνει με εξωτερικές συσκευές. Στα σύγχρονα πικάπ του εμπορίου η πιο κοινή μορφή σύνδεσης στον υπολογιστή είναι μέσω καλωδίου USB.

Από τη στιγμή που η εφαρμογή ολοκληρώσει την «εγγραφή» του ήχου, μπορεί να γίνουν όλες οι απαιτούμενες διαδικασίες συναρμολόγησης και βελτιστοποίησης και το αποτέλεσμα να εξαχθεί σε τύπους αρχείων που υποστηρίζει η εκάστοτε εφαρμογή.

Στην περίπτωση που το υλικό είναι αποθηκευμένο σε οπτικό δίσκο Audio CD, η εισαγωγή των δεδομένων απευθείας στα προγράμματα επεξεργασίας ήχου δεν είναι δυνατή, γιατί η δομή των δεδομένων δεν είναι συμβατή με το σύστημα του υπολογιστή. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να προηγηθεί μια διαδικασία εξαγωγής των δεδομένων σε μορφή αρχείων ήχου WAV ή AIFF, χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως ripping (από το ρήμα «rip», ξηλώνω, ξεσκίζω). Μια πιο επίσημη ονομασία είναι Εξαγωγή Ψηφιακού Ήχου (Digital Audio Extraction, DAE).



**Εικόνα 6.11.** Ήχος ομιλίας από μαγνητόφωνο σε παράθυρο εργασίας της εφαρμογής Audacity (λειτουργικό MacOSX).

## 6.10 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Για την επεξεργασία ψηφιακού ήχου χρησιμοποιούνται ειδικά προγράμματα λογισμικού, όπως τα εμπορικά Adobe Audition, Sony Sound Forge κ.ά. και προγράμματα λογισμικού ανοικτού κώδικα όπως το Audacity. Οι δυνατότητες αυτών των προγραμμάτων ενδεικτικά περιλαμβάνουν:

- Ηχογράφηση ήχου
- Επεξεργασία αρχείων ήχου (WAV, AIF, FLAC, MP2, MP3 ή Ogg Vorbis)
- Αποθρομβοποίηση
- Μίξη και συναρμολόγηση ήχων (μοντάζ)
- Διάφορα εφέ όπως αλλαγή τόνου, εισαγωγή ηχούς, fade-in και fade-out κ.ά.
- Μετατροπή ηχογραφήσεων αναλογικού ήχου σε ψηφιακό

Μια από τις περισσότερο δημοφιλείς εφαρμογές λογισμικού είναι το Audacity (<http://web.audacityteam.org/>). Πρόκειται για δωρεάν εφαρμογή ανοικτού κώδικα, με εκδόσεις και για τα τρία κυρίαρχα λειτουργικά συστήματα (Windows, Mac και GNU/Linux) το οποίο διατίθεται με την άδεια [GNU General Public License \(GPL\)](http://www.gnu.org/licenses/gpl.html).

### 6.10.1 Το Περιβάλλον Εργασίας

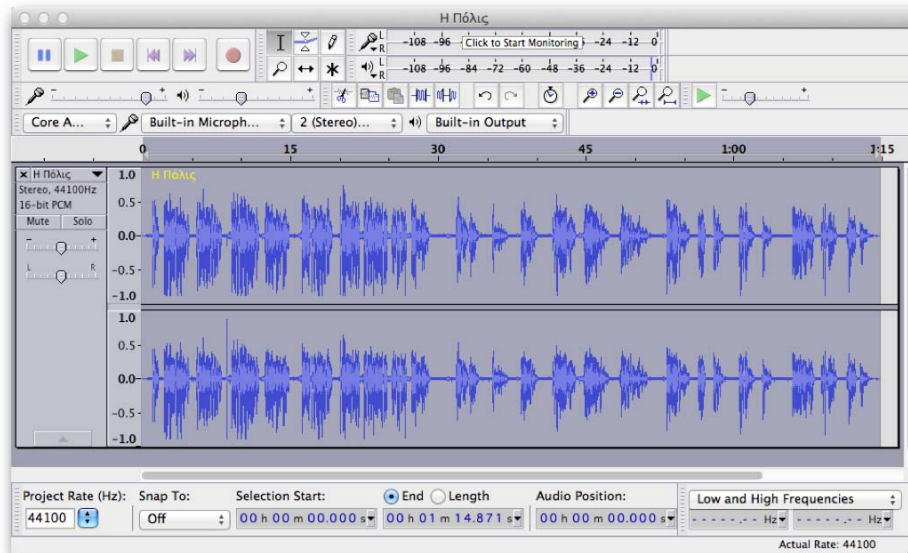
Δύο είναι τα βασικά στοιχεία του χώρου εργασίας που συναντάμε σε όλες τις εφαρμογές επεξεργασίας ήχου, το παράθυρο όπου εμφανίζεται η κυματομορφή και ο πίνακας ελέγχου της αναπαραγωγής του ήχου (play, stop, pause, rewind, κλπ)





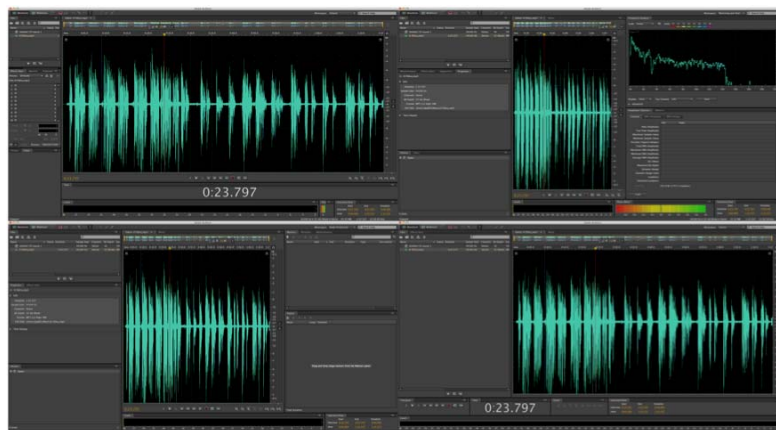
**Εικόνα 6.12.** Το περιβάλλον εργασίας της εμπορικής εφαρμογής Adobe Audition (λειτουργικό MacOSX).

Στο παράθυρο προβολής ο κατακόρυφος άξονας αφορά την ένταση του ήχου και ο οριζόντιος στον χρόνο μέσα στον οποίο εξελίσσεται η κυματομορφή. Στον στερεοφωνικό ήχο τα παράθυρα είναι δύο. Κάποιες εφαρμογές έχουν τη δυνατότητα διευθέτησης του γραφικού περιβάλλοντος εργασίας, εμφανίζοντας ή επανατοποθετώντας διάφορα εργαλεία (με τη μορφή καρτελών) στο παράθυρο εργασίας. Η όποια τέτοια διευθέτηση ονομάζεται χώρος εργασίας και εξυπηρετεί διαφορετικές ροές εργασίας με έμφαση πχ στο μοντάζ, στην παραγωγή ραδιοφωνικού ήχου ή στην ανάλυση του ήχου. Ο προρυθμισμένος χώρος εργασίας συνήθως αποκαλείται default ή Classic.



**Εικόνα 6.13.** Το περιβάλλον εργασίας της εφαρμογής λογισμικού ανοικτού κώδικα Audacity.

Εκτός από την επεξεργασία ενός ήχου υπάρχει η δυνατότητα να εμφανιστούν και άλλες πίστες ήχου (tracks) στο ίδιο παράθυρο εργασίας κάτι που είναι χρήσιμο όταν απαιτείται ο συνδυασμός τους, πχ ο συνδυασμός ήχου ομιλίας και μουσικής. Μετά την επεξεργασία τους, το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να συνδυαστεί σε μια πίστα και να εξαχθεί και ως ένας ήχος.

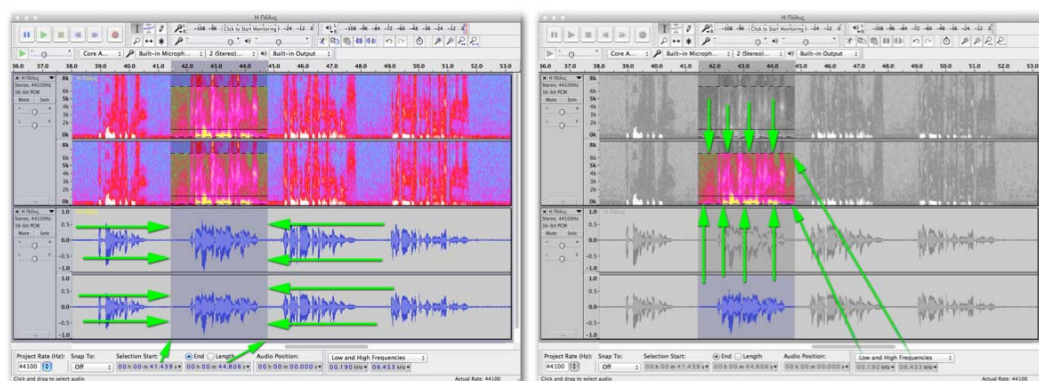


**Εικόνα 6.14.** Πολλαπλές διευθετήσεις του χώρου εργασίας της ίδιας εφαρμογής για την εξυπηρέτηση διαφορετικών ροών εργασίας.

Μία εναλλακτική μορφή απεικόνισης του ήχου στα παράθυρα των εφαρμογών αντί της κυματομορφής (waveform view) είναι η φασματική απεικόνιση (spectral view). Στη φασματική απεικόνιση (**Εικόνα 6.15**) ο οριζόντιος άξονας αφορά τον χρόνο ενώ ο κατακόρυφος τη συχνότητα του ήχου. Η ένταση του ήχου αναπαριστάται χρωματικά· όσο υψηλότερη η ένταση τόσο πιο φωτεινά είναι τα χρώματα που την αναπαριστούν.

Η φασματική απεικόνιση φανερώνει τις διαθέσιμες συχνότητες που συνθέτουν τον ήχο, κάτι που δεν φαίνεται στην αντίστοιχη κυματομορφή. Και στις δύο μορφές απεικόνισης μπορεί να επιλεγεί ένα τμήμα του ήχου για επεξεργασία. Οι επιλογές γίνεται πάντοτε στον οριζόντιο άξονα του χρόνου. Στην περίπτωση της κυματομορφής επιλέγονται όλα τα δεδομένα του ήχου που εμπίπτουν στο επιλεγμένο χρονικό διάστημα (ανεξάρτητα της συχνότητας του ήχου), ενώ στη φασματική απεικόνιση επιλέγονται οι συχνότητες που εμφανίζονται στο εν λόγω χρονικό διάστημα (ανεξάρτητα της έντασης του ήχου). Οποιαδήποτε αλλαγή μέσω της εφαρμογής στα δεδομένα του ήχου θα αφορά αποκλειστικά τη συγκεκριμένη κλίμακα συχνοτήτων.

Η φασματική απεικόνιση είναι χρήσιμη για την ανάλυση του φάσματος συχνοτήτων του ήχου και ιδιαίτερα για τον εντοπισμό συχνοτήτων που δημιουργούν διάφορα ανεπιθύμητα εφέ, θορύβους, συριγμούς κ.ά.



**Εικόνα 6.15.** Φασματική απεικόνιση (επάνω) και κυματομορφή (κάτω). Η φασματική απεικόνιση αφορά τις συχνότητες που εμφανίζονται στον χρόνο ενώ αυτή της κυματομορφής αφορά τη διακύμανση της έντασης (πλάτος κύματος) του ήχου στο χρόνο.

## 6.11 ΒΑΣΙΚΗ ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Όπως και στην ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, τα ελάχιστα βήματα της βασικής επεξεργασίας του ήχου οργανώνονται με την ίδια λογική σε μια παρόμοια ροή εργασίας. Τα βήματα αυτά ενδεικτικά είναι:

- Επανασυναρμολόγηση της κυματομορφής
- Αποθορυβοποίηση
- Ρύθμιση της έντασης του ήχου
- Εφαρμογή φίλτρων για διορθώσεις ή ειδικά εφέ
- Επαναδειγματοληψία του ήχου (resampling) αν απαιτείται
- Μείωση του εύρους δείγματος (bit-depth)
- Έξοδος σε επιλεγμένο μορφότυπο αρχείου

### 6.11.1 Συναρμολόγηση

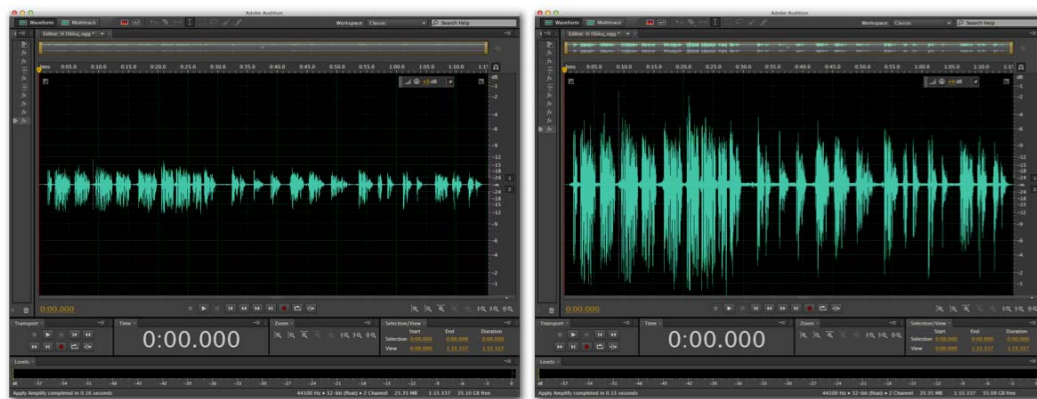
Οι οικίες εντολές select, copy, cut, paste, delete εφαρμόζονται και στην κυματομορφή του ήχου. Ενώ στις εικόνες επιλέγεται επιφάνεια (θέσεις εικονοστοιχείων), στην επεξεργασία ήχου επιλέγεται ένα χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο εμφανίζονται τα δεδομένα του ήχου.

Στο στάδιο αυτό γίνεται το ξεσκαρτάρισμα του περιεχομένου διαγράφοντας ό, τι δεν είναι χρήσιμο (κενά ηχογράφησης, σιωπές κλπ), ο συνδυασμός και χρονισμός περισσότερων ήχων, πρόσθεση μουσικής (συνήθως σε ξεχωριστή πίστα) και η τελική συναρμολόγηση.

### 6.11.2 Ένταση

Η ρύθμιση της έντασης του ήχου είναι απαραίτητη στην περίπτωση που η στάθμη ηχογράφησης είναι χαμηλή ή υψηλή σε σχέση με την επιδιωκόμενη χρήση. Η ρύθμιση είναι επιβεβλημένη όταν γίνεται συνδυασμός ήχων διαφορετικής έντασης έτσι ώστε να υπάρχει μια ομοιόμορφη ροή ή όταν πρέπει κάποιοι ήχοι να λειτουργήσουν με έναν συγκεκριμένο τρόπο στην τελική σύνθεση, όπως π.χ. μουσική που λειτουργεί σαν υπόβαθρο σε παύσεις μιας συνέντευξης, ή περιβαλλοντικοί ήχοι που προσδιορίζουν τη θέση του ακροατή μέσα στον ακουστικό χώρο.

Οι δύο βασικές εντολές που αφορούν στην ένταση είναι το amplify και το normalize. Το amplify (ενισχύω) ορίζει επιλεκτικά την αύξηση της έντασης του ήχου (συνήθως σε dB). Η εντολή normalize (κανονικοποίηση) επιτρέπει την επιλογή μιας ανώτατης στάθμης και αυξάνει την ένταση του ήχου που έχει επιλεγεί μέχρι αυτό το σημείο. Η εφαρμογή της εντολής σε ποσοστό 100% σε όλη την πίστα του ήχου θα αυξήσει αναλογικά την ένταση μέχρις ότου τα υψηλότερα σημεία της κυματομορφής να μην ξεπερνούν τα όρια του συστήματος, αποφεύγοντας την αποκοπή τους (clipping).



**Εικόνα 6.16.** Το αποτέλεσμα της εντολής *normalize* (δεξιά).

Δύο εντολές που σχετίζονται με την ένταση είναι επίσης οι **fade-in** και **fade-out**. Με την πρώτη, η ένταση του επιλεγμένου ήχου καταστέλλεται αρχικά και σταδιακά επανέρχεται στην αρχική της στάθμη. Η μετάβαση διαρκεί όσο και το επιλεγμένο τμήμα του ήχου. Με την εντολή *fade-out* συμβαίνει ακριβώς το αντίστροφο.

Όταν αυτή η διαδικασία γίνεται σε δύο διαφορετικούς ήχους που βρίσκονται σε διαφορετικές πίστες εφαρμόζοντας *fad-out* στον πρώτο και *fade-in* στον δεύτερο και τοποθετώντας τις κυματομορφές τους στον άξονα του χρόνου με την κατάλληλη επαλληλία, δημιουργείται το εφέ **cross-fade**, όπου ο πρώτος ήχος «σβήνει» προοδευτικά μέσα στην (προοδευτική) απαρχή αυτού που ακολουθεί. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η προοδευτική εξασθένηση του ήχου και το αντίστροφο μπορεί να ελεγχθεί γραμμικά ή και λογαριθμικά. Στην πρώτη, οι αλλαγές γίνονται ομοιόμορφα, δηλαδή με τον ίδιο ρυθμό μείωσης από την αρχή μέχρι το τέλος του τμήματος της κυματομορφής που έχει επιλεγεί· στη δεύτερη οι αλλαγές επιταχύνονται όσο πλησιάζουμε στο τέλος του επιλεγμένου τμήματος.



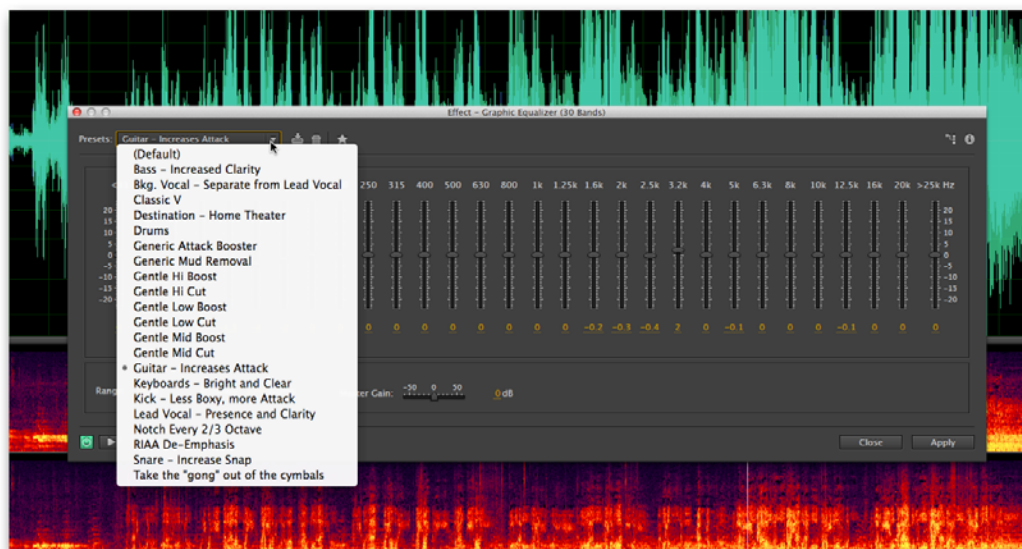
**Εικόνα 6.17.** Το αποτέλεσμα των *fade-in* και *fade-out* στα δύο μισά μέρη ενός ήχου.

### 6.11.3 Αποθουρυβοποίηση

Η αποθουρυβοποίηση αφορά τη μείωση ή διαγραφή συχνοτήτων που λειτουργούν ως θόρυβος, δηλαδή σαν διαρκείς ήχοι που δεν συνεισφέρουν στο εκάστοτε επιθυμητό ακουστικό αποτέλεσμα. Τέτοιοι ήχοι μπορεί να είναι ένας ενοχλητικός υψίσυχνος θόρυβος σταθερής συχνότητας, περιβαλλοντικός θόρυβος από την ηχογράφηση, θόρυβος από μαγνητοταινία, ή βουητό από καλώδια τροφοδοσίας. Τις λειτουργίες που υλοποιούν αποθουρυβοποίηση συνήθως τις συναντάμε στα μενού των εφαρμογών με τις ονομασίες **noise removal** (απομάκρυνση θορύβου) ή **noise reduction** (μείωση θορύβου).



Η λειτουργία αποθορυβοποίησης στηρίζεται στην καταγραφή των χαρακτηριστικών του θορύβου (προφίλ θορύβου) και υλοποιείται σε δύο στάδια. Το πρώτο αφορά τη δημιουργία του προφίλ – σε κάποιες εφαρμογές αναφέρεται και ως αποτύπωμα θορύβου (noise print) – και γίνεται (συνήθως) αυτόματα από την εφαρμογή επιλέγοντας ένα μέρος του θορύβου. Αφού η εφαρμογή δημιουργήσει το προφίλ, εντοπίζει δηλαδή τις συχνότητες που τον απαρτίζουν, σε δεύτερο στάδιο εφαρμόζει το ανάλογο φίλτρο για την απομάκρυνση τους από όλη την κυματομορφή. Λόγω αυτής της λειτουργίας είναι καλή πρακτική να ηχογραφείται ένα κομμάτι «σιωπής» πριν από την κύρια ηχογράφιση, έτσι ώστε να υπάρχει δείγμα που θα μπορεί να επιλεγεί για τη δημιουργία του προφίλ (Audacity 2015).



**Εικόνα 6.18.** Ισοσταθμιστής με 30 μπάντες συχνότητων και μενού προ-ρυθμίσεων.

#### 6.11.4 Ειδικά Εφέ

Τα λεγόμενα ειδικά εφέ στην επεξεργασία του ήχου αποτελούν απόρροια της εφαρμογής φίλτρων. Τα φίλτρα είναι διαδικασίες που «φιλτράρουν» επιλεκτικά τον ήχο, επιτρέπουν δηλαδή να περάσουν μέσα από αυτά συγκεκριμένες πληροφορίες, επιφέροντας τα ανάλογα ακουστικά αποτελέσματα. Μπορούμε γενικά να τα διαχωρίσουμε σε αυτά που χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν θέματα ηχογράφησης και σε αυτά που προσθέτουν μια εντελώς διαφορετική διάσταση στον ηχογραφημένο ήχο. Τέτοιες κοινώς διαθέσιμες διαδικασίες στις εφαρμογές επεξεργασίας ήχου ενδεικτικά είναι:

- Φίλτρα χαμηλής (**low pass**) και υψηλής διέλευσης (**high pass**)
- Φίλτρα εγκοπής (**notch**)
- Φίλτρα **De-Essing**
- Τα λεγόμενα **click repairs** (επισκευαστές κλικ)
- Τα φίλτρα ηχούς (**echo**) και αντήχησης (**reverb**)
- Τα φίλτρα ισοστάθμισης (**equalisers**)

Τα φίλτρα χαμηλής διέλευσης (low pass filters) επιτρέπουν τη διέλευση χαμηλών συχνοτήτων (ή αλλιώς εμποδίζουν την διέλευση των υψηλών) και τα φίλτρα υψηλής διέλευσης (high pass filters) επιτρέπουν τη διέλευση υψηλών συχνοτήτων (ή αλλιώς εμποδίζουν τη διέλευση των χαμηλών) αντίστοιχα. Τα φίλτρα εγκοπής (notch filters)



αποκόπτουν ένα στενό φάσμα συχνοτήτων και συνήθως χρησιμοποιούνται για να απαλείψουν το βουητό από παροχές ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο φυσικά έχει συγκεκριμένη συχνότητα 50 ή 60 Hz (ανάλογα με τον τόπο). Τα φίλτρα De-Essing μειώνουν τον συριγμό που προέρχεται από τη φωνολογική απόδοση συριστικών συμφώνων όπως το «σ» ή το «ζ», στην περίπτωση της ομιλίας ή από κάποιο ηλεκτρικό σήμα. Τα φίλτρα επισκευής των κλικ (click repairs) απομακρύνουν τους θορύβους-κρότους που ακούγονται συχνά στην αναπαραγωγή ήχου από φθαρμένους δίσκους βινυλίου (γρατζουνιές κλπ). Τα φίλτρα ήχου προσθέτουν ηχώ, ενισχύουν δηλαδή το φαινόμενο της χρονικής διαφοράς άφιξης του ίδιου ήχου στον ακροατή, ενώ τα φίλτρα αντήχησης ενισχύουν το φαινόμενο της αντήχησης δημιουργώντας την αίσθηση διαφορετικών χώρων. Τα φίλτρα ισοστάθμισης τυπικά διαχωρίζουν το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων σε πολλά τμήματα και αποκόπτουν ή ενισχύουν συχνότητες σε αυτά, ανάλογα με το επιθυμητό ακουστικό αποτέλεσμα. Συνήθως οι εφαρμογές διαθέτουν και προ-ρυθμίσεις ισοστάθμισης (**Εικόνα 6.18**). Όσο περισσότερα είναι αυτά τα τμήματα (μπάντες) τόσο μεγαλύτερος είναι και ο έλεγχος που μπορεί να επιτευχθεί.

## 6.12 Σύνοψη

- Ψηφιακός ήχος μπορεί να προκύψει από πρωτότυπη ηχογράφηση και άμεση ψηφιοποίηση και από την ψηφιοποίηση ήχου αποθηκευμένου σε αναλογικά μέσα.
- Η ηχογράφηση γίνεται με μικρόφωνα. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι μικροφώνων για διαφορετικές χρήσεις.
- Η εγγραφή του ψηφιακού ήχου γίνεται με ειδικές εφαρμογές λογισμικού και το ψηφιακό περιεχόμενο αποθηκεύεται στον σκληρό δίσκο του υπολογιστή.
- Πριν από κάθε ηχογράφηση θα πρέπει να επιλεγεί ο ρυθμός δειγματοληψίας, το εύρος δείγματος και ο αριθμός καναλιών ήχου.
- Οι ελάχιστες προδιαγραφές για ήχο ποιότητας audio CD είναι 44,100 Hz, 16-bit και δύο κανάλια (stereo).
- Η ψηφιοποίηση αναλογικού ήχου προϋποθέτει τη σύνδεση της συσκευής αναπαραγωγής του ήχου με τον υπολογιστή.
- Βασικά στοιχεία στο GUI των εφαρμογών επεξεργασίας ψηφιακού ήχου είναι το παράθυρο όπου απεικονίζεται η κυματομορφή του ήχου και ο πίνακας ελέγχου αναπαραγωγής.
- Στον οριζόντιο άξονα του παραθύρου της κυματομορφής αναπαριστάται ο χρόνος και στον κατακόρυφο τιμές πλάτους του ήχου.
- Η απεικόνιση του ήχου γίνεται και φασματικά. Στην περίπτωση αυτή ο κατακόρυφος άξονας αναπαριστά τις συχνότητες του ήχου και οι εντάσεις υπονοούνται χρωματικά.
- Η κυματομορφή επιδέχεται παρόμοιες επεξεργασίες όπως αυτές για τις ψηφιογραφικές εικόνες. Μπορεί να διαγραφεί, να αντιγραφεί, να επικολληθεί σε άλλο σημείο του χρονικού άξονα και να μονταριστεί κατά βούληση.
- Οι βασικές διορθώσεις, όπως αποθρομβοποίηση, διαγραφή άχρηστης πληροφορίας, ρύθμιση της έντασης κ.ά. αφορούν στη βελτιστοποίηση του ηχητικού περιεχομένου.
- Στον ήχο μπορούν να εφαρμοστούν και ειδικά εφέ με τη χρήση φίλτρων για να αποδοθούν ποιότητες που δεν έχει.



## 7 ΒΙΝΤΕΟ

### Βασικές Έννοιες

*Βίντεο*

*Πρότυπα*

*Κάδρο, Ανάλυση, Ρυθμός Κάδρου*

*Συστήματα Βίντεο*

*Βίντεο Υψηλής Ευκρίνειας*

*Συμπίεση Βίντεο*

## 7.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΒΙΝΤΕΟ

Ένας απλός ορισμός του βίντεο μπορεί να είναι: Το μέσο που καταγράφει ηλεκτρονικά, κινούμενες εικόνες και ήχο. Η ομοιότητα με τον κινηματογράφο είναι εμφανής καθώς και τα δύο μέσα υπηρετούν το ίδιο (οπτικοακουστικό) περιεχόμενο. Παρά τις τεχνολογικές τους διαφορές και τα δύο βασίζονται στην ρυθμική σύλληψη και προβολή (με διαφορετικούς τρόπους) μιας αλληλουχίας εικόνων και σε αυτό που ονομάζουμε μετείκασμα (after image) ή εμμονή της όρασης.

Οι εικόνες στο κινηματογραφικό φιλμ καταγράφονται μέσω ενός φακού σε διαδοχικά φωτογραφικά κάδρα (καρέ) εκθέτοντας φωτοευαίσθητο φιλμ στο φως. Η έκθεση γίνεται μια μόνο φορά, στιγμιαία για κάθε καρέ του φιλμ. Τις διαστάσεις του κινηματογραφικού κάδρου τις ορίζει ένα παράθυρο-άνοιγμα (aperture)<sup>54</sup> που λειτουργεί σαν μάσκα μπροστά από το φιλμ και η διαδοχή καταγραφής και προβολής των κάδρων είναι 24 κάδρα/καρέ ανά δευτερόλεπτο. Η έννοια της ανάλυσης στο φωτογραφικό φιλμ δεν υπάρχει με την έννοια που την χρησιμοποιούμε στην ψηφιακή φωτογραφική εικόνα· στο (έγχρωμο) κινηματογραφικό φιλμ δεν υπάρχουν διακριτά δομικά στοιχεία, όπως τα εικονοστοιχεία (pixels), αλλά διάχυτες διάφανες χρωστικές σε επάλληλα στρώματα, ο συνδυασμός των οποίων διαμορφώνει την τελική εικόνα. Σημαντικό μέγεθος είναι ο λόγος των πλευρών του κινηματογραφικού καρέ.

Οι εικόνες βίντεο καταγράφονται και προβάλλονται σε γραμμές πληροφορίας που προκύπτουν από την οριζόντια **σάρωση** του κάδρου της εικόνας, από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω. Το πλήθος των γραμμών σάρωσης (**scan lines**) συνιστά και την ανάλυση της εικόνας του βίντεο (κάδρο βίντεο) η οποία λέγεται κατακόρυφη ανάλυση (vertical resolution)· αναφέρεται στις οριζόντιες γραμμές στις οποίες αναλύεται το κάδρο και όχι σε απόλυτες διαστάσεις μήκους. Τυπικές κατακόρυφες αναλύσεις είναι 625 γραμμές (σύστημα PAL), 525 γραμμές (σύστημα NTSC) και 1080 γραμμές (Βίντεο Υψηλής Ευκρίνειας - HDV). Δεδομένα εικόνας, στάθμη ηλεκτρικής τάσης για το αναλογικό βίντεο και εικονοστοιχεία για το ψηφιακό, έχουν οι περισσότερες γραμμές του βίντεο και αυτές λέγονται ενεργές γραμμές (active lines). Η σάρωση του κάδρου, για τεχνικούς λόγους, δεν γίνεται πάντοτε με τον ίδιο τρόπο.

Οι εικόνες βίντεο που καταγράφονται διαδοχικά και σε τακτά χρονικά διαστήματα λέγονται πλαίσια (**frames**) ή κάδρα ή καρέ. Το πόσο γρήγορα καταγράφονται και προβάλλονται τα κάδρα καθορίζεται από τον ρυθμό ή αλλιώς τη συχνότητα ανανέωσης (**frame rate**) και μετριέται σε κάδρα ανά δευτερόλεπτο (frames per second ή **fps**) ή σε Hz. Ο ρυθμός ανανέωσης, το χρώμα, η ανάλυση των εικόνων ψηφιακού βίντεο και γενικά τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, ορίζονται από προδιαγραφές (πρότυπα) τα οποία σχετίζονται με πρότυπα που καθορίζουν τη μετάδοση του τηλεοπτικού αναλογικού σήματος.

| Βίντεο               | Ρυθμός Κάδρου (fps) |
|----------------------|---------------------|
| PAL                  | 25                  |
| NTSC                 | 29.97               |
| Κινηματογραφικό φιλμ | 24                  |

**Πίνακας 7.1.** Ρυθμός ανανέωσης κάδρου (fps) για διαφορετικά συστήματα βίντεο.

<sup>54</sup> Δεν πρέπει να συγχέεται με το μεταβλητό άνοιγμα (διάφραγμα) του φωτογραφικού φακού.

## 7.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΙΝΤΕΟ

Τα περισσότερα συστήματα βίντεο περιγράφονται από:

- Το πρότυπο προδιαγραφών βίντεο που υποστηρίζουν,
- Τον ρυθμό ανανέωσης της εικόνας (fps),
- Τη μέθοδο σάρωσης που χρησιμοποιούν,
- Τις διαστάσεις και τις αναλογίες της εικόνας (κάδρου),
- Την αναλογία των εικονοστοιχείων που απαρτίζουν την εικόνα,
- Τον τρόπο καταγραφής και κωδικοποίησης χρώματος,
- Τον ρυθμό δειγματοληψίας (sampling rate),
- Το εύρος δείγματος (bit depth),
- Τον συμπιεστή δεδομένων βίντεο (codec),
- Το μέσο αποθήκευσης.

## 7.3 ΠΡΟΤΥΠΑ

Τα πρότυπα που αφορούν συστήματα βίντεο Κανονικής Ευκρίνειας (Standard definition, SD) χρησιμοποιούνται στην τηλεοπτική βιομηχανία από τη δεκαετία του '50 μέχρι και σήμερα. Αυτά περιλαμβάνουν τα NTSC, PAL και SECAM, τα οποία χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές χώρες.

Το αμερικανικό πρότυπο μετάδοσης τηλεοπτικού σήματος και σήματος βίντεο **NTSC** (National Television Systems Committee) έχει υιοθετηθεί σχεδόν σε όλη την αμερικανική ήπειρο, στην Ιαπωνία, Ταϊβάν και Κορέα. Τυπικές προδιαγραφές NTSC: σάρωση 525 γραμμών, ρυθμός ανανέωσης 29,97 fps, λόγος εικόνας 4:3.

Το **PAL** (Phase Alternating Line) είναι το τηλεοπτικό και βίντεο πρότυπο που έχει επικρατήσει στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, στη Βραζιλία, Αλγερία και στην Κίνα. Τυπικές προδιαγραφές PAL: σάρωση 625 γραμμών, ρυθμός ανανέωσης 25 fps, λόγος εικόνας 4:3.

Το **SECAM** (Sequentiel Couleur avec Memoire) είναι ένα πρότυπο βασισμένο στο PAL και έχει υιοθετηθεί σε χώρες όπως η Γαλλία, Πολωνία, Βιετνάμ και η Αϊτή. Το SECAM είναι ένα αυστηρά αναλογικό πρότυπο και δεν χρησιμοποιείται στην ψηφιακή επεξεργασία· αυτή γίνεται στο σύστημα PAL και ακολουθεί μετατροπή στο SECAM για τηλεοπτική αναμετάδοση.

Αρχικά, όλα τα πρότυπα αφορούσαν αναλογικό βίντεο. Το αναλογικό βίντεο, για να αναπαραστήσει πληροφορία εικόνας χρησιμοποιεί ηλεκτρικό σήμα οι μεταβολές τάσης του οποίου κωδικοποιούν τις όποιες μεταβαλλόμενες τιμές φωτεινότητας της εικόνας. Αναλογικό περιεχόμενο βίντεο υπάρχει σε μαγνητοταινίες (betacam, VHS, κ.ά) και στην τηλεόραση ή σε αναλογικές βιντεοκάμερες. Για να εισαχθούν στον υπολογιστή και να επεξεργαστούν οι αναλογικές πληροφορίες βίντεο θα πρέπει να ψηφιοποιηθούν ή αλλιώς να «συλληφθούν» (analog to video capturing) μέσω ειδικών συσκευών (κάρτες σύλληψης).



Με την εμφάνιση νέων συστημάτων βίντεο υψηλής ευκρίνειας (high definition - **HD**) τα συστήματα NTSC και PAL αναφέρονται πλέον ως συστήματα βίντεο **κανονικής ευκρίνειας** (standard definition - **SD**).

| Πρότυπο | Γραμμές Εικόνας | FPS       | Αναλογία Κάδρου | Σάρωση           |
|---------|-----------------|-----------|-----------------|------------------|
| PAL     | 625             | 25 fps    | 4:3             | Διαπλεκόμενη (*) |
| NTSC    | 525             | 29.97 fps | 4:3             | Διαπλεκόμενη     |

**Πίνακας 7.3.** Τυπικές προδιαγραφές των δύο κυρίαρχων προτύπων βίντεο. (\* βλ. υποκεφάλαιο Σάρωση)

### 7.3.1 Βίντεο Υψηλής Ευκρίνειας

Στα τέλη της δεκαετίας του '90 προτυποποιήθηκαν νέες μορφές βίντεο υψηλής ευκρίνειας (HD video). Τα δύο κυρίαρχα πρότυπα που ορίζουν προδιαγραφές για την ψηφιακή τηλεόραση είναι το ATSC (Advanced Television Standards Committee) για την Αμερική και το DVB-T (Digital Video Broadcasting — Terrestrial) για την Ευρώπη. Το βίντεο HD, σε αντίθεση με τα συστήματα SD, τα οποία χρησιμοποιούν σταθερούς ρυθμούς ανανέωσης εικόνας και γραμμών σάρωσης, είναι διαθέσιμο σε μια ποικιλία τέτοιων μεγεθών. Παρά το γεγονός ότι η ποικιλία των εναλλακτικών αναλύσεων και ρυθμών ανανέωσης προσφέρει αρκετές ευκολίες, κάνει συγχρόνως την ανταλλαγή βίντεο περίπλοκη καθώς ο όρος «βίντεο υψηλής ευκρίνειας» δεν επαρκεί για να περιγράψει ένα συγκεκριμένο σύστημα βίντεο· ο πλήρης ορισμός θα πρέπει να αναφέρεται στο μέγεθος του κάδρου, στον ρυθμό ανανέωσης κάδρου και στη μέθοδο σάρωσης.

| Σύστημα | Ανάλυση   | Ρυθμός Ανανέωσης (fps)             | Σάρωση       |
|---------|-----------|------------------------------------|--------------|
| 720p    | 1280X720  | 23.98, 29.97, 59.94                | Προοδευτική  |
|         |           | 24, 30, 60                         | Προοδευτική  |
|         |           | 25, 50                             | Προοδευτική  |
| 1080p   | 1920X1080 | 23.98, 29.97                       | Προοδευτική  |
|         |           | 24, 30                             | Προοδευτική  |
|         |           | 25                                 | Προοδευτική  |
| 1080i   | 1920X1080 | 25 (50i), 29.97 (59.94i), 30 (60i) | Διαπλεκόμενη |

**Πίνακας 7.4.** Ψηφιακά συστήματα βίντεο με τα βασικά τους χαρακτηριστικά.

## 7.4 ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ο αριθμός των εικόνων (κάδρων ή καρέ) που καταγράφονται και προβάλλονται ανά δευτερόλεπτο λέγεται ρυθμός ανανέωσης κάδρου και μετριέται σε **fps** (frames per second). Όσο υψηλότερο είναι το fps κατά τη σύλληψη των εικόνων τόσο μεγαλύτερη είναι και η ακρίβεια της κίνησης που περιγράφεται. Ο ρυθμός καταγραφής ή σύλληψης και προβολής είναι συνήθως ο ίδιος. Στην περίπτωση που διαφέρουν, το τελικό αποτέλεσμα θα έχει διαφορετικά χρονικά χαρακτηριστικά. Στην περίπτωση που ο ρυθμός σύλληψης είναι υψηλότερος από αυτόν της προβολής, θα έχουμε το φαινόμενο που λέγεται «αργή κίνηση» (slow motion)· όταν συμβαίνει το αντίστροφο, θα έχουμε αυτό που ονομάζουμε «συμπιεσμένο χρόνο» ή time lapse. Τυπική χρήση του εφέ αργής κίνησης είναι η ανάλυση της κίνησης για επιστημονικούς λόγους, για επανάληψη σκηνών από αθλητικά γεγονότα ή διάφορα κινηματογραφικά εφέ που σχετίζονται με τον ρυθμό αφήγησης.

Τα πρώτα τηλεοπτικά συστήματα χρησιμοποιούσαν ρυθμούς ανανέωσης κάδρου με βάση την τοπική συχνότητα παροχής ρεύματος για να αποφύγουν παρεμβολές στην εικόνα βίντεο. Το πρότυπο NTSC στη Βόρεια Αμερική χρησιμοποιούσε 30 fps (τώρα πλέον έχει οριστεί στα 29.97 fps) για την παροχή ρεύματος 60 Hz. Το PAL, στην Ευρώπη, χρησιμοποιεί 25 fps λόγω της παροχής ρεύματος των 50 Hz. Ενώ οι κινηματογραφικές κάμερες είναι σχετικά απλοί μηχανισμοί και επιτρέπουν τη χρήση υψηλότερων fps, οι κάμερες βίντεο είναι τεχνολογικά πολύπλοκες και όχι το ίδιο ευέλικτες. Παρόλα αυτά υπάρχουν εξελιγμένες βιντεοκάμερες που προσφέρουν διαφορετικούς ρυθμούς fps χωρίς να χάνουν τη συμβατότητά τους με τα συστήματα PAL και NTSC.

### 7.4.1 Επιλέγοντας Ρυθμό Ανανέωσης

Η προβολή κινηματογραφικών ταινιών γίνεται αποκλειστικά στα 24 fps. Η τηλεόραση δεν έχει ένα διεθνώς αποδεκτό πρότυπο, με τα δύο κυρίαρχα να χρησιμοποιούν 25 fps (PAL) και 29.97 fps (NTSC). Ο συνδυασμός βίντεο με διαφορετικά fps είναι σχετικά απλή διαδικασία, ιδιαίτερα όταν τα νούμερα διαιρούνται ακριβώς. Στην περίπτωση που οι αριθμοί δεν είναι ακέραιοι (πχ 29,97 για το NTSC βίντεο και 25 για το PAL) η διαδικασία είναι πιο περίπλοκη.

Κάποια συστήματα βίντεο υποστηρίζουν εγγενώς διαφορετικούς ρυθμούς ανανέωσης κάδρου επιτρέποντας εγγραφή σε διαφορετικά fps, αλλά και συμβατότητα με τον κινηματογραφικό ρυθμό των 24 καρέ ανά δευτερόλεπτο.

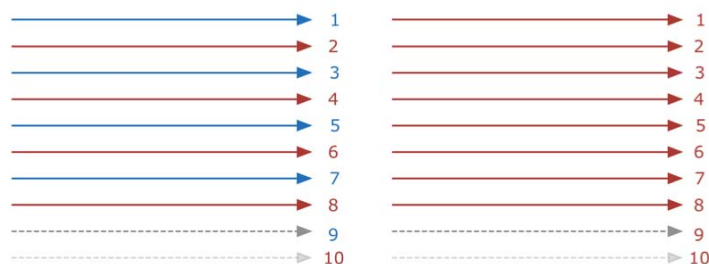
| Ρυθμοί ανανέωσης κάδρου (fps) και ενδεικτικές εφαρμογές τους |                                                             |                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| fps                                                          | Μέσο                                                        | Περιγραφή                                                                                                                                                                        |
| 24                                                           | κινηματογραφικό<br>φιλμ<br>βίντεο HD                        | Το διεθνώς αποδεκτό fps. Όλες οι κινηματογραφικές ταινίες προβάλλονται σε 24 fps. Υποστηρίζεται από πολλά συστήματα βίντεο υψηλής ευκρίνειας.                                    |
| 23.98                                                        | κινηματογραφικό<br>φιλμ<br>βίντεο HD με<br>συμβατότητα NTSC | Είναι ο ρυθμός 24 fps αλλά πιο αργός κατά 99.9% (1000/1001) για συμβατότητα με το πρότυπο βίντεο NTSC. Υιοθετείται από πολλά συστήματα βίντεο υψηλής ευκρίνειας (και κάποια SD). |
| 25                                                           | PAL<br>βίντεο HD                                            | Πρόκειται για το ευρωπαϊκό πρότυπο βίντεο.                                                                                                                                       |
| 29.97                                                        | NTSC<br>βίντεο HD                                           | Το καθιερωμένο fps για έγχρωμο βίντεο NTSC από το 1953.                                                                                                                          |
| 30                                                           | βίντεο HD<br>ασπρόμαυρο βίντεο<br>NTSC                      | Χρησιμοποιείται σε βιντεκάμερες υψηλής ευκρίνειας. Το αρχικό fps για ασπρόμαυρο σήμα βίντεο NTSC (δεν χρησιμοποιείται πλέον)                                                     |
| 50                                                           | PAL<br>βίντεο HD                                            | Αναφέρεται στον ρυθμό ανανέωσης διαπλεκόμενου πεδίου (διπλάσιο του fps) στο πρότυπο PAL. Χρησιμοποιείται και από βιντεοκάμερες υψηλής ευκρίνειας στο σύστημα 1080i.              |
| 59.94                                                        | βίντεο HD με<br>συμβατότητα NTSC                            | Είναι ο ρυθμός ανανέωσης διαπλεκόμενου πεδίου για βίντεο NTSC.                                                                                                                   |
| 60                                                           | βίντεο HD                                                   | Υπάρχει η δυνατότητα σε συστήματα βίντεο υψηλής ευκρίνειας.                                                                                                                      |

**Πίνακας 7.5.** Ρυθμοί ανανέωσης κάδρου και ενδεικτικές εφαρμογές τους.

Όσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός ανανέωσης του κάδρου, τόσο πιο ακριβής είναι η καταγραφή της κίνησης, αλλά τόσο περισσότερο μειώνεται και η αίσθηση του κενού (απουσία εικόνας) ανάμεσα στα προβαλλόμενα κάδρα. Οι προβολείς κινηματογραφικού φιλμ για να πετύχουν διπλάσια αντιληπτό ρυθμό ανανέωσης του κάδρου διπλασιάζουν ή και τριπλασιάζουν την ταχύτητα του φωτοφράκτη επαναλαμβάνοντας πρακτικά την προβολή του ίδιου καρέ δύο και τρεις φορές αντίστοιχα. Η ταχύτερη εναλλαγή των εικόνων αναπαριστά την κίνηση πιο πειστικά. Το βίντεο χρησιμοποιεί μια παρόμοια αλλά πιο περίπλοκη τεχνική, η οποία ονομάζεται διαπλεκόμενη σάρωση.

## 7.5 Η ΣΑΡΩΣΗ

Μια εικόνα βίντεο στην οθόνη της τηλεόρασης ή στην οθόνη ενός υπολογιστή σχηματίζεται από οριζόντιες γραμμές οι οποίες γράφονται από τη μια άκρη της οθόνης στην άλλη, από πάνω προς τα κάτω. Κάθε γραμμή δειγματοληπτείται για να αναπαρασταθεί από έναν αριθμό δειγμάτων. Όσα περισσότερα είναι τα δείγματα τόσο μεγαλύτερη είναι και η ανάλυση της γραμμής.



**Εικόνα 7.1.** Σάρωση δύο πεδίων (αριστερά) και προοδευτική σάρωση (δεξιά).

Η σάρωση γίνεται με δύο τρόπους: με τη σάρωση κάθε γραμμής του κάδρου, τη μια μετά την άλλη, από πάνω μέχρι κάτω (ένα πέρασμα) ή με δύο περάσματα, σαρώνοντας πρώτα κάθε γραμμή περιττής τάξης (1,3,5,7, ...) του κάδρου και μετά κάθε γραμμή άρτιας τάξης (2, 4, 6, 8, ...). Στην πρώτη περίπτωση λέμε ότι η σάρωση είναι προοδευτική (progressive scan) και στη δεύτερη διαπλεκόμενη (interlaced).



**Εικόνα 7.2.** Απλοποιημένη αναπαράσταση των δύο πεδίων διαπλεκόμενης σάρωσης. Οι λευκές γραμμές στα δύο πεδία αντιπροσωπεύουν μη πληροφορία και κανονικά είναι μαύρες, όχι με την έννοια του μαύρου χρώματος αλλά της μη ύπαρξης φωτεινής πληροφορίας.

Στη διαπλεκόμενη σάρωση λέμε ότι οι γραμμές που γράφονται σε ένα πέρασμα (από πάνω μέχρι κάτω) συνιστούν ένα **πεδίο (field)**. Το σύνολο των γραμμών που προκύπτει από την πρώτη σάρωση λέγεται άνω πεδίο (upper field) και το δεύτερο, κάτω πεδίο (lower field). Κάθε πεδίο γεμίζει το κάδρο του βίντεο με τις μισές γραμμές. Η χρονική αλληλουχία των δύο πεδίων είναι αυτή που σχηματίζει την εντύπωση του ολοκληρωμένου κάδρου σε αντίθεση με την προοδευτική σάρωση, όπου η εικόνα σχηματίζεται από ένα μόνο πεδίο γραμμών.



**Εικόνα 7.3.** Λεπτομέρεια από βίντεο διαπλεκόμενης σάρωσης. Η μη σύμπτωση των δύο πεδίων είναι εμφανής σε κινούμενα θέματα.

Επειδή το κάθε πεδίο γεμίζει το κάδρο του βίντεο στον μισό χρόνο, πρακτικά διπλασιάζεται ο φαινομενικός ρυθμός ανανέωσης της εικόνας και η γενική αίσθηση της

κίνησης εμφανίζεται πιο ομαλή· το πλεονέκτημα αυτό χάνεται όταν το βίντεο προβληθεί σε επίπεδη οθόνη υπολογιστή όπου υποστηρίζεται μόνο ο τύπος της προοδευτικής σάρωσης. Δηλαδή στην περίπτωση βίντεο PAL, ο πραγματικός ρυθμός ανανέωσης του κάδρου δεν είναι 1:25 sec, καθώς το κάθε ένα από τα δύο πεδία σάρωσης γεμίζει το κάδρο σε 1:50 του δευτερολέπτου· το ότι κάθε φορά λείπει η μισή πληροφορία από το κάδρο δεν γίνεται οπτικά αντιληπτό (μετείκασμα).

*Μπορούμε δηλαδή να πούμε ότι πρακτικά υπάρχουν δύο συστήματα βίντεο, αυτό που βασίζεται σε πλήρη κάδρα (frames) και αυτό που βασίζεται σε πεδία (fields). Το πρώτο έχει ρυθμό ανανέωσης κάδρου (fps) και το δεύτερο έχει ρυθμό ανανέωσης πεδίου (field rate) αλλά και κάδρου.*

Επειδή τα δύο πεδία σάρωσης δημιουργούνται με μια χρονική διαφορά, όταν καταγράφονται γρήγορα κινούμενα αντικείμενα εμφανίζονται προβλήματα ασυνέχειας της εικόνας, συνήθως σε περιοχές υψηλής αντίθεσης, όπως στα περιγράμματα των αντικειμένων. Οι ασυνέχειες αυτές έχουν τη μορφή χτένας, καθώς η πληροφορία του πεδίου που προηγείται δεν βρίσκεται σε σύμπτωση με αυτή του επερχόμενου, ενώ και οι δύο περιγράφουν το ίδιο σημείο του θέματος. Το φαινόμενο αυτό δεν είναι τόσο ενοχλητικό κατά την αναπαραγωγή του βίντεο (play back), αλλά είναι ιδιαίτερα εμφανές σε αργή κίνηση ή όταν ακινητοποιηθεί το κάδρο (freeze frame).

Τα συστήματα βίντεο που υποστηρίζουν προοδευτική σάρωση χαρακτηρίζονται από το γράμμα «p» και αυτά που υποστηρίζουν διαπλεκόμενη σάρωση από το γράμμα «i», όπως: 1080p, 1080i ή 750p.

- Η διαπλεκόμενη σάρωση αυξάνει τον αντιληπτό ρυθμό ανανέωσης κάδρου με τις μισές απαιτήσεις σύλληψης και προβολής.
- Η προοδευτική σάρωση προτιμάται για την «κινηματογραφική» της ποιότητα.
- Οι οθόνες των υπολογιστών σαρώνονται προοδευτικά.
- Οι συσκευές αναλογικής τηλεόρασης NTSC και PAL χρησιμοποιούν διαπλεκόμενη σάρωση.
- Περιεχόμενο βίντεο που προορίζεται για αναπαραγωγή στον υπολογιστή (βίντεο στο ίντερνετ), πρέπει να είναι προοδευτικής σάρωσης.

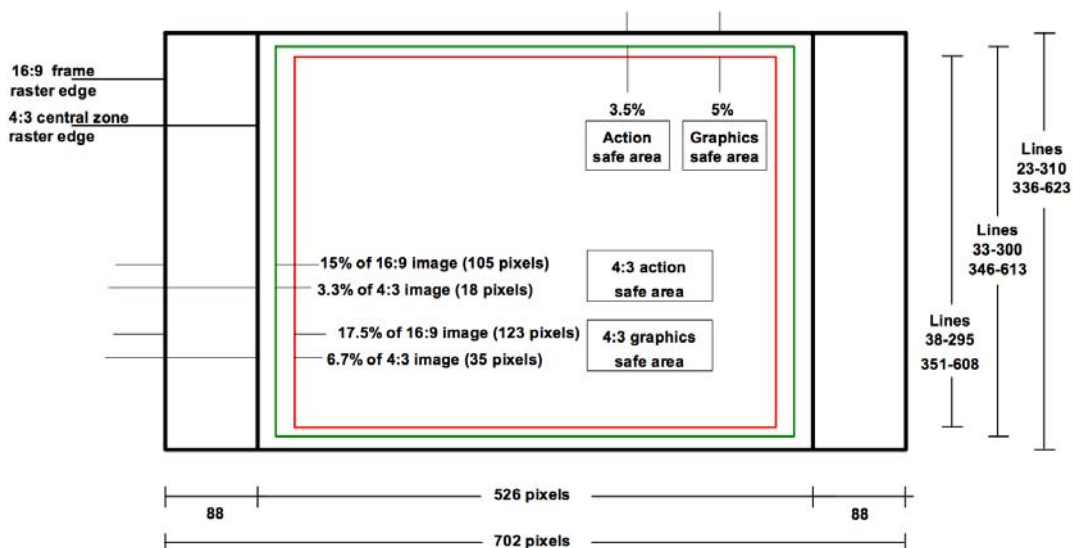
## 7.6 ΖΩΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Στην περίπτωση που το βίντεο προορίζεται για αναπαραγωγή στην τηλεόραση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη μια παράμετρος που λέγεται **overscan**. Οι περισσότερες αναλογικές τηλεοράσεις ευρείας κατανάλωσης μεγεθύνουν λίγο την εικόνα καθώς τα όρια του κάδρου βίντεο δεν ορίζονται απόλυτα, με αποτέλεσμα η περιφέρεια της εικόνας να μην προβάλλεται ολόκληρη. Επειδή το ποσοστό της μεγέθυνσης (overscan) ποικίλει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, η περιοχή της εικόνας βίντεο, όπου εκτυλίσσεται η κύρια δράση θα πρέπει να είναι λίγο μικρότερη από το συνολικό κάδρο. Συνήθως ορίζονται δύο τέτοιες περιοχές «ασφαλείας», μια για την κύρια δράση (action safe), η οποία καταλαμβάνει περίπου το 90% του κάδρου και μια μικρότερη για τυχόν γραφικά (title safe), περίπου 80% του κάδρου.

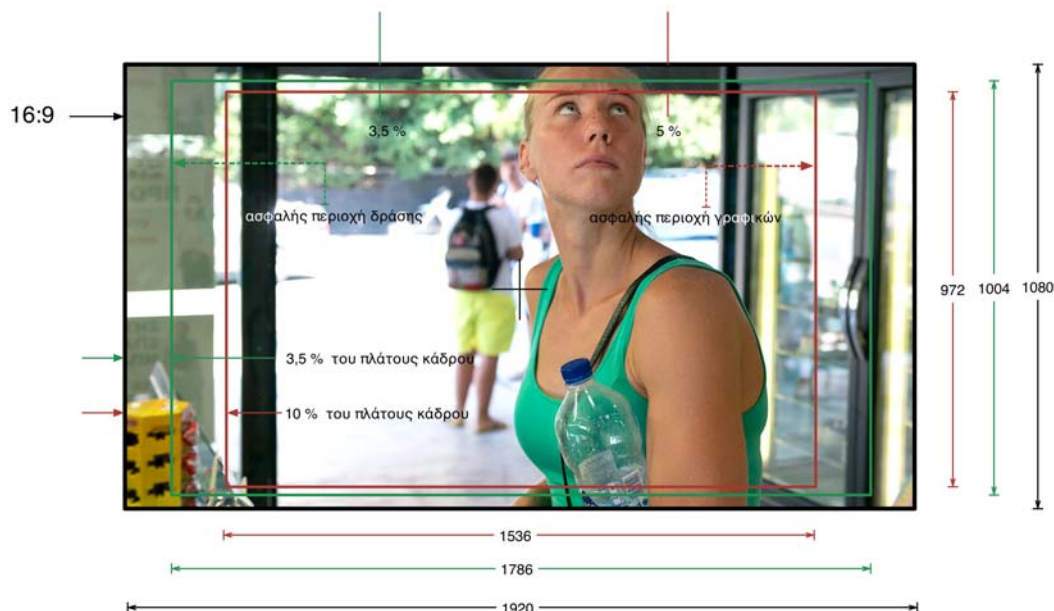
Παρά το ότι η λειτουργία overscan δεν επηρεάζει (θεωρητικά) τις σύγχρονες ψηφιακές τηλεοπτικές συσκευές και τις οθόνες των υπολογιστών (με την έννοια ότι η ανάλυση της οθόνης είναι πλέον διακριτή) είναι γενικά καλή πρακτική να λαμβάνεται υπόψη· η



αναπαραγωγή του βίντεο εξαρτάται πάντοτε από τη συσκευή αναπαραγωγής (η οποία μπορεί είναι αναλογική τηλεόραση, ψηφιακή οθόνη κλπ). Πολλοί τηλεοπτικοί οργανισμοί κύρους, όπως το BBC (British Broadcasting Corporation) (BBC 2009), το EUB (European Broadcasting Union) (EBU 2008) και το SMPTE (Society of Motion Pictures and Television Engineers) (SMPTE 2009) έχουν εκδώσει οδηγίες-πρότυπα για τις ασφαλείς περιοχές περιεχομένου και τίτλων. Το ίδιο συμβαίνει και με τις επαγγελματικές εφαρμογές επεξεργασίας βίντεο, όπου οι ασφαλείς περιοχές είναι συνήθως διαθέσιμες σαν επάλληλο πλέγμα στο παράθυρο εργασίας.



**Εικόνα 7.4.** Ασφαλείς περιοχές περιεχομένου (δράσης) και γραφικών (τίτλοι, γράμματα, σήματα, κλπ) για παραγωγή βίντεο 4:3 με αναπαραγωγή σε ψηφιακές οθόνες 16:9 (BBC Technical Standards for Network Television Delivery).

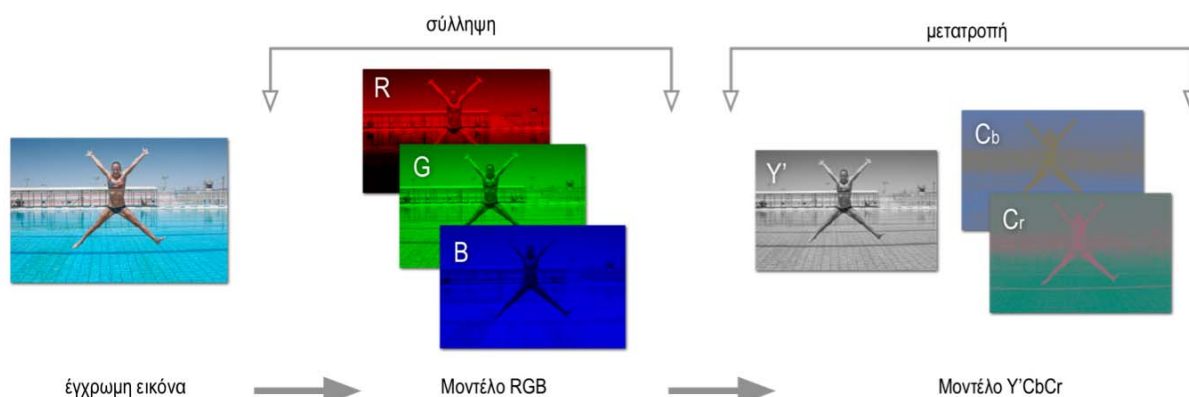


**Εικόνα 7.5.** Ασφαλείς περιοχές περιεχομένου (δράσης) και γραφικών (τίτλοι, γράμματα, σήματα, κλπ) για τηλεοπτική παραγωγή βίντεο 1920x1080 σε τηλεοράσεις με λόγο πλευρών 16:9 (πρότυπο R19, European Broadcasting Union).

## 7.7 ΤΟ ΧΡΩΜΑ ΤΟΥ ΒΙΝΤΕΟ

Για την περιγραφή του χρώματος στο βίντεο, χρησιμοποιούνται χρωματικά μοντέλα φωτεινότητας-χρωματικότητας, όπως τα YUV και YIQ. Στα χρωματικά αυτά μοντέλα η φωτεινότητα αποτελεί ξεχωριστή συνιστώσα από τη χρωματικότητα, σε αντίθεση με το μοντέλο RGB, όπου η φωτεινότητα ορίζεται από τον συνδυασμό των εντάσεων των τριών βασικών χρωμάτων κόκκινου, πράσινου και μπλε.

Στα μοντέλα YUV (σύστημα PAL) και YIQ (σύστημα NTSC) το χρώμα διαχωρίζεται σε τρεις συνιστώσες, μια για τη φωτεινότητα (Luma) και δύο για τη χρωματικότητα (Chrominance), U και V στο YUV, ή I και Q στο YIQ).



**Εικόνα 7.6.** Η σύλληψη της εικόνας βίντεο από τον αισθητήρα της κάμερας γίνεται στο χρωματικό μοντέλο RGB και ακολουθεί η κωδικοποίησή του (μετατροπή) στο χρωματικό μοντέλο Y'CbCr.

Τα χρωματικά μοντέλα φωτεινότητας - χρωματικότητας αναπτύχθηκαν με την εφεύρεση της έγχρωμης τηλεόρασης, καθώς υπήρχε η ανάγκη εκπομπής ασπρόμαυρου και έγχρωμου σήματος βίντεο. Το ασπρόμαυρο βίντεο χρησιμοποιούσε μόνο την παράμετρο της φωτεινότητας.

Ένα άλλο χρωματικό μοντέλο φωτεινότητας - χρωματικότητας, που χρησιμοποιείται ευρέως και σχετίζεται με το YUV, είναι το YCbCr (γράφεται και ως  $YC_{BCr}$ ). Το Y αφορά αχρωματικές τιμές φωτεινότητας (luma) ενώ οι συνιστώσες Cb και Cr περιγράφουν τη χρωματικότητα ως προς τη διαφορά-μπλε και τη διαφορά-κόκκινου αντίστοιχα. Το μοντέλο YCbCr<sup>55</sup> είναι ιδιαίτερα δημοφιλές, καθώς επιτρέπει την υποδειγματοληψία των χρωματικών συνιστωσών, κάτι ιδιαίτερα χρήσιμο κατά τη συμπίεση αρχείων βίντεο. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται στη μέθοδο κωδικοποίησης MPEG. Η συμπίεση δεδομένων βίντεο MPEG αναφέρεται σε επόμενη ενότητα.

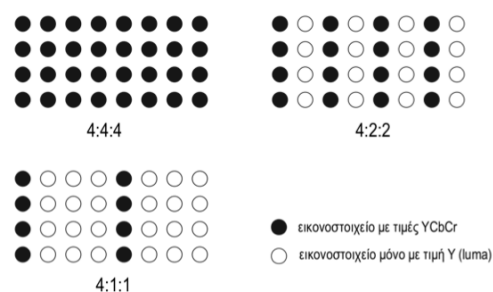
Τα ψηφιακά συστήματα βίντεο που υιοθετούν το μοντέλο YUV (YCbCr) λέγονται συστήματα **component** (Αγγλ. *συστατικό*) **video**. Τα συστήματα που κωδικοποιούν το σήμα βίντεο σε μία συνιστώσα (χρώμα και φωτεινότητα μαζί) λέγονται συστήματα **composite** (Αγγλ. *σύνθετο*). Γενικά, όσο περισσότερες διακριτές παραμέτρους (ή αλλιώς κανάλια πληροφορίας) διαθέτει ένα σύστημα κωδικοποίησης, τόσο πιο υψηλή θα είναι και η ποιότητα της εικόνας· το αντίτιμο είναι πάντα ο μεγαλύτερος όγκος δεδομένων που απαιτείται για την αποθήκευση και μετάδοση της πληροφορίας.

<sup>55</sup> Σημειώνεται και ως Y'CbCr, όπου το Y' αναφέρεται σε λογαριθμική (μη γραμμική) κωδικοποίηση τιμών φωτεινότητας.

## 7.8 ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Η αναλογία χρωματικής δειγματοληψίας αναφέρεται στον λόγο των δειγμάτων φωτεινότητας  $Y$  (luma) προς τα δείγματα για κάθε χρωματική συνιστώσα ( $C_B$  και  $C_R$ ). Για παράδειγμα, δειγματοληψία 4:2:2 σημαίνει ότι για κάθε τέσσερα εικονοστοιχεία για τα οποία αποθηκεύονται δεδομένα φωτεινότητας  $Y$ , δεδομένα χρωματικότητας  $C_B$  και  $C_R$ , αποθηκεύονται μόνο για τα δύο από αυτά. Η διαδικασία αυτή λέγεται υποδειγματοληψία χρώματος. Μειώνοντας τον αριθμό των δειγμάτων χρώματος μειώνεται αντίστοιχα και ο όγκος των δεδομένων. Επειδή η ανθρώπινη όραση είναι περισσότερο ευαίσθητη στις εναλλαγές φωτεινότητας από ότι στις χρωματικές, η υποδειγματοληψία χρώματος μπορεί να θεωρηθεί αντιληπτά μη απωλεστική μέθοδος μείωσης του όγκου δεδομένων ενός αρχείου εικόνας.

Η ένδειξη 4:4:4 σημαίνει ότι για κάθε ομάδα τεσσάρων εικονοστοιχείων θα αποθηκευτούν συνολικά δεδομένα τεσσάρων δειγμάτων για κάθε κανάλι, δηλαδή συνολικά δώδεκα δείγματα.



**Εικόνα 7.7** Σχηματική αναπαράσταση αναλογιών δειγματοληψίας χρώματος (βλ.Πίνακας 7.2).

| Αναλογίες Δειγματοληψίας |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Αναλογία                 | Σύστημα Βίντεο                                              | Περιγραφή                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 4:4:4                    | HDCAM SR<br>Οι περισσότεροι τύποι αρχείων εικόνας RGB       | Κάθε κανάλι R, G, B, ή κάθε κανάλι $Y'$ , $C_B$ , $C_R$ , δειγματοληπτείται στον ίδιο ρυθμό. Επιτυγχάνει τη μέγιστη περιγραφή χρώματος. Χρησιμοποιείται στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και για επαγγελματικές εφαρμογές επεξεργασίας βίντεο.                                                                                                   |
| 4:2:2                    | Ψηφικό Betacam, D-1, D-5, DVCPRO HD, DVCPRO 50 και HDCAM SR | Τα κανάλια χρώματος υποδειγματοληπτούνται (color subsampling), μειώνοντας την ανάλυση χρώματος στο μισό. Για παράδειγμα, το πρώτο εικονοστοιχείο σε μια γραμμή έχει πληροφορία $Y'$ , $C_B$ , and $C_R$ , το επόμενο εικονοστοιχείο έχει μόνο πληροφορία $Y'$ και ούτω καθεξής. Χρησιμοποιείται από τα περισσότερα επαγγελματικά συστήματα βίντεο. |
| 4:2:0                    | HDV, MPEG-1,DVD MPEG-2 και PAL DV                           | Τα κανάλια χρώματος υποδειγματοληπτούνται. Για κάθε 4 εικονοστοιχεία χρησιμοποιούνται 4 δείγματα για το $Y$ και 2 δείγματα, είτε για το $C_B$ είτε για το $C_R$ .                                                                                                                                                                                  |
| 4:1:1                    | NTSC DV, NTSC DVCAM και DVCPRO                              | Τα κανάλια χρώματος υποδειγματοληπτούνται έτσι ώστε η ανάλυση χρώματος να μειωθεί κατά τέσσερα. Το πρώτο εικονοστοιχείο σε μια γραμμή έχει πληροφορία $Y'$ , $C_B$ , and $C_R$ . Τα επόμενα τρία έχουν μόνο πληροφορία $Y'$ και ούτω καθεξής. Χρησιμοποιείται για εικόνες Jpeg και στη συμπίεση MPEG-4                                             |

**Πίνακας 7.6.** Όλες οι αναλογίες εκτός από την 4:4:4 χρησιμοποιούν χρωματική υποδειγματοληψία, περιγράφουν δηλαδή τα εικονοστοιχεία με λιγότερα δεδομένα χρώματος, με βάση το ότι η ανθρώπινη όραση είναι πιο ευαίσθητη στις αλλαγές φωτεινής έντασης από ότι σε αλλαγές απόχρωσης.

## 7.9 ΡΥΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Ο ρυθμός δειγματοληψίας ορίζει πόσο συχνά δειγματοληπτείται η φωτεινή ένταση κάθε γραμμής βίντεο.

| Ρυθμοί Δειγματοληψίας Βίντεο και Εφαρμογές |                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ρυθμός Δειγματοληψίας                      | Εφαρμογές                                                                                                                                                                                                                                   |
| 74.25 MHz                                  | Δειγματοληψία φωτεινότητας (Luma, Y') για βίντεο υψηλής ευκρίνειας (HD).                                                                                                                                                                    |
| 37.125 MHz                                 | Δειγματοληψία χρωματικότητας (CbCr) για βίντεο υψηλής ευκρίνειας (HD). Χρησιμοποιείται για βίντεο HD 4:2:2.                                                                                                                                 |
| 14.3 MHz                                   | Οι πρώτες συσκευές ψηφιακής εγγραφής βίντεο (NTSC) δειγματοληπούσαν με ρυθμό 4X της συχνότητας του σήματος χρώματος (3.58 MHz x 4). Αυτή είναι και η προέλευση του «4» στο σύστημα σημειογραφίας των αναλογιών δειγματοληψίας (όπως 4:2:2). |
| 13.5 MHz                                   | Ρυθμός δειγματοληψίας για το κανάλι φωτεινότητας (luma - Y) του ψηφιακού βίντεο κανονικής ευκρίνειας (SD DV).                                                                                                                               |
| 6.75 MHz                                   | Είναι ο ρυθμός δειγματοληψίας για τα κανάλια χρωματικότητας στο βίντεο 4:2:2. Το μισό της συχνότητας 13.5 MHz.                                                                                                                              |

**Πίνακας 7.7.** Τυπικοί ρυθμοί δειγματοληψίας ψηφιοποίησης βίντεο και ενδεικτικές εφαρμογές.

## 7.10 ΒΑΘΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το εύρος δείγματος ή αλλιώς βάθος δείγματος (ή βάθος χρώματος), ο αριθμός δηλαδή των δυαδικών ψηφίων (bits) που χρησιμοποιείται για την καταγραφή (αποθήκευση) κάθε δείγματος, όπως και σε κάθε διαδικασία ψηφιοποίησης, καθορίζει την ακρίβεια της καταγραφής (πιστότητα), καθώς επίσης και το εύρος της διαβάθμισης της έντασης (φωτεινότητας) που είναι εφικτή μέσα στο σήμα βίντεο.

Τα περισσότερα συστήματα βίντεο χρησιμοποιούν τουλάχιστον 8 bits ανά συνιστώσα χρώματος, κάτι που επιτρέπει την αναπαράσταση 256 διαφορετικών σταθμών έντασης. Οι εικόνες RGB παραδοσιακά περιγράφονται με τον συνολικό αριθμό bits που χρησιμοποιούν για κάθε εικονοστοιχείο. Αν χρησιμοποιούν 8 bit ανά κανάλι χρώματος, λέγονται εικόνες 24-bit (8 bits x 3 = 24 bits). Το βάθος δείγματος για το σήμα βίντεο συνήθως περιγράφεται ανά κανάλι πληροφορίας χρώματος. Αν δηλαδή το χρώμα δηλώνεται ως 8 bit σημαίνει ότι χρησιμοποιούνται 8 bit για το κανάλι Y', 8 bit για το κανάλι C<sub>B</sub> και 8 bit για το κανάλι C<sub>R</sub>. Άλλα συστήματα χρησιμοποιούν 10 bit ανά κανάλι, κάτι που επιτρέπει την περιγραφή 1024 διαφορετικών εντάσεων αντί για 256.

Στην πραγματικότητα, στο βίντεο Y'C<sub>B</sub>C<sub>R</sub> 8-bit δεν χρησιμοποιούνται και οι 256 στάθμες για την αναπαράσταση πληροφορίας· οι τιμές 1-15 και 236-254 χρησιμοποιούνται σαν εφεδρεία για την καταγραφή απότομων μεταβολών του σήματος και την αποφυγή της αποκοπής πληροφορίας (clipping).

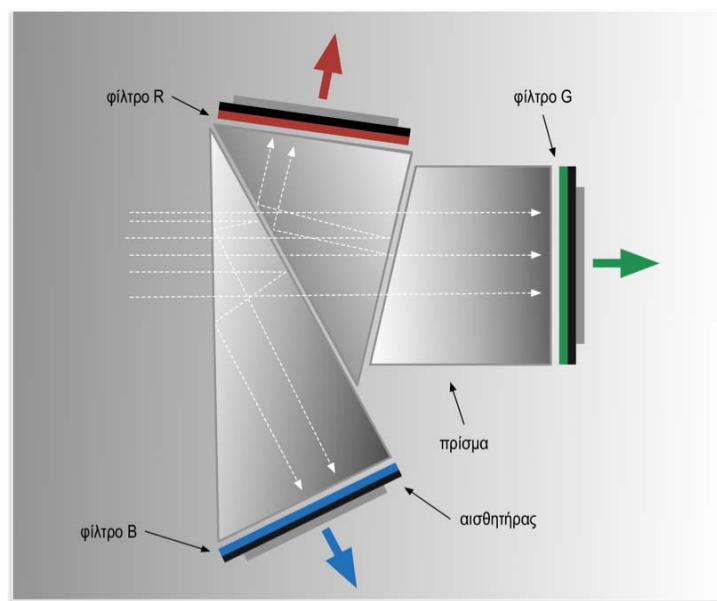
### 7.10.1 Κωδικοποίηση με Βάση την Αντίληψη και η Ρύθμιση Gamma

Ο συνδυασμός του περιορισμένου αριθμού σταθμών έντασης (φωτεινότητας) στο σήμα βίντεο των 8-bit, σε συνδυασμό με την αυξημένη ευαισθησία της ανθρώπινης όρασης σε αλλαγές φωτεινότητας στους χαμηλούς τόνους (σκιές) και όχι στους φωτεινούς, απαιτεί μια προσεκτική διαχείριση για την αποτελεσματική αναπαράσταση της εικόνας.

Πρακτικά, για να αντιληφθούμε μια αλλαγή φωτεινότητας στους υψηλούς τόνους μιας εικόνας απαιτείται κατά πολύ μεγαλύτερος βαθμός αλλαγής από ότι στις σκιές (η ανάγκη αυτή αυξάνεται εκθετικά, καθώς η φωτεινότητα και η αντίληψή της διέπονται από μια συνάρτηση ισχύος). Στην αναλογική ή ψηφιακή καταγραφή εικόνων βίντεο η σχέση αυτή

είναι γραμμική: όσο περισσότερο φως τόσο μεγαλύτερη η ένταση (ηλεκτρική τάση) που καταγράφεται.

Για τον λόγο αυτό οι εικόνες βίντεο κωδικοποιούνται με μια διόρθωση gamma, η οποία φροντίζει η κατανομή των bits να είναι τέτοια, ώστε οι όποιες αλλαγές φωτεινότητας να είναι ομοιόμορφα αντιληπτές. Όταν η εικόνα προβάλλεται στην οθόνη του υπολογιστή, εφαρμόζεται η αντίστροφη διόρθωση gamma και ο θεατής βλέπει την αρχική φωτεινότητα της εικόνας.



**Εικόνα 7.8.** Σχηματική διάταξη αισθητήρα 3CCD σε βιντεοκάμερα. Ο χρωματικός διαχωρισμός του λευκού φωτός στις συνιστώσες RGB επιτυγχάνεται με την επιλεκτική καταγραφή του κόκκινου, πράσινου και μπλε «περιεχομένου» μέσω φίλτρων. Η ίδια τεχνική χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη της πρώτης έγχρωμης φωτογραφίας το 1861.

## 7.11 ΚΑΔΡΟ, ΓΡΑΜΜΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

Ένα κάδρο (καρέ) βίντεο σχηματίζεται από γραμμές σάρωσης. Στο ψηφιακό βίντεο κάθε γραμμή δειγματοληπτείται για τη δημιουργία ενός αριθμού εικονοστοιχείων (pixels) ανά γραμμή. Όσο περισσότερες γραμμές περιγράφουν το κάδρο, τόσο υψηλότερη είναι και η ανάλυσή του. Όσο περισσότερα εικονοστοιχεία περιγράφουν μια γραμμή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ανάλυση της γραμμής.

### 7.11.1 Γραμμές Εικόνας

Το ευρωπαϊκό πρότυπο PAL χρησιμοποιεί 625 γραμμές για κάθε κάδρο βίντεο, ενώ το αμερικανικό NTSC 525. Στο αναλογικό βίντεο, δεν χρησιμοποιούνται όλες οι γραμμές για να περιγράψουν την εικόνα. Οι γραμμές που αφορούν σε πληροφορία εικόνας λέγονται ενεργές γραμμές και είναι κατά τι λιγότερες (576 για βίντεο PAL και 486 για βίντεο NTSC). Τα ψηφιακά συστήματα βίντεο υψηλής ευκρίνειας (High Definition Video - HDV) σύμφωνα με το πρότυπο ATSC (Advanced Television Systems Committee) διαθέτουν 1080 ή 720 ενεργές γραμμές εικόνας ανά κάδρο.



| Κοινές Διαστάσεις Κάδρων Βίντεο |      |                               |          |                                                                                                                                                 |
|---------------------------------|------|-------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Πλάτος                          | Ύψος | PAR (*)                       | Αναλογία | Περιγραφή                                                                                                                                       |
| 320                             | 240  | 1:1 (1)                       | 4:3      | Για τη διανομή βίντεο στο ίντερνετ.                                                                                                             |
| 640                             | 480  | 1:1 (1)                       | 4:3      | Ένα αρχικό πρότυπο για επεξεργασία από αναλογικό σε ψηφιακό βίντεο (περιγραφή του πρότυπου ATSC).                                               |
| 720                             | 480  | Ύψος μεγαλύτερο από το πλάτος | 4:3      | Διαστάσεις για βίντεο NTSC DV και DVD.                                                                                                          |
| 720                             | 486  | Ύψος μεγαλύτερο από το πλάτος | 4:3      | Διαστάσεις βίντεο NTSC SD για επαγγελματικά ψηφιακά συστήματα όπως το Digital Betacam, D-1 και D-5.                                             |
| 720                             | 576  | Πλάτος μεγαλύτερο από το ύψος | 4:3      | Διαστάσεις βίντεο PAL SD για ψηφιακά συστήματα όπως το Digital Betacam, D-1, D5, DVD και DV.                                                    |
| 1280                            | 720  | 1:1 (1)                       | 16:9     | Σύστημα βίντεο HD, ικανό για υψηλότερο ρυθμό ανανέωσης κάδρου με αντάλλαγμα μικρότερες διαστάσεις εικόνας.                                      |
| 1920                            | 1080 | 1:1                           | 16:9     | Σύστημα βίντεο HD με πολύ υψηλή ανάλυση.                                                                                                        |
| 960                             | 720  | 4:3 (1,33)                    | 16:9     | Κάποια συστήματα 720p (όπως το DVCPRO HD και HDV) υποδειγματοληπτούν τα 1280 pixels σε 960 για μείωση του όγκου δεδομένων.                      |
| 1440                            | 1080 | 4:3 (1,33)                    | 16:9     | Μερικά 1080-line formats (όπως το HDV και DVCPRO HD) υποδειγματοληπτούν τα 1920 pixels σε 1440 ή ακόμα και 1280 για μείωση του όγκου δεδομένων. |

(\*) PAR (pixel aspect ratio)

**Πίνακας 7.8.** Κοινές διαστάσεις κάδρων βίντεο.

### 7.11.2 Εικονοστοιχεία ανά γραμμή

Στο ψηφιακό βίντεο κάθε γραμμή δειγματοληπτείται αρκετές φορές. Σύμφωνα με το πρότυπο ITU-R BT.601 (για την ψηφιοποίηση και καταγραφή σήματος βίντεο), η δειγματοληψία γίνεται 720 φορές για κάθε γραμμή εικόνας και για το σύστημα PAL και για το NTSC. Δηλαδή, κάθε κάδρο ψηφιακού βίντεο PAL είναι 720 εικονοστοιχεία x 576 γραμμές, ενώ κάθε κάδρο ψηφιακού βίντεο NTSC είναι 720 εικονοστοιχεία x 486 γραμμές.

Το βίντεο υψηλής ευκρίνειας (HD) με κατακόρυφη ανάλυση 1080 γραμμές χρησιμοποιεί 1920 εικονοστοιχεία ανά γραμμή (1920 x 1080). Το βίντεο υψηλής ευκρίνειας με 720 γραμμές χρησιμοποιεί 1280 εικονοστοιχεία ανά γραμμή (1280 x 720). Και τα δύο αυτά συστήματα έχουν λόγο πλευρών κάδρου 16:9.

## 7.12 Η ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΑΔΡΟΥ

Η αναλογία του κάδρου βίντεο (και κάθε εικόνας) είναι ο λόγος του μήκους των πλευρών του (πλάτος προς ύψος). Η αναλογία είναι αδιάστατο μέγεθος, είναι δηλαδή ανεξάρτητη από τις απόλυτες διαστάσεις μήκους του κάδρου, άρα και από την ανάλυσή του.

Οι αναλογίες κάδρου βίντεο συνήθως σημειώνονται σαν διαιρέσεις, όπως: 4:3 (βίντεο SD) ή 16:9 (βίντεο HD).

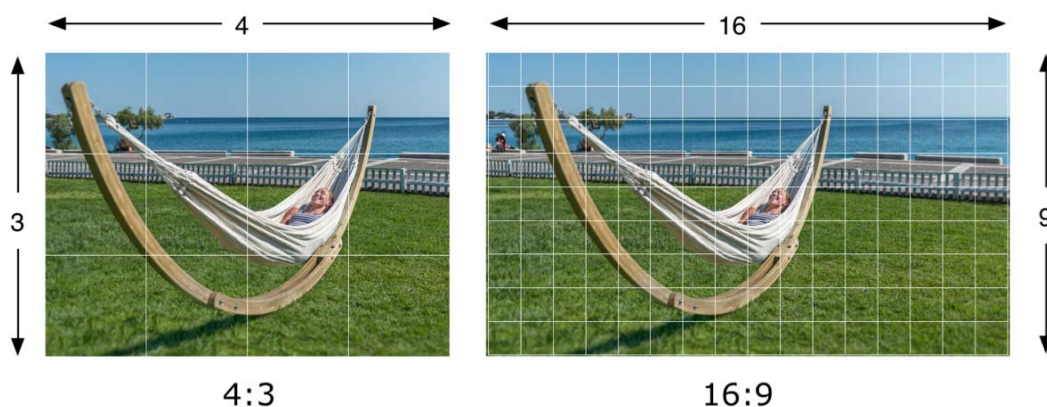
Οι αναλύσεις ψηφιακού βίντεο σημειώνονται συνήθως ως απόλυτες διαστάσεις σε εικονοστοιχεία, όπως: 720 x 480, 1280 x 720, 1920 x 1080, κλπ.

| Κοινές Αναλογίες Κάδρων                |                                                                   |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Αναλογία Κάδρου                        | Περιγραφή                                                         |
| 1.33 (4:3)                             | Κινηματογραφικό φιλμ 35 mm και τηλεόραση SD (Standard Definition) |
| 1.66 (15:9)                            | Ευρωπαϊκό κινηματογραφικό πρότυπο                                 |
| 1.78 (16:9)                            | Τηλεόραση Υψηλής Ευκρίνειας (HDTV)                                |
| 1.85                                   | Κινηματογραφικό πρότυπο (Βόρεια Αμερική και Βρετανία)             |
| 2.40 (αναφέρεται και ως 2.35 και 2.39) | Κινηματογραφική προβολή ευρείας οθόνης Widescreen (anamorphic)    |

**Πίνακας 7.9.** Τυπικές αναλογίες κάδρων.

Όταν χρειάζεται να συνδυαστεί περιεχόμενο βίντεο με διαφορετικές αναλογίες κάδρου ή να γίνει αναπαραγωγή του βίντεο σε οθόνες διαφορετικής αναλογίας πλευρών, υπάρχουν οι εξής επιλογές.

Στην περίπτωση που θέλουμε να διατηρηθεί η αναλογία πλευρών ενός κάδρου μέσα σε ένα στενότερο κάδρο (ή οθόνη), το κάδρο κλιμακώνεται έως ότου η μεγαλύτερη πλευρά του καλύψει όλο το πλάτος του στενότερου κάδρου. Το κενό που σχηματίζεται πάνω και κάτω γεμίζει με μαύρες μπάρες. Η διαδικασία αυτή λέγεται letterboxing (από το αγγλικό «letter box» που σημαίνει γραμματοκιβώτιο). Όταν θέλουμε να προσαρμόσουμε ένα στενό κάδρο σε ένα πιο πλατύ, το κάδρο κλιμακώνεται έως ότου το ύψος του καλύψει όλο το διαθέσιμο ύψος του νέου κάδρου. Το κενό που δημιουργείται δεξιά και αριστερά γεμίζει με δύο μαύρες μπάρες. Η διαδικασία αυτή λέγεται pillarboxing (από το αγγλικό pillar box, ένα κυλινδρικό κόκκινο γραμματοκιβώτιο εξωτερικού χώρου που χρησιμοποιείται στην Μ. Βρετανία) (**Εικόνα 7.10**).



**Εικόνα 7.9.** Κάδρα βίντεο με αναλογίες πλευρών 0,9 (4:3) και 1,333 (16:9). Οι αναλογίες 4:3 (Standard Definition Television - STV) και 16:9 (High Definition Television - HDTV) είναι οι πιο κοινές.

Η αναλογία κάδρου (frame aspect ratio) αναφέρεται στον λόγο του μήκους των πλευρών του (πλάτος προς ύψος) και ορίζει το ορθογώνιο σχήμα του. Οι πιο κοινές αναλογίες είναι 4:3 (1,33) και 16:9 (1,78).

### 7.13 ΟΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Υπάρχουν δύο ειδών εικονοστοιχεία. Τα φυσικά (υλικά) και τα λογικά (αυτά που περιγράφονται από ψηφιακά δεδομένα). Φυσικά εικονοστοιχεία για παράδειγμα είναι τα στοιχεία μιας οθόνης βίντεο που περιγράφουν μια εικόνα εκπέμποντας φως. Τα λογικά εικονοστοιχεία δεν έχουν φυσικές διαστάσεις μήκους παρά μόνο τιμές φωτεινότητας, οι οποίες καθορίζουν τη φωτεινότητα ενός σημείου σε μια οθόνη. Ιδανικά (για πρακτικούς λόγους), επειδή η επεξεργασία του βίντεο γίνεται σε υπολογιστές όπου τα εικονοστοιχεία λογίζεται ότι έχουν τετράγωνο σχήμα (έχουν δηλαδή λόγο πλευρών ίσο με 1), όλα τα εικονοστοιχεία θα έπρεπε να θεωρείται ότι έχουν τετράγωνο σχήμα, κάτι όμως που δυστυχώς δεν ισχύει. Ο λόγος γι αυτό είναι ότι πολλά συστήματα βίντεο βασίζονται σε διαφορετικές εκτιμήσεις για το πόσα εικονοστοιχεία απαιτούνται για να γεμίσει το ίδιο κάδρο.

*Η αναλογία εικονοστοιχείου (pixel aspect ratio - **PAR**) αναφέρεται στον λόγο του μήκους των πλευρών του (πλάτος προς ύψος) και ορίζει το ορθογώνιο σχήμα του. Όταν η αναλογία είναι ίση με 1, το σχήμα είναι τετράγωνο.*

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι γραμμές εικόνας βίντεο δειγματοληπτούνται 720 φορές, και στα δύο συστήματα NTSC και PAL (Πίνακας 7.7). Ενώ όμως η αναλογία κάδρου και στα δύο ορίζεται ως 4:3, ούτε το  $720 \times 486$ , ούτε το  $720 \times 576$  συνιστούν λόγο 4:3 (1,333). Στην πρώτη περίπτωση είναι περίπου 1,48 ενώ στην δεύτερη 1,25. Αυτό σημαίνει απλά ότι στην περίπτωση του  $720 \times 486$  τα εικονοστοιχεία θα πρέπει να έχουν μικρότερο πλάτος από ότι ύψος και σε αυτή του  $720 \times 576$ , μεγαλύτερο πλάτος από ότι ύψος.

Για το σύστημα βίντεο υψηλής ευκρίνειας HDV 720p ( $1280 \times 720$ ) με αναλογία κάδρου 16:9 το PAR είναι ίσο με 1 που σημαίνει ότι τα εικονοστοιχεία είναι τετράγωνα, άρα θα απεικονιστεί σωστά στην οθόνη του υπολογιστή (χωρίς παραμόρφωση των αναλογιών της εικόνας).

Τον καιρό του αναλογικού βίντεο, όπου το βίντεο αντιγράφονταν από τη μία μαγνητοταινία στην άλλη, αυτό δεν αποτελούσε πρόβλημα. Όταν η χρήση υπολογιστών έφτασε και στον χώρο του βίντεο, το ψηφιακό βίντεο που προερχόταν από αναλογικά μέσα φαινόταν παραμορφωμένο (συμπίεσμένο κατακόρυφα ή εκτεταμένο οριζόντια), καθώς οι υπολογιστές θεωρούσαν ότι τα εικονοστοιχεία ήταν τετράγωνα και τα απεικόνιζαν χωρίς διορθώσεις.

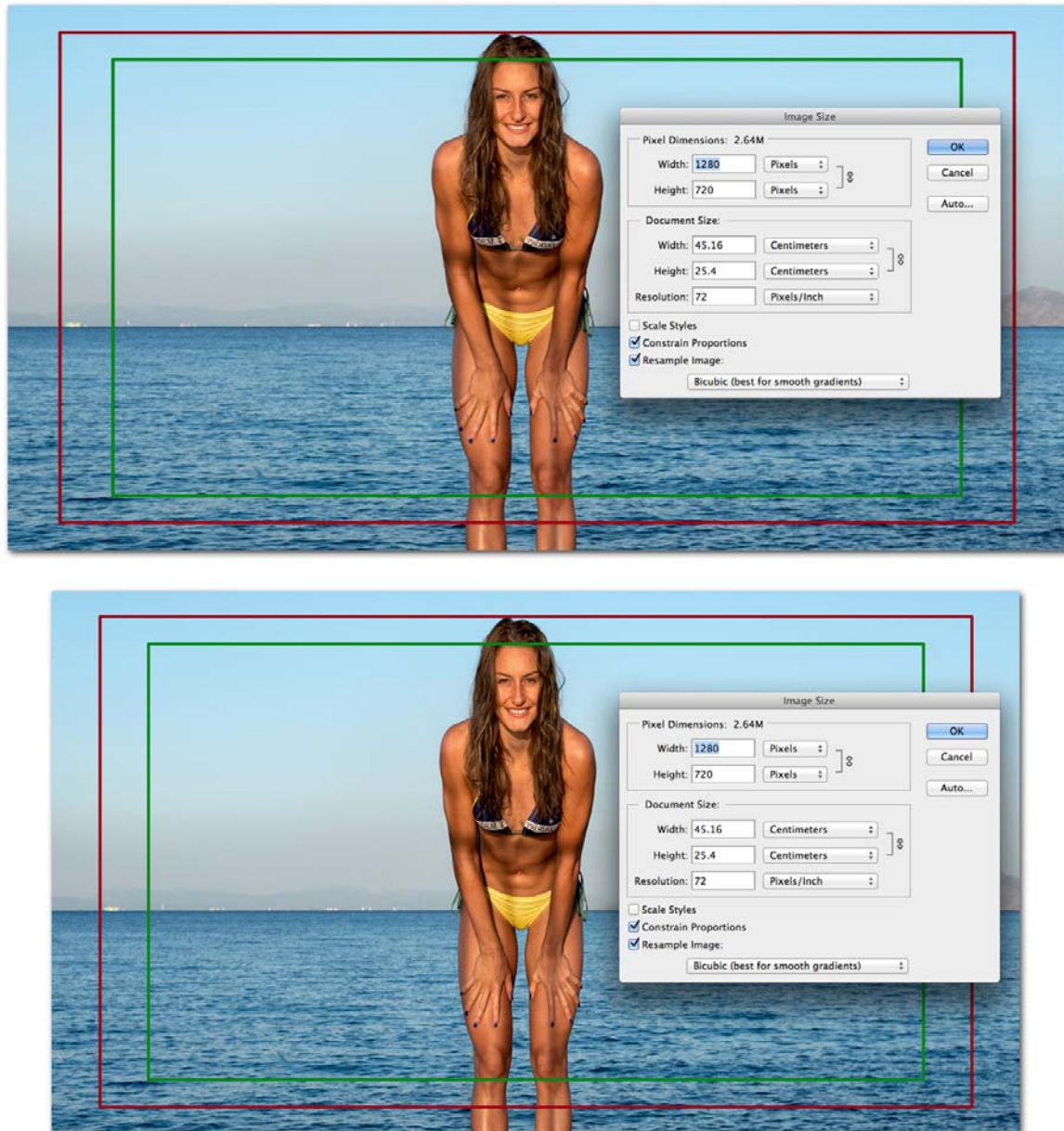


letterbox



pillarbox

**Εικόνα 7.10.** Δύο τρόποι για να συνδυαστούν διαφορετικές αναλογίες κάδρου.



**Εικόνα 7.11.** Διόρθωση PAR για προεπισκόπηση. Εισαγωγή εικόνας με PAR 1,09 (από βίντεο PAL) σε οθόνη υπολογιστή με PAR 1 (τετράγωνη εικονοστοιχεία). Η εικόνα δείχνει συμπιεσμένη (κάτω). Η εφαρμογή διορθώνει την εικόνα (επάνω) εκτείνοντας τα εικονοστοιχεία κατά μήκος, χωρίς να αλλάξει την ανάλυση. Όταν η ίδια εικόνα προβληθεί σε μια οθόνη βίντεο θα φαίνεται κανονικά χωρίς να απαιτείται κάποια διόρθωση.

Αρκετές εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας και βίντεο έχουν τη δυνατότητα να δουλέψουν με ορθογώνια (μη τετράγωνα) εικονοστοιχεία. Η πιο αποτελεσματική ροή εργασίας είναι η επεξεργασία στην εγγενή αναλογία εικονοστοιχείων του βίντεο με ταυτόχρονη διόρθωση στην οθόνη του υπολογιστή (**Εικόνα 7.11**).



## 7.14 Ο ΚΩΔΙΚΑΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Η χρονική διάρκεια του βίντεο (παρέλευση χρόνου) ορίζεται από τον ρυθμό ανανέωσης του κάδρου (frame rate) ανά δευτερόλεπτο. Ο Κώδικας Χρόνου (**Timecode**) ή αλλιώς χρονοκώδικας είναι ένα σήμα που καταγράφεται παράλληλα μαζί με το σήμα βίντεο για να αναγνωρίσει την ακριβή χρονική θέση κάθε κάδρου (frame) μέσα στη διάρκεια του βίντεο. Αυτό επιτρέπει την ακριβή επιλογή τμημάτων του βίντεο για περαιτέρω επεξεργασία<sup>56</sup>· χρησιμοποιείται επίσης και για τον συγχρονισμό βίντεο (video clip) και ξεχωριστά ηχογραφημένου ήχου (audio clip).

Το πρότυπο χρονοκώδικα βίντεο SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) είναι ο πιο κοινός τύπος χρονοκώδικα που χρησιμοποιείται και προσδιορίζει τα καρέ του βίντεο σε ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα και καρέ. Για παράδειγμα, η σημείωση «00:01:19:13» αναφέρεται στο καρέ που βρίσκεται στη χρονική θέση: 1 λεπτό, 19 δευτερόλεπτα και 13 καρέ από την έναρξη του βίντεο κλιπ.

Υπάρχουν δύο τύποι χρονοκώδικα, ο τύπος Απόρριψης Καρέ (**Drop Frame**) και ο τύπος Μη-Απόρριψης Καρέ (**Non-Drop Frame**). Με εξαίρεση τον χρονοκώδικα που χρησιμοποιείται για βίντεο NTSC, για όλα τα συστήματα βίντεο χρησιμοποιείται ο δεύτερος, ο οποίος μετράει στον ρυθμό ανανέωσης κάδρου του βίντεο. Το σύστημα PAL έχει ρυθμό ανανέωσης 25 καρέ το δευτερόλεπτο και χρησιμοποιεί χρονοκώδικα της τάξης των 25 fps.

Ο χρονοκώδικας drop frame συνήθως σημειώνεται με ερωτηματικό (;) ανάμεσα στα δευτερόλεπτα και στα καρέ, όπως: 00:32:00;02 ή 00:32:00;02. Επειδή στον κώδικα μπορεί να χρησιμοποιηθούν μόνο ακέραιοι αριθμοί, πχ 30 fps, και επειδή το πρότυπο βίντεο NTSC έχει ρυθμό καρέ 29.97 fps,<sup>56</sup> χρησιμοποιείται ο χρονοκώδικας τύπου drop frame, ο οποίος απορρίπτει κάποιους αριθμούς για να διορθώσει αυτή τη διαφορά έτσι ώστε το μέτρημα να αντιστοιχεί στην πραγματική παρέλευση του χρόνου. Η λογική είναι ότι οι αριθμοί :00 και :01 απορρίπτονται στην αρχή κάθε λεπτού, εκτός αν ο αριθμός των λεπτών διαιρείται ακριβώς με το 10.

Η χρήση του χρονοκώδικα drop frame δεν διαγράφει καρέ του βίντεο (δηλαδή πραγματικό χρόνο), απλά αγνοεί τους αριθμούς που σχετίζονται με αυτά. Το πρόβλημα είναι παρόμοιο με τα δίσκετα έτη στα οποία προσμετράται μια επιπλέον μέρα για να διορθωθούν ημερολογιακά σφάλματα χωρίς να μεταβληθεί η πραγματική διάρκεια παρέλευσης του χρόνου. Στην επεξεργασία βίντεο μπορεί να χρησιμοποιηθούν και οι δύο τύποι χρονοκώδικα.

*Ο ρυθμός ανανέωσης (frame rate) αναφέρεται στη φυσική ταχύτητα σύλληψης και απεικόνισης των καρέ του βίντεο. Μπορούμε να πούμε ότι αφορά την «χρονική ανάλυση» του βίντεο.*

*Ο χρονοκώδικας (timecode) είναι απλά ένα σύστημα σήμανσης των καρέ για την αναγνώρισή τους και την εύκολη ανεύρεσή τους μέσα στη ροή του βίντεο.*

<sup>56</sup> Στην πραγματικότητα ο ρυθμός ανανέωσης κάδρου στο σύστημα NTSC είναι 30/1.001 fps για τεχνικούς λόγους που άπτονται του αρχικού σχεδιασμού της έγχρωμης αναλογικής τηλεόρασης.



## 7.15 ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### 7.15.1 ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΕΥΚΡΙΝΕΙΑΣ

Το ψηφιακό βίντεο κανονικής ευκρίνειας (Standard Definition - SD) αναφέρεται σε συστήματα που βασίζονται στα αναλογικά τηλεοπτικά πρότυπα PAL και NTSC, τα οποία ορίζουν κατακόρυφες αναλύσεις 576 και 480 γραμμών αντίστοιχα (βλ. 7.3 - Πρότυπα) και το κάδρο τους έχει αναλογία πλευρών 4:3. Οι περισσότερες βιντεοκάμερες μπορούν να καταγράψουν ψηφιακό βίντεο SD.

| Σύστημα | Μέγεθος Κάδρου   | FPS   | Μέθοδος Σάρωσης |
|---------|------------------|-------|-----------------|
| NTSC    | 720 x 480 pixels | 29.97 | Διαπλεκόμενη    |
| PAL     | 720 x 576 pixels | 25    | Διαπλεκόμενη    |

**Πίνακας 7.10.** Οι διαστάσεις των κάδρων NTSC και PAL βίντεο διαφέρουν.



Mini DV Digital Video Cassette

Αν και ο όρος DV (Digital Video) συχνά χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει «ψηφιακό βίντεο», στην πραγματικά αναφέρεται σε

ένα πρότυπο σύστημα βίντεο για εγγραφή σε ταινίες (βιντεοκασέτες) που αναπτύχθηκε τη δεκαετία του '90 με στόχο την ερασιτεχνική αγορά. Η αντίστοιχη επαγγελματική προδιαγραφή εκδόθηκε το 1998 (SMPTE 306M). Παραλλαγές του συστήματος παρουσιάστηκαν από τη SONY (DVCAM) και την Panasonic (DVCPRO, DVCPRO-50, DVCPRO HD) για την επαγγελματική αγορά. Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η εγγραφή και η άμεση κωδικοποίηση του βίντεο στη μαγνητοταινία. Η συμπίεση DV επιτυγχάνει λόγο συμπίεσης 5:1. Οι βιντεοκασέτες DV χρησιμοποιούν μαγνητοταινία πλάτους 6.35mm (1/4 ίντσας) σε διάφορα κελύφη. Η βιντεοκασέτα MiniDV (με αρχικό στόχο την ερασιτεχνική αγορά) χρησιμοποιείται ευρέως και για επαγγελματικές εφαρμογές· μπορεί να αποθηκεύσει περίπου 13GB για βίντεο μιας ώρας.

| Συστήματα Βίντεο Κανονικής Ευκρίνειας (Standard Definition) |               |                             |                 |                 |                   |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Σύστημα                                                     | Κατασκευαστής | Χρωματική Δειγματοληψία     | Λόγος Συμπίεσης | Τύπος Συμπίεσης | bit rate εγγραφής |
| DV                                                          | Sony          | 4:1:1                       | 5:1             | DV              | 3.6 MB/sec.       |
| DVCAM                                                       | Sony          | 4:1:1                       | 5:1             | DV              | 3.6 MB/sec.       |
| DVCPRO 25                                                   | Panasonic     | 4:1:1 (NTSC)<br>4:2:0 (PAL) | 5:1             | DV              | 3.6 MB/sec.       |
| DVCPRO 50                                                   | Panasonic     | 4:2:2                       | 3.3:1           | DV              | 7 MB/sec.         |

**Πίνακας 7.11.** Ενδεικτικά συστήματα βίντεο κανονικής ευκρίνειας.

### 7.15.2 ΒΙΝΤΕΟ ΥΨΗΛΗΣ ΕΥΚΡΙΝΕΙΑΣ

Ο όρος βίντεο υψηλής ευκρίνειας είναι ένας σχετικός όρος, αλλά χρησιμοποιείται για να περιγράψει συστήματα βίντεο με υψηλότερη ανάλυση από την κανονική (Standard Definition). Πρακτικά όποιο σύστημα προσφέρει υψηλότερη κατακόρυφη ανάλυση από 576 γραμμές (Ευρώπη) ή 480 γραμμές (Βόρεια Αμερική) θεωρείται βίντεο υψηλής ευκρίνειας. Τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών είναι:

**HDV**  
**HDV 1080i**  
**HDV 720p**

- Αναλογία κάδρου 16:9 (1.78:1).
- Κατακόρυφη ανάλυση 1080 με προοδευτική (1080p) ή διαπλεκόμενη σάρωση (1080i) και 720 με προοδευτική σάρωση (720p).
- Ανάλυση κάδρου για 1080: 1920 x 1080 (par 1, τετράγωνα εικονοστοιχεία) και 1440 x 1080 (par 1.333, ορθογώνια εικονοστοιχεία)
- Ανάλυση κάδρου για 720: 960 x 720 (par 1.333, ορθογώνια εικονοστοιχεία) και 1280 x 720 (par 1, τετράγωνα εικονοστοιχεία)
- Μέθοδος χρωματικής υποδειγματοληψίας: 4:2:2 ή 4:2:0

| Συστήματα Βίντεο Υψηλής Ευκρίνειας (High Definition) |                                                  |       |                                 |                        |                |                                                                            |                       |                                    |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|---------------------------------|------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| Σύστημα                                              | Κάδρο                                            | Λόγος | fps                             | Video                  | Χρώμα          | Ρυθμός Δεδομένων                                                           | Συμπίεση Βίντεο       | Ήχος                               |
| HDV (Sony)                                           | 1440x1080*<br>1280x720                           | 16:9  | PAL:25, 50<br>NTSC:29.97, 59.94 | 1080i<br>1080p<br>720p | 4:2:0          | 2.5 έως 14MB/sec                                                           | MPEG-2                | MPEG-1 Layer 2<br>16-bit<br>48 KHz |
| DVCPRO HD (Panasonic)                                | 1280x1080*<br>1440x1080<br>960x720**             | 16:9  | PAL:25, 50<br>NTSC:29.97, 59.94 | 1080i<br>720p          | 4:2:2          | 115 Mbps                                                                   | DV και DVPRO          | 16-bit<br>48 KHz                   |
| AVCHD                                                | 1920x1080*<br>1440x1080<br>1280x720              | 16:9  | PAL:25<br>NTSC:29.97            | 1080i<br>1080p<br>720p | 4:2:0          | 5 έως 24 Mbps                                                              | H.264 (MPEG4 Part 10) |                                    |
| AVC-INTRA (Panasonic)                                | 1920x1080<br>1440x1080*<br>1280x720<br>960x720** |       | PAL:25<br>NTSC:29.97            |                        | 4:2:0<br>4:2:2 | 50Mbps (1440x1080, 960x720, 4:2:0)<br>100Mbps (1920x1080, 1280x720, 4:2:2) | H.264 (MPEG4 Part 10) | 4 κανάλια ασυμπίεστο υ ήχου        |

\* κλιμακώνεται σε 1920 x 1080, \*\* κλιμακώνεται σε 1280 x 720

**Πίνακας 7.12.** Ενδεικτικά συστήματα βίντεο υψηλής ευκρίνειας (HD).

| Ρυθμοί Ανανέωσης Κάδρου σε συστήματα βίντεο HD |               |                 |                                                          |
|------------------------------------------------|---------------|-----------------|----------------------------------------------------------|
| Βίντεο                                         | Κάδρο         | Σάρωση          | Ρυθμός Ανανέωσης Κάδρου (fps)                            |
| 720p                                           | 1280x720 px   | Προοδευτική (p) | 23.976, 24, 25, 29.97, 30, 50, 59.94, 60, 72             |
| 1080i                                          | 1920x1,080 px | Διαπλεκόμενη    | 25 (50 πεδία/s), 29.97 (59.94 πεδία/s), 30 (60 fields/s) |
| 1080p                                          | 1920x1080 px  | Προοδευτική     | 24 (23.976), 25, 30 (29.97), 50, 60 (59.94)              |

**Πίνακας 7.13.** Ρυθμοί ανανέωσης κάδρου σε συστήματα βίντεο υψηλής ευκρίνειας.

## 7.16 ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΟΥ ΒΙΝΤΕΟ

Ο όγκος ασυμπίεστων δεδομένων βίντεο μπορεί να είναι ιδιαίτερα μεγάλος. Παρά το γεγονός ότι τα κάδρα βίντεο είναι γενικά μικρότερα από αυτά των ψηφιακών φωτογραφικών εικόνων, ο αριθμός των κάδρων σε ένα βίντεο είναι ο βασικός υπεύθυνος για το τελικό μέγεθος του αρχείου. Ο όγκος των δεδομένων δεν καθορίζει μόνο της ανάγκες αποθήκευσης του βίντεο αλλά και λειτουργικές ανάγκες που αφορούν στην εγγραφή του και επηρεάζουν τη ροή εργασίας.

Ο υπολογισμός του όγκου των δεδομένων είναι συνάρτηση των διαστάσεων του κάδρου, του βάθους χρώματος, του ρυθμού ανανέωσης του κάδρου και της διάρκειας του βίντεο. Για ένα βίντεο HD720p 1280×720, ο όγκος των ασυμπίεστων δεδομένων βίντεο θα είναι:

- Αριθμός εικονοστοιχείων ανά κάδρο:  $92.1600$  ( $1.280 \times 720 = 92.1600$ )
- Αριθμός δεδομένων (bits) ανά κάδρο:  $22.118.400$  bits/κάδρο ( $921.600 \times 24 = 22.118.400$ )
- Μέγεθος αρχείου σε bits για ένα δευτερόλεπτο:  $22.118.400 \times 24\text{fps} \times 1\text{sec} = 530.841.600$  bits
- Μέγεθος αρχείου σε bytes:  $66.355.200$  bytes ( $530.841.600 : 8 = 66.355.200$ )
- Μέγεθος αρχείου σε MB για διάρκεια ενός δευτερολέπτου είναι περίπου 64MB.

## 7.17 Ο ΡΥΘΜΟΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας εκτός από το μέγεθος των δεδομένων είναι και αυτός της ροής των δεδομένων (bit rate) ο οποίος μετριέται σε bits/sec και ορίζει τον όγκο των δεδομένων που απαιτούνται για κάθε δευτερόλεπτο αναπαραγωγής του βίντεο. Ο μέσος όρος του bit rate υπολογίζεται διαιρώντας το μέγεθος του αρχείου με τη συνολική χρονική διάρκεια του βίντεο σε δευτερόλεπτα. Ο ρυθμός δεδομένων θα πρέπει να μην υπερβαίνει τις δυνατότητες του συστήματος αναπαραγωγής, κάτι που στους περισσότερους υπολογιστές σήμερα δεν είναι πρόβλημα. Το πρόβλημα εμφανίζεται κυρίως όταν το βίντεο διανέμεται μέσω streaming ή μέσω προοδευτικής μεταφόρτωσης στο διαδίκτυο. Στην περίπτωση που ο ρυθμός είναι υψηλός, η αναπαραγωγή μπαίνει σε αναμονή.

Για μια σύνδεση στο διαδίκτυο της τάξης 3.9Mbps ένας ρυθμός δεδομένων 2000 έως 3000 Kbps θα ήταν ικανοποιητικός. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε δευτερόλεπτο βίντεο απαιτούνται 2000 έως 3000 kilobits αντίστοιχα.

$$\text{Μέγεθος Αρχείου} = (\text{Ροή Δεδομένων, bits/sec}) (\text{Χρονική Διάρκεια Βίντεο})$$

Το μέγεθος ενός αρχείου βίντεο και ο ρυθμός δεδομένων σχετίζονται άμεσα αλλά επηρεάζουν διαφορετικά πράγματα. Το μέγεθος αρχείου αναφέρεται στον συνολικό όγκο των δεδομένων του αρχείου και επηρεάζει τον τρόπο και το μέσο αποθήκευσης του αρχείου, ενώ ο ρυθμός δεδομένων αφορά τον επεξεργασμένο όγκο των δεδομένων ανά μονάδα χρόνου και επηρεάζει την ομαλή αναπαραγωγή του αρχείου.



Εικόνα 7.13. Σύγκριση κάδρων ψηφιακού βίντεο κανονικής (SDV) και υψηλής ευκρίνειας (HDV).



Εικόνα 7.14. Ρυθμός δεδομένων σε ταινία QuickTime, από τις ιδιότητες του αρχείου

## 7.18 Η ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Επειδή τα συστατικά στοιχεία του βίντεο είναι εικόνες και ήχος, οι ίδιες στρατηγικές για τη μείωση του όγκου των ψηφιακών δεδομένων που αφορούν στις ψηφιακές εικόνες και στον ψηφιακό ήχο ισχύουν και γι αυτό. Η πιο θεμελιώδης πρακτική για τη μείωση των αρχικών δεδομένων μιας λήψης βίντεο είναι η απόρριψη άχρηστης πληροφορίας, κάτι που γίνεται στο στάδιο του μοντάζ. Αν θεωρήσουμε ότι η διάρκεια του βίντεο είναι δεδομένη, οι βασικές στρατηγικές είναι:

- Η μείωση των διαστάσεων του κάδρου (ανάλυση εικόνας)
- Η μείωση του ρυθμού ανανέωσης κάδρου (frame rate)
- Η μείωση της ποιότητας της εικόνας βίντεο
- Η μείωση του βάθους χρώματος
- Η μείωση του ρυθμού δειγματοληψίας, του βάθους χρώματος και των καναλιών του ήχου

Η περαιτέρω μείωση του όγκου των δεδομένων μπορεί επίσης να επιτευχθεί με ειδικούς αλγόριθμους συμπίεσης (codecs).

### Βασικά Χαρακτηριστικά Βίντεο

**Μέγεθος Κάδρου (frame Size):** Οι διαστάσεις κάδρου σε *pixels*.

**Αναλογία Κάδρου (aspect Ratio):** Ο λόγος πλάτους ύψους του κάδρου.

**Ρυθμός Ανανέωσης Κάδρου (frame rate):** Ο ρυθμός σύλληψης ή προβολής των κάδρων του βίντεο.

**Ρυθμός Δεδομένων (Bitrate):** Τα δεδομένα βίντεο που αντιστοιχούν στην μονάδα του χρόνου. Γενικά, υψηλότερο *bitrate*, καλύτερη ποιότητα.

**Ο Ρυθμός Δειγματοληψίας Ήχου:** Η συχνότητα δειγματοληψίας για την μετατροπή αναλογικού σήματος ήχου σε ψηφιακό.





| Ενδεικτικές Ροές Δεδομένων Ασυμπίεστου Βίντεο |                |             |               |                 |          |
|-----------------------------------------------|----------------|-------------|---------------|-----------------|----------|
| Σύστημα                                       | Βάθος Χρώματος | Ανάλυση     | Ρυθμός κάδρου | MB/δευτερόλεπτο | GB/ώρα   |
| 720p                                          | 8 bit          | 1280 x 720  | 59.94 fps (*) | 105 MB/s        | 370 GB/h |
| 720p                                          | 10 bit         | 1280 x 720  | 59.94 fps     | 140 MB/s        | 494 GB/h |
| 1080p                                         | 10 bit         | 1920 x 1080 | 24 fps        | 190 MB/s        | 667 GB/h |
| 1080i                                         | 10 bit         | 1920 x 1080 | 50i           | 198 MB/s        | 695 GB/h |
| 1080i                                         | 10 bit         | 1920 x 1080 | 60i           | 237 MB/s        | 834 GB/h |

(\*) ο ρυθμός ανανέωσης κάδρου 59.94 fps είναι 60/1,001 fps

**Πίνακας 7.14.** Πίνακας ενδεικτικών ροών δεδομένων (bit rates) ασυμπίεστου βίντεο.

**Ασυμπίεστο Βίντεο:** δεδομένα βίντεο χωρίς συμπίεση μπορεί να είναι δύσχρηστα, καθώς απαιτούν περισσότερους ψηφιακούς πόρους, για την αποθήκευσή τους, την επεξεργασία τους και τη μεταφορά τους. Σε επαγγελματικές εφαρμογές (κινηματογράφος) πολλές φορές όλη η επεξεργασία γίνεται με συμπιεσμένα δεδομένα βίντεο και τα αρχικά δεδομένα χρησιμοποιούνται μόνο στο στάδιο της περάτωσης για τη δημιουργία ενός τελικού «πρωτότυπου».

### 7.19.2 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΧΡΟΝΟ

Οι τεχνικές συμπίεσης δεδομένων βίντεο στηρίζονται (επίσης) στην εκμετάλλευση της επαναλαμβανόμενης πληροφορίας περιεχομένου, είτε στον χώρο είτε στον χρόνο. Αν δηλαδή στο ίδιο καρέ βίντεο (πλαίσιο, κάδρο) εμφανίζεται η ίδια πληροφορία (χρώμα) σε διαφορετικά σημεία του κάδρου δεν απαιτείται η κωδικοποίηση όλων των περιοχών· θα αρκούσε η κωδικοποίηση μιας περιοχής και κάποιες πληροφορίες για τη χωροθέτηση των υπολοίπων, έτσι ώστε στην αποκωδικοποίηση να αναγεννηθούν τα δεδομένα αυτά στα σωστά σημεία. Παρόμοια και για ομοιότητες που αφορούν στον χρόνο. Αν δηλαδή η ίδια ή και παρόμοια πληροφορία, επανεμφανίζεται σε επόμενα καρέ (σε επόμενο χρόνο) θα αρκούσε η κωδικοποίησή της και κάποιο σύστημα αναφοράς για το σημείο όπου επανεμφανίζεται.

Οι τεχνικές συμπίεσης που εκμεταλλεύονται το πλεόνασμα περιεχομένου στον χώρο αναφέρονται ως τεχνικές **χωρικής συμπίεσης** (spatial compression) και είναι ενδοπλαισιακές (intraframe)· συμπιέζουν δηλαδή τα δεδομένα που βρίσκονται εντός του κάθε πλαισίου (κάδρου, καρέ) βίντεο. Στη χωρική συμπίεση χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι συμπίεσης εικόνας, όπως ο RLE και JPEG. Codecs που χρησιμοποιούν αυτούς τους αλγόριθμους είναι το QuickTime Animation, QuickTime PlanarRGB και Microsoft RLE.

Οι τεχνικές που εκμεταλλεύονται το πλεόνασμα περιεχομένου στη διάρκεια του χρόνου αναφέρονται ως τεχνικές **χρονικής συμπίεσης** (temporal compression) και είναι φυσικά διαπλαισιακές (interframe)· εφαρμόζονται δηλαδή σε διαφορετικά καρέ του βίντεο. Οι τεχνικές αυτές βασίζονται στις αλλαγές της πληροφορίας από κάδρο σε κάδρο (οι οποίες συνήθως είναι μικρές) και στην πιθανότητα να προβλέψουν τι είδους πληροφορία περιεχομένου ακολουθεί στα επόμενα (επερχόμενα) κάδρα.

Στη διαδικασία χρονικής συμπίεσης δεν περιγράφεται το περιεχόμενο κάθε καρέ του βίντεο ξεχωριστά αλλά συγκεκριμένα, καίρια καρέ, τα οποία ονομάζονται **κάδρα κλειδιά** (key frames)· για όλα τα ενδιάμεσα καρέ καταγράφεται μόνο η διαφορά τους από τα προηγούμενα. Στην περίπτωση που η διαφορά ανάμεσα στα καρέ είναι μικρή, μειώνεται και η απαίτηση πληροφορίας για την περιγραφή της, άρα και ο όγκος των δεδομένων του

κωδικοποιημένου βίντεο. Αν δηλαδή το βίντεο αφορά π.χ. μια συνέντευξη, όπου δεν περιγράφεται δράση με μεγάλη κίνηση, η συμπίεση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική.

### 7.19.3 Συμμετρική και Ασύμμετρη Συμπίεση

Οι όροι συμμετρική και ασύμμετρη συμπίεση αναφέρονται στη σχέση χρόνου κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης δεδομένων βίντεο. Στην πρώτη περίπτωση ο χρόνος είναι ο ίδιος και για τις δύο φάσεις, ενώ στη δεύτερη διαφέρει. Συνήθως, με τους περισσότερους αλγόριθμους ο χρόνος αποκωδικοποίησης είναι μεγαλύτερος. Όσο πιο σύντομος είναι ο χρόνος αποκωδικοποίησης τόσο πιο ομαλά θα εξελιχθεί η αναπαραγωγή του βίντεο.

Η σημασία αυτού του χαρακτηριστικού σχετίζεται πρακτικά με τη διαχείριση του χρόνου κατά τη διάρκεια της παραγωγής του βίντεο. Μπορεί δηλαδή να επιλεγεί ένας codec για την ταχύτητα κωδικοποίησης του και ένας άλλος για τον βαθμό συμπίεσης που επιτυγχάνει ανεξάρτητα ταχύτητας.

## 7.20 ΣΥΜΠΙΕΣΗ MPEG

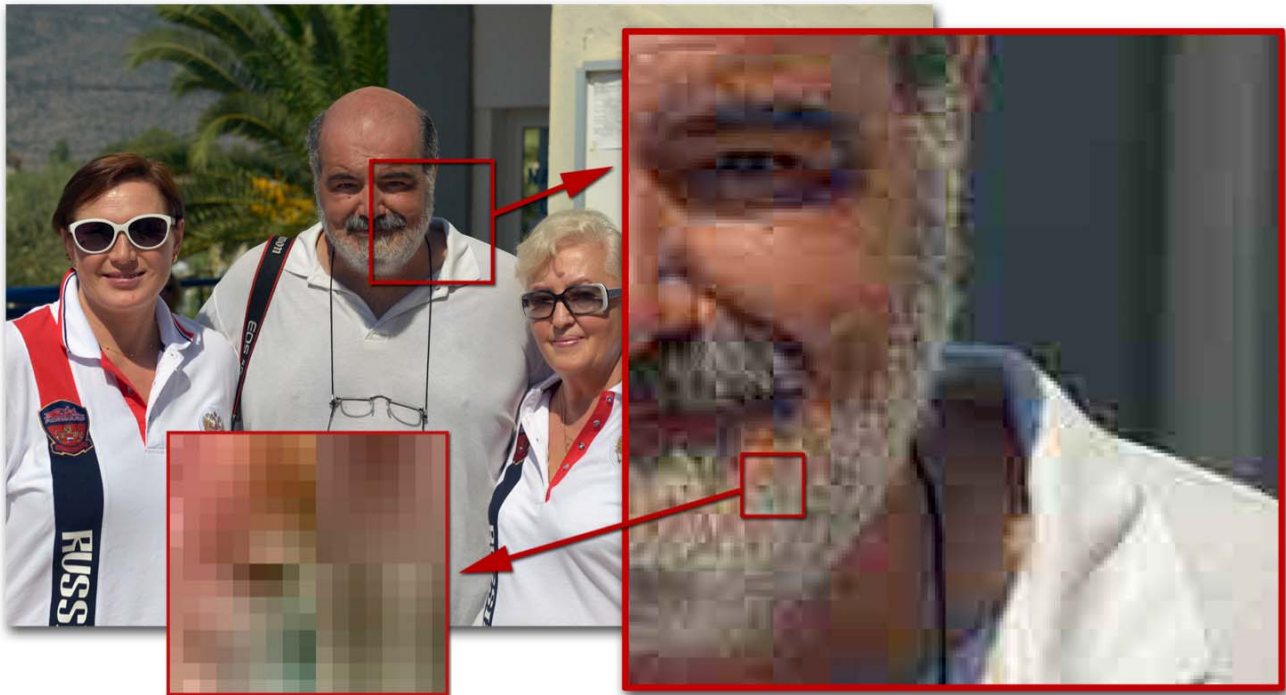
Το MPEG είναι ακρωνύμιο του Moving Pictures Experts Group, μιας επιτροπής που ορίζει προδιαγραφές και πρότυπα για την κωδικοποίηση δεδομένων βίντεο. Τα πρότυπα αυτά είναι οι αλγόριθμοι (codecs) MPEG-1, MPEG-2 και MPEG-4. Η κωδικοποίηση MPEG επιτυγχάνει υψηλό βαθμό συμπίεσης και βασίζεται στη μείωση της πλεονάζουσας πληροφορίας χρησιμοποιώντας συνδυαστικά μεθόδους χωρικής (ενδοπλαισιακής) και χρονικής (διαπλαισιακής) συμπίεσης.

### 7.20.1 ΤΥΠΟΙ ΕΙΚΟΝΩΝ MPEG

Στους αλγόριθμους κωδικοποίησης MPEG χρησιμοποιούνται τρεις βασικοί διαφορετικοί τύποι συμπιεσμένων κάδρων (frames) βίντεο, τα **I-frames**, **B-frames** και **P-frames**. Τα κάδρα οργανώνονται σε ομάδες εικόνων που λέγονται **GOP** (Group of Pictures). Ο συνδυασμός τους αναπαριστά τη ροή του βίντεο που τελικά αναπαράγεται.

- Τα κάδρα **I-frame** (το *I* προέρχεται από το *intraframe*, Ελλ.: ενδοπλαισιακό), γνωστά ως βασικά κάδρα ή κάδρα κλειδιά (**key frames**), είναι πλήρη κωδικοποιημένα αυθύπαρκτα κάδρα βίντεο που δημιουργούνται με χωρική συμπίεση, όπως π.χ. οι εικόνες JPEG. Κάθε ομάδα GOP μπορεί να περιέχει ένα μόνο κάδρο I-frame χωρίς κάποια ιδιαίτερη θέση (πρώτο ή τελευταίο). Τα κάδρα I-frame έχουν τις μεγαλύτερες απαιτήσεις δεδομένων (αποθηκευτικού χώρου), αλλά αποσυμπίεζονται πολύ γρήγορα σε σχέση με τα κάδρα P και B.
- Τα κάδρα **P-frame** (το *P* προέρχεται από το *predictive*, Ελλ.: προβλεπόμενο) κωδικοποιούνται ως το αποτέλεσμα «πρόγνωσης» μιας εικόνας η οποία προκύπτει από τις πληροφορίες του εγγύτερα προηγούμενου I-frame ή P-frame. Τα κάδρα P, όπως και τα I, λέγονται και κάδρα αναφοράς (reference frames), γιατί γειτονικά κάδρα B και P μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν ως υπόδειγμα· τυπικά, τα κάδρα P είναι κατά πολύ μικρότερα από τα κάδρα I (μικρότερες απαιτήσεις περιγραφής).
- Τα κάδρα **B-frame** (το *B* προέρχεται από το *Bi-directional*, Ελλ.: διπλής κατεύθυνσης, αμφίδρομος) κωδικοποιούνται χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες από το προηγούμενο I-frame ή P-frame και από το επόμενο I-frame ή P-frame. Τα κάδρα B έχουν ελάχιστες απαιτήσεις δεδομένων (καταλαμβάνουν πολύ μικρό χώρο αποθήκευσης), αλλά ο χρόνος αποσυμπίεσής τους μπορεί να είναι αυξημένος, καθώς βασίζονται σε κάδρα που μπορεί να βασίζονται σε άλλα κάδρα. Μια ομάδα εικόνων GOP μπορεί να ξεκινά με ένα κάδρο B-frame, αλλά δεν μπορεί να τελειώνει με ένα τέτοιο.

Τα κάδρα B-frame και P-frame είναι αυτά που επιτρέπουν την απομάκρυνση του πλεονασμού χωρικής πληροφορίας, συνεισφέροντας στην αποτελεσματική συμπίεση του βίντεο.



**Εικόνα 715.** Τα κάδρα βίντεο τύπου I-frame είναι πλήρεις ανεξάρτητες εικόνες, όπως οι εικόνες JPEG και εμφανίζουν τα ίδια μειονεκτήματα χωρικής συμπίεσης.

### 7.20.2 ΟΜΑΔΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Οι ομάδες εικόνων **GOP** (Group Of Pictures) είναι αυτόνομες, περιέχουν δηλαδή όλη την απαραίτητη πληροφορία για να αποκωδικοποιηθούν χωρίς εξαρτήσεις αναφορών σε άλλες ομάδες εικόνων. Προσδιορίζονται από τρεις παράγοντες: τον συνδυασμό των κάδρων I, P και B που περικλείουν, το μήκος τους και από το αν είναι «ανοικτές» ή «κλειστές».

Η δομή των GOP προσδιορίζεται από την αναλογία κάδρων P και B μέσα στην ομάδα. Κάθε σχήμα παράθεσης δεν είναι απαραίτητο να εμπεριέχει και τα τρία είδη κάδρων. Τα σχήματα IBP και IBBP, σε συνδυασμό με ομάδες μεγαλύτερου μήκους, κωδικοποιούν το βίντεο πολύ αποτελεσματικά. Σχήματα παράθεσης κάδρων με μικρότερα μήκη λειτουργούν καλύτερα με βίντεο που καταγράφουν γρήγορη κίνηση, αλλά συμπιέζουν τα δεδομένα σε μικρότερο βαθμό. Κάποιοι κωδικοποιητές μπορούν να υποχρεώσουν τη συμπερίληψη κάδρων I-frame σποραδικά μέσα στη ροή ομάδων GOP· αυτά τα I-frames μπορούν να οριστούν στη φάση της επεξεργασίας του βίντεο (σε τυχαία τακτά διαστήματα) ή αυτόματα από τον κωδικοποιητή με βάση μεγάλες οπτικές αλλαγές στη ροή του βίντεο (αλλαγές πλάνου, κίνηση βιντεοκάμερας, κλπ.).

Επειδή η συμπίεση βίντεο πρακτικά αποθηκεύει τμηματικές διαφορές από καρέ σε καρέ (εκτός από τα κάδρα κλειδιά), η μετάβαση σε ένα τυχαίο καρέ κατά την αναπαραγωγή της ροής του βίντεο είναι αδύνατη. Τα δεδομένα ενός συγκεκριμένου καρέ περιγράφουν όχι το καρέ αυτό καθαυτό, αλλά τη διαφορά του από το προηγούμενο. Τα μόνα καρέ που περιγράφονται πλήρως είναι τα key frames (intraframes). Όσο περισσότερα είναι τα key frames, τόσο περισσότερα θα είναι και τα χρονικά διακριτά σημεία αναφοράς στη ροή του βίντεο. Το μειονέκτημα των περισσότερων key frames (πρόκειται για πλήρεις εικόνες) είναι ο μικρότερος βαθμός συμπίεσης του αρχείου.

*Γενικά, είναι πρακτικό να συμπεριλαμβάνονται key frames σε τυχαία σημεία της ροής του βίντεο (ανεξάρτητα από τις αλλαγές των κάδρων). Αν δηλαδή υπάρχουν key frames κάθε 5 δευτερόλεπτα, σημαίνει ότι μπορούμε να αναζητήσουμε περιεχόμενο στη ροή του βίντεο για κάθε 5 δευτερόλεπτα.*

### 7.20.3 ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ GOP

Οι μεγαλύτερες ομάδες GOP κωδικοποιούν τη ροή του βίντεο πιο αποτελεσματικά μειώνοντας τον αριθμό των I-frames, αλλά δεν είναι ιδανικές για την περιγραφή δράσης (γρήγορες εναλλαγές διαφορετικών εικόνων ή αλλαγές πλάνων). Τα βίντεο με κωδικοποίηση MPEG μπορούν να χαρακτηριστούν από το μήκος των ομάδων εικόνων ως long ή short-GOP. Ο όρος long (μακρύς) αναφέρεται στην εμφάνιση αρκετών κάδρων P και B ανάμεσα σε δύο συνεχόμενα κάδρα I.

Αντίθετα ο όρος short-GOP αναφέρεται σε κωδικοποίηση MPEG η οποία περιέχει μόνο I-frames. Βασικά πλεονεκτήματα είναι η γρήγορη αποκωδικοποίηση (αποσυμπίεση), η αυξημένη δυνατότητα επεξεργασίας του βίντεο (πρόσβαση για επιλογή, κοπή, αντιγραφή κλπ.) και η μείωση της εμφάνισης σφαλμάτων λόγω της χρονικής συμπίεσης. Μειονέκτημα είναι η διατήρηση της ροής δεδομένων σε υψηλά επίπεδα, καθώς όλα τα κάδρα θα πρέπει να κωδικοποιηθούν ως πλήρεις εικόνες· ενώ δηλαδή οι απαιτήσεις επεξεργασίας μειώνονται, οι απαιτήσεις προσωρινής μνήμης και αποθηκευτικού χώρου αυξάνονται.

Το μέγιστο μήκος μιας ομάδας GOP εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της συσκευής αναπαραγωγής. Το ελάχιστο μήκος GOP εξαρτάται από τη δομή του GOP. Για παράδειγμα, ένα μοτίβο IP (ένα I-frame και ένα P-frame) μπορεί να έχει ελάχιστο μήκος μέχρι και 2 καρέ.

### 7.20.4 ΚΛΕΙΣΤΕΣ ΚΑΙ ΑΝΟΙΚΤΕΣ ΟΜΑΔΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Η έννοια της «ανοικτής» ομάδας εικόνων GOP έγκειται στο ότι επιτρέπει σε κάδρα B-frame μιας ομάδας GOP να αναφέρονται σε ένα κάδρο I-frame ή P-frame μιας παρακείμενης ομάδας GOP. Μια «κλειστή» ομάδα εικόνων GOP δεν χρησιμοποιεί αναφορές σε κάδρα που βρίσκονται σε άλλες ομάδες GOP.

Η ίδια δομή ομάδας εικόνων μπορεί να έχει διαφορετικά αποτελέσματα αν χρησιμοποιηθεί σε ανοικτή ή κλειστή ομάδα GOP. Για παράδειγμα, μια κλειστή ομάδα GOP θα ξεκινούσε ένα μοτίβο παράθεσης IBBP με ένα I-frame, ενώ μια ανοικτή ομάδα GOP με το ίδιο μοτίβο θα μπορούσε να ξεκινήσει με ένα B-frame. Η έναρξη με ένα B-frame είναι περισσότερο αποτελεσματική, γιατί, αν η έναρξη γίνει με I-frame, σημαίνει ότι θα πρέπει αναγκαστικά να προστεθεί ένα επιπλέον P-frame στο τέλος (μια ομάδα GOP δεν μπορεί να τελειώνει με B-frame) (Apple Inc 2015).

## 7.21 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΡΕΥΜΑΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα συμπίεσμένα δεδομένα βίντεο και ήχου MPEG συσκευάζονται σε διακριτούς περιέκτες δεδομένων που λέγονται ρεύματα ή ροές (streams). Διατηρώντας τα ρεύματα βίντεο και ήχου ξεχωριστά δίνεται η δυνατότητα στις εφαρμογές αναπαραγωγής να αλλάζουν από την αναπαραγωγή του ενός σε αυτήν του άλλου. Για παράδειγμα, DVDs που χρησιμοποιούν MPEG-2 μπορούν να αλλάζουν πίστες ήχου και γωνίες προβολής κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής. Τα ρεύματα αυτά διακρίνονται σε:

- Βασικά: Αυτά αφορούν σε ξεχωριστά δεδομένα βίντεο και ήχου.



- Συστημικά: Αυτά συνδυάζουν (πολυπλέκουν) δεδομένα ήχου και βίντεο μαζί. Είναι γνωστά και σαν ρεύματα ή ροές πολυπλεξίας (multiplexed streams). Για την αναπαραγωγή αυτών των ροών, οι εφαρμογές θα πρέπει πρώτα να τις διαχωρίσουν στις βασικές ροές που εμπεριέχουν.

## 7.22 MPEG-1

Το MPEG-1 είναι από τις πρώτες προδιαγραφές της οικογένειας προτύπων MPEG. Λόγω του χαμηλού ρυθμού δεδομένων (όχι υψηλότερο από 1.5 Mbps), έγινε δημοφιλές για διανομή βίντεο στο διαδίκτυο και σε συστήματα όπως το Video CD (VCD). Υποστηρίζει αναλύσεις: 320 x 240, 352 x 240 @ 29.97 fps (NTSC) και 352 x 288 @ 25 fps (PAL).

Υποστηρίζει μόνο βίντεο προοδευτικής σάρωσης (progressive) και τρεις τύπους συμπίεσης ήχου (MPEG 1 Layer 1, 2 και 3). Αρχεία με βασικές ροές MPEG-1 συχνά έχουν τις καταλήξεις .m1v και .m1a, για βίντεο και ήχο αντίστοιχα (MPEG 2015).

## 7.23 MPEG-2

Η προδιαγραφή MPEG-2 εξέλιξε το MPEG-1 υποστηρίζοντας βίντεο διαπλεκόμενης σάρωσης, υψηλότερες ροές δεδομένων και μεγαλύτερα κάδρα. Χρησιμοποιεί δύο ειδών ρεύματα δεδομένων MPEG: Transport Streams (TS) για δικτυακά συστήματα μετάδοσης όπως η ψηφιακή τηλεόραση και Program Streams (PS) για τοπικές προσβάσεις, όπως πχ η αναπαραγωγή περιεχομένου DVD.

Το πρότυπο MPEG-2 κατηγοριοποιεί τα σχήματα κωδικοποίησης σε προφίλ (MPEG-2 Profiles) και επίπεδα (MPEG-2 Levels). Τα προφίλ ορίζουν τον τύπο της κωδικοποίησης (I-frames, P-frames και B-frames) και την μέθοδο της χρωματικής δειγματοληψίας (4:2:0 ή 4:2:2 ΥΨC<sub>B</sub>C<sub>R</sub>). Το Απλό Προφίλ (Simple Profile - SP) υποστηρίζει μόνο I και P κάδρα προοδευτικής σάρωσης με δειγματοληψία χρώματος 4:2:0, ενώ το Υψηλό Προφίλ (High Profile - HP) υποστηρίζει I, P, και B κάδρα διαπλεκόμενης σάρωσης με δειγματοληψία χρώματος 4:2:2. Τα επίπεδα MPEG-2 ορίζουν την ανάλυση, τον ρυθμό ανανέωσης κάδρου και το bit rate. Το MPEG-2 Low Level (LL) περιορίζεται σε αναλύσεις MPEG-1 και το MPEG-2 High Level (HL) υποστηρίζει βίντεο υψηλής ευκρίνειας 1920 x 1080. Η προδιαγραφή MPEG-2 Part 7 υποστηρίζει επίσης τον αλγόριθμο κωδικοποίησης ήχου Advanced Audio Coding (AAC). Οι βασικές ροές δεδομένων MPEG-2 συχνά έχουν τις καταλήξεις .m2v and .m2a, για βίντεο και ήχο αντίστοιχα (MPEG 2015).

## 7.24 MPEG-4

Το MPEG-4 χρησιμοποιεί χαρακτηριστικά από το MPEG-1 και MPEG-2 με πρόσθετες δυνατότητες, όπως την κωδικοποίηση διακριτών οντοτήτων, περιγραφή σκηνής, δυνατότητα κωδικοποίησης μεταδεδομένων και διαχείριση ψηφιακών δικαιωμάτων (digital rights management, DRM). Οι περισσότερες εφαρμογές υποστηρίζουν μόνο ένα υποσύνολο των διαθέσιμων χαρακτηριστικών του MPEG-4.

Σε σύγκριση με το MPEG-1 και MPEG-2, η συμπίεση βίντεο MPEG-4 (γνωστή ως MPEG-4 Part 2) προσφέρει ανώτερη ποιότητα με χαμηλότερες ροές δεδομένων (bit rates) και υποστηρίζει βίντεο υψηλής ευκρίνειας, βίντεο DVD και Blu-ray. Το MPEG-4 Part 3 ορίζει και βελτιώνει τον ήχο AAC που είχε αρχικά οριστεί στην προδιαγραφή MPEG-2 Part 7. Οι περισσότερες εφαρμογές σήμερα χρησιμοποιούν τους όρους AAC audio και MPEG-4 ως ταυτόσημους (MPEG 2015). Τα αρχεία βίντεο MPEG-4 υποστηρίζονται και από το πρότυπο HTML5.

## 7.25 MPEG-4 Part 10 / H.264

Το πρότυπο MPEG-4 Part 10 ορίζει τον αλγόριθμο συμπίεσης βίντεο Advanced Video Coding (AVC) που είναι κοινά γνωστός ως H.264. Η συμπίεση βίντεο H.264 λειτουργεί παρόμοια με την κωδικοποίηση MPEG-1 και MPEG-2 προσθέτοντας πολύ περισσότερες λειτουργίες για τη μείωση της ροής δεδομένων διατηρώντας την ίδια ποιότητα. Η συμπίεση μπορεί να είναι και διπλάσια από αυτή της κωδικοποίησης MPEG-4. Σε σύγκριση με τα MPEG-1 και MPEG-2, η συμπίεση H.264 είναι περισσότερο απαιτητική σε υπολογιστικούς πόρους. Οι χαμηλοί ρυθμοί δεδομένων το καθιστούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό για μετάδοση στο διαδίκτυο (MPEG 2015).

Πρόσβαση στις αναλυτικές προδιαγραφές των προτύπων MPEG μπορεί να γίνει στον ιστότοπο του οργανισμού ( URL: <http://mpeg.chiariglione.org/>)

## 7.26 ΤΥΠΟΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΒΙΝΤΕΟ

Γενικά, τα αρχεία δεδομένων βίντεο αποθηκεύονται σε μορφώτυπους περιέκτες. Η δομή αυτών των μορφώτυπων, όπως και το όνομά τους υποδηλώνει, λειτουργεί απλά ως περιέκτης (αποθήκη) των δεδομένων βίντεο τα οποία είναι κωδικοποιημένα από κάποιο κωδικοποιητή (codec). Ένα ψηφιακό αρχείο βίντεο, π.χ. AVI ή QuickTime, μπορεί να περιέχει δεδομένα βίντεο που έχουν κωδικοποιηθεί από διαφορετικά codecs. Χωρίς τη διαμόρφωση του codec οι εφαρμογές βίντεο δεν μπορούν να διαβάσουν και να αναπαράγουν τα δεδομένα βίντεο. Ο πιο δημοφιλής codec σήμερα είναι ο H.264 ή αλλιώς MPEG-4 Part 10 ή Advance Video Codec (AVC)

| Βίντεο codecs             |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| codec                     | Περιγραφή                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Dirac                     | Νέο σύστημα κωδικοποίησης ανοικτού κώδικα, αναπτύχθηκε από το BBC Research & Innovation (2008). Δεν έχει υιοθετηθεί ευρέως.                                                                                                                                                        |
| DivX                      | Χρησιμοποιείται ευρέως για διανομή βίντεο στο διαδίκτυο. Ιδιαίτερα αποτελεσματική συμπίεση, αλλά όχι ιδιαίτερα καλή ποιότητα εικόνας· βασίζεται στο πρότυπο MPEG-4.                                                                                                                |
| FFV1                      | Μη εμπορικό codec ανοικτού κώδικα, σχεδιασμένο για ψηφιακή συντήρηση πόρων. Μη απωλεστικού τύπου, χρησιμοποιεί ενδοπλαισιακή συμπίεση, παρόμοιο με το Motion JPEG 2000 αλλά πιο γρήγορο. Δεν υποστηρίζεται εκτεταμένα.                                                             |
| H.264<br>(MPEG-4 Part 10) | Το H.264 γνωστό και ως MPEG-4 Part 10 ή AVC (for Advanced Video Coding) ορίζεται στο πρότυπο MPEG-4 part 10. Είναι το de facto προτιμώμενο στάνταρντ κωδικοποίησης βίντεο· μαζί με το codec Theora έχει υιοθετηθεί σαν στάνταρντ για την HTML5.                                    |
| H.265                     | H.265 ή High Efficiency Video Coding (HEVC)<br>Ο αλγόριθμος H.265 αναπτύχθηκε ως αντικαταστάτης του H.264 και δίνει τη διπλάσια συμπίεση στην ίδια ποιότητα. Υποστηρίζει τηλεόραση 8K Ultra HD. Θα είναι η βασική κωδικοποίηση για δίσκους 4K Blu-ray. Υποστηρίζεται στο iPhone 6. |
| MPEG                      | (Moving Pictures Expert Group) Οικογένεια αλγόριθμων συμπίεσης με τρία πρότυπα, MPEG 1 (mpg), MPEG 2 (m2v) και MPEG 4 (mp4).                                                                                                                                                       |
| Mpeg 1<br>(mpg)           | Παλιά τεχνολογία με καθολική υποστήριξη για βίντεο μέχρι 352x240.                                                                                                                                                                                                                  |
| Mpeg 2<br>(m2v)           | Κωδικοποίηση για βίντεο και ήχο (ξεχωριστές ροές). Βασίζεται στην ιδέα της αντιστάθμισης της κίνησης με τη χρήση αλληλουχίας διαφορετικών τύπων κάδρου. Η ποιότητα εξαρτάται από τις επιλογές παραμέτρων. Υποστηρίζεται ευρέως.                                                    |
| Mpeg 4<br>(mp4)           | Βασίζεται σε διαφορετική προσέγγιση από ότι οι προκάτοχοι MPEG-1 και MPEG-2, εισάγοντας την έννοια της κωδικοποίησης οντοτήτων. Η ποιότητα εξαρτάται από τις επιλογές των παραμέτρων. Λειτουργεί σαν codec και σαν ψηφιακό αρχείο περιέκτης.                                       |
| MPEG-4 Part 10            | (βλ. H.264)                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Βίντεο codecs                   |                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| codec                           | Περιγραφή                                                                                                                                                                                   |
| Theora                          | Codec ανοικτού κώδικα. Χρησιμοποιείται στα αρχεία περιέκτες Ogg που έχουν επιλεγεί σαν ένα από τα στάνταρντ αρχεία που υποστηρίζει η HTML 5.                                                |
| .dv                             | Ασυμπίεστο πρωτογενές ψηφιακό βίντεο.                                                                                                                                                       |
| .rm .ram                        | Εμπορικό codec της Real Networks για streaming βίντεο και ήχου. Λειτουργεί και ως αρχείο περιέκτης. Για αποκλειστική χρήση με την εφαρμογή Real media Player.                               |
| MJPEG (Motion JPEG)             | Κωδικοποιεί τα δεδομένα βίντεο σε μια ροή εικόνων JPEG. Χρησιμοποιείται για κωδικοποίηση βίντεο σε βιντεοκάμερες.                                                                           |
| Sorenson Video Codec, Version 3 | Η Sorenson έχει αναπτύξει μια σουίτα για κωδικοποίηση βίντεο η οποία χρησιμοποιεί, εκτός από το Sorenson 3, και πολλά άλλα διαφορετικά codecs εξυπηρετώντας συγχρόνως πολλές ροές εργασίας. |

**Πίνακας 7.15.** Ενδεικτικός κατάλογος αλγόριθμων (codecs) για την κωδικοποίηση και συμπίεση δεδομένων βίντεο.

| Αρχεία (Περιέκτες) για Δεδομένα Βίντεο    |                               |                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| κατάληξη                                  | Όνομα                         | Περιγραφή                                                                                                                                                                                                                     |
| .asf<br>.wma .wmv                         | ASF (Advanced Systems Format) | Αρχείο περιέκτης για streaming video. Χρησιμοποιείται για αρχεία Windows Media. Χρησιμοποιείται ευρέως στην πλατφόρμα Windows.                                                                                                |
| .avi                                      | AVI                           | Αρχείο περιέκτης της Microsoft για βίντεο και ήχο. Βρίσκεται ακόμα σε ευρεία χρήση.                                                                                                                                           |
| .mka .mkv<br>.mk3d .mks                   | Matroska                      | Δωρεάν αρχείο περιέκτης ανοικτού κώδικα. Μπορεί να περιέχει ήχο (.mka), βίντεο (.mkv), 3D βίντεο (.mk3d) και υπότιτλους (.mks).                                                                                               |
| .mp4 .m4a<br>.m4p .m4v .m4r<br>.m4b       | MP4                           | Πρόκειται για το MPEG-4 part 14 αρχείο περιέκτη, ουσιαστικά πανομοιότυπο με το QuickTime. Η επίσημη κατάληξη είναι .mp4 αλλά συναντάται και με τις .m4a, .m4p, .m4v, .m4r και .m4b. Ο πιο δημοφιλής τύπος αρχείου για βίντεο. |
| .ogg<br>.ogv .oga .ogx<br>.ogm .spx .opus | Ogg                           | Δωρεά, αρχείο περιέκτης ανοικτού κώδικα. Χρησιμοποιείται με τα codecs Theora και Dirac όπως επίσης και με το Vorbis (codec για συμπίεση δεδομένων ήχου)                                                                       |
| .mov .mp4                                 | QuickTime                     | Αρχείο περιέκτης της Apple για βίντεο και ήχο. Υποστηρίζει διάφορα codecs. Εμφανίζεται και με την κατάληξη .mp4. Υποστηρίζεται ευρέως και είναι ιδιαίτερα δημοφιλής τύπος αρχείου για βίντεο (πανομοιότυπο με το MP4).        |
| .webm                                     | WebM                          | Το WebM αναπτύχθηκε ως ανοικτό (μη εμπορικό) αρχείο για το στοιχείο <video> στην γλώσσα HTML5. Βασίζεται στο πρότυπο Matroska. Δεν υποστηρίζει πολλά codecs.                                                                  |

**Πίνακας 7.16.** Ενδεικτικός κατάλογος τύπων αρχείων για την αποθήκευση δεδομένων βίντεο.

## 7.27 ΤΟ ΜΕΣΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ



Τα χαρακτηριστικά του μέσου αποθήκευσης βίντεο καθορίζουν όχι μόνο τις δυνατότητες αποθήκευσης του περιεχομένου, αλλά και τις δυνατότητες εγγραφής και γενικότερα διαχείρισής του. Αρχικά, το βίντεο αποθηκευόταν αποκλειστικά σε μαγνητοταινίες. Σήμερα, πολλές σύγχρονες βιντεοκάμερες, έχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης περιεχομένου βίντεο σε σκληρούς δίσκους, κάρτες μνήμης και οπτικούς δίσκους, με τη μορφή ψηφιακών αρχείων. Επειδή τα ανεξάρτητα ψηφιακά αρχεία δεν έχουν γραμμικά χαρακτηριστικά, όπως οι πληροφορίες σε μια μαγνητοταινία όπου αναγκαστικά αποθηκεύονται με μια γραμμική σειρά διαδοχής, παρουσιάζουν πλεονεκτήματα, όπως ενδεικτικά:

- Τα βίντεο κλιπς (λήψεις) καθορίζονται την ώρα της εγγραφής του βίντεο και είναι διακριτά· μπορείς να τα δεις απλά επιστρέφοντας στην αρχή του κλιπ. Στη

μαγνητοταινία θα πρέπει να καθοριστεί η έναρξη και το τέλος του κλιπ εκ των υστέρων.

- Οι λήψεις είναι άμεσα διαθέσιμες για προεπισκόπηση.
- Μπορεί να γίνει μεταφορά στον υπολογιστή πολλαπλών λήψεων από διαφορετικά μέσα ταυτόχρονα.
- Η μεταφορά των λήψεων στον υπολογιστή γίνεται πιο γρήγορα γιατί αφορά τον όγκο των δεδομένων του αρχείου και όχι στον πραγματικό χρόνο ροής του βίντεο.

Μερικά συστήματα που βασίζονται σε αρχεία βίντεο, είναι:

- DVCPRO HD και AVC-Intra (συμπαγής κάρτα αποθήκευσης Panasonic P2)
- AVCHD (σκληρός δίσκος, miniDVD, κάρτα Secure Digital και Memory Stick)
- XDCAM, XDCAM HD (οπτικός δίσκος), XDCAM EX (κάρτα μνήμης SxS)



**Εικόνα 7.15.** Συμπαγής κάρτα μνήμης P2 για βίντεο (αριστερά) και κάρτα μνήμης SDXC.<sup>57</sup>

## 7.28 ΡΟΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗ

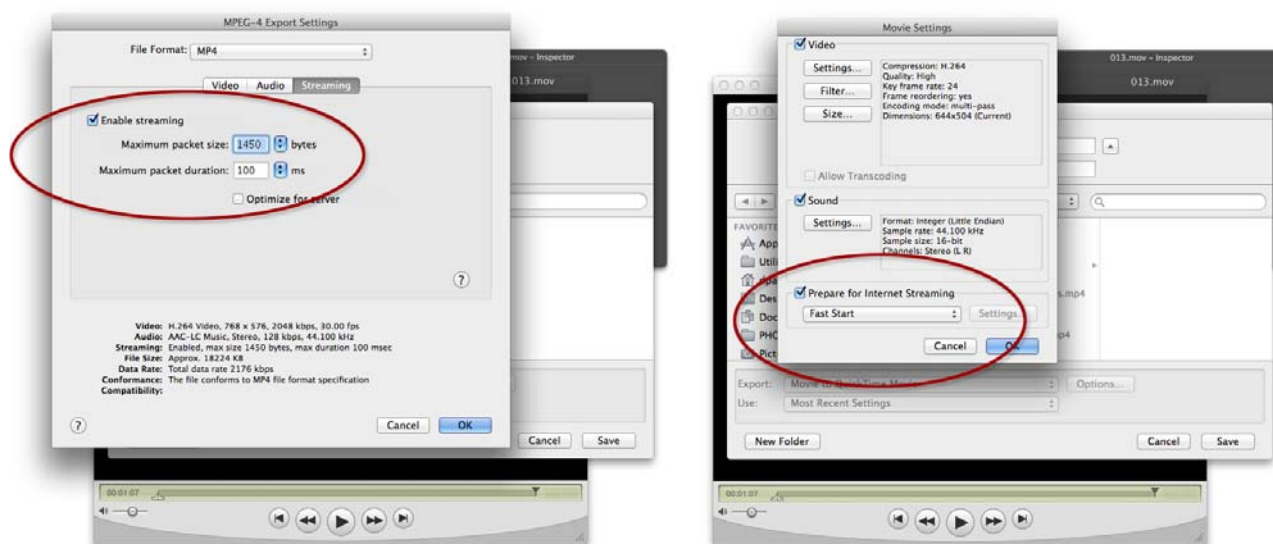
Η άμεση αναπαραγωγή ενός αρχείου βίντεο προϋποθέτει την πρόσβαση σε ένα τοπικά διαθέσιμο αρχείο στην μνήμη του υπολογιστή ή σε κάποιο συνδεδεμένο εξωτερικό μέσο (κάρτα μνήμης, οπτικό δίσκο κλπ.). Όταν η αναπαραγωγή (play back) γίνεται μέσω του ίντερνετ, το αρχείο δεν είναι απαραίτητο να έχει αποθηκευτεί ολόκληρο στη μνήμη του υπολογιστή. Παράδειγμα τέτοιας διαδικασίας αναπαραγωγής είναι η διάθεση βίντεο μέσω της πλατφόρμας YouTube ή Vimeo<sup>57</sup> η αναπαραγωγή ξεκινά άμεσα, ενώ το βίντεο δεν έχει ακόμα αποθηκευτεί ολόκληρο στην κρυφή μνήμη (cache) του υπολογιστή.

Οι δύο τεχνολογίες που επιτρέπουν αυτή τη διαδικασία λέγονται **data streaming (ροή δεδομένων)** και **προοδευτική μεταφόρτωση (progressive download)**. Το streaming απαιτεί ειδικό λογισμικό (streaming server), το οποίο τεμαχίζει τα δεδομένα του αρχείου βίντεο και τα μεταδίδει μέσω του δικτύου. Με την παραλαβή τους στη μνήμη του υπολογιστή του χρήστη, τα πακέτα ανασυντίθενται και αρχίζει η αναπαραγωγή τους. Η αλληλουχία αυτών των πακέτων λέγεται ροή (stream).

Οι κυριότερες μορφές αρχείων video streaming είναι: Adobe Flash Video, Streaming QuickTime, Real Networks RealVideo και Windows Media Video (WMV). Η τεχνολογία streaming δεν βασίζεται σε κάποιο κοινό ανοικτό πρότυπο, οπότε για τη μετάδοση αυτών των αρχείων απαιτείται εμπορικό λογισμικό, δηλαδή Flash Media Server, QuickTime Streaming Server, RealNetworks Helix Server και Windows Server, αντίστοιχα.

<sup>57</sup> (Πηγή: Wikimedia Commons, Δημιουργός: Gohnarch. Η εικόνα χρησιμοποιείται με βάση την άδεια CC Attribution-ShareAlike 3.0 Unported, [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/) , URL: <https://goo.gl/ckjn8h>)

Η τεχνολογία streaming δεν εγγυάται απρόσκοπτη αναπαραγωγή του βίντεο, καθώς εξαρτάται από το εύρος της διαθέσιμης σύνδεσης στο διαδίκτυο και, στην περίπτωση που οι απαιτήσεις της ροής ξεπερνούν τις δυνατότητες της εκάστοτε σύνδεσης, η αναπαραγωγή μπαίνει σε αναμονή. Επίσης, δεν επιτρέπει την τοπική αποθήκευση των δεδομένων στη μνήμη του υπολογιστή και σε περίπτωση διακοπής της σύνδεσης ο χρήστης είναι υποχρεωμένος να ξαναρχίσει τη ροή από την αρχή.



**Εικόνα 6.17.** Ρυθμίσεις για streaming (αριστερά) και για fast start (δεξιά) στις επιλογές εξαγωγής αρχείου βίντεο της εφαρμογής QuickTime. Η μετάδοση ροής δεδομένων (streaming) απαιτεί τη χρήση διακομιστή QuickTime streaming server, η επιλογή fast track μιμείται τη μετάδοση streaming και δεν απαιτεί τη χρήση ειδικού διακομιστή.

Μια εναλλακτική μέθοδος μεταφοράς και αναπαραγωγής δεδομένων βίντεο είναι η **προοδευτική μεταφόρτωση** του αρχείου κατά την οποία η αναπαραγωγή ξεκινά χωρίς να έχει ολοκληρωθεί η πλήρης μεταφόρτωση του αρχείου. Η εφαρμογή αναπαραγωγής (media player) του βίντεο χρησιμοποιεί τα μεταδεδομένα στην κεφαλίδα του αρχείου και τα δεδομένα βίντεο που έχουν μεταφορτωθεί στην προσωρινή μνήμη του υπολογιστή. Τη στιγμή που ένας κρίσιμος όγκος δεδομένων γίνεται διαθέσιμος, αρχίζει η αναπαραγωγή του βίντεο. Το πότε ακριβώς συμβαίνει αυτό μπορεί να οριστεί από τον δημιουργό του αρχείου.

Η βασική διαφορά ανάμεσα στο streaming και στην προοδευτική μεταφόρτωση είναι ο τρόπος παραλαβής και αποθήκευσης των δεδομένων στον υπολογιστή του χρήστη.

Η εφαρμογή QuickTime προσφέρει την ενσωμάτωση της λειτουργίας «Fast Start» σε αρχεία βίντεο, η οποία υποστηρίζει την προοδευτική μεταφόρτωση και επιτρέπει την έναρξη της αναπαραγωγής (play back) μόλις ένας ελάχιστος όγκος δεδομένων έχει παραληφθεί στον υπολογιστή του χρήστη. Για την προοδευτική μεταφόρτωση δεν απαιτείται ειδικό λογισμικό· το αρχείο μεταφέρεται στον υπολογιστή του χρήστη και παραμένει στην κρυφή μνήμη που χρησιμοποιεί η εφαρμογή περιήγησης (browser cache). Μετά την αναπαραγωγή το αρχείο είναι και πάλι διαθέσιμο για αναπαραγωγή και για όσο χρόνο δεν διαγραφεί από το cache.



## 7.29 Σύνοψη

- Το βίντεο αφορά την καταγραφή εικόνας και ήχου.
- Οι εικόνες βίντεο λέγονται πλαίσια (κάδρα, καρέ) και οι διαστάσεις τους αναφέρονται ως ανάλυση του βίντεο.
- Η σύλληψη και αναπαράσταση της εικόνας βίντεο γίνεται με γραμμές που σαρώνουν το πλαίσιο (αισθητήρα/οθόνη) από πάνω προς τα κάτω· το σύνολο των γραμμών μιας πλήρους σάρωσης λέγεται πεδίο και καταγράφει/αναπαριστά το κάδρο του βίντεο.
- Η σάρωση γίνεται προοδευτικά, μια γραμμή μετά την άλλη (progressive scan) σε ένα πέρασμα ή γραμμή ανά γραμμή (interlaced scan) σε δύο περάσματα. Στη δεύτερη περίπτωση το τελικό αντιληπτό κάδρο δημιουργείται από δυο πεδία.
- Το πλήθος των πεδίων ανά δευτερόλεπτο λέγεται ρυθμός ανανέωσης κάδρου και μετριέται σε κάδρα ανά δευτερόλεπτο (frames per second)
- Η σάρωση στις οθόνες των υπολογιστών είναι προοδευτική.
- Η διαδικασία ψηφιοποίησης (δειγματισμός, ποσοτικοποίηση και κωδικοποίηση) ισχύει και για τα δεδομένα βίντεο και γίνεται δειγματοληπτώντας τις γραμμές του βίντεο για να αντιστοιχηθούν από εικονοστοιχεία. Οι εναλλαγές τάσης κωδικοποιούνται σε τιμές φωτεινότητας.
- Οι τεχνικές προδιαγραφές βίντεο επηρεάζονται από πρότυπα συστημάτων τηλεοπτικής μετάδοσης. Τα δύο κυρίαρχα πρότυπα είναι το PAL (Ευρώπη) και το NTSC (Βόρειος Αμερική)
- Το κάδρο βίντεο PAL είναι 720 x 576 (576 οριζόντιες γραμμές). Το κάδρο του ψηφιακού βίντεο PAL (DV) είναι 720 x 576 εικονοστοιχεία.
- Στο βίντεο υψηλής ευκρίνειας (HDV) χρησιμοποιούνται δύο βασικά κάδρα 1280 x 720 και 1440 x 1080 pixels.
- Ο λόγος πλευρών του κάδρου SD βίντεο είναι 4:3 και του βίντεο HD 16:9.
- Κάποια συστήματα βίντεο περιγράφουν τα εικονοστοιχεία τους ως ορθογώνια και όχι τετράγωνα όπως είναι τα εικονοστοιχεία της οθόνης των υπολογιστών. Το σχήμα τους καθορίζεται από τον λόγο των πλευρών του εικονοστοιχείου και λέγεται PAR (Pixel Aspect Ratio). Όσα έχουν λόγο 1, είναι τετράγωνα.
- Διαφορετικές αναλογίες κάδρων μπορούν να συνδυαστούν με τεχνικές όπως το letterboxing και το pillarboxing.
- Ο χρονοκώδικας είναι ένα σύστημα αρίθμησης των κάδρων του βίντεο. Είναι απαραίτητος στο μοντάζ και στον συγχρονισμό εικόνας και ξεχωριστά ηχογραφημένου ήχου.
- Ροή δεδομένων είναι ο όγκος κωδικοποιημένης πληροφορίας βίντεο που πρέπει να επεξεργαστεί ανά δευτερόλεπτο για να αναπαραχθεί το βίντεο.
- Οι περισσότεροι αλγόριθμοι συμπίεσης δεδομένων βίντεο είναι απωλεστικού τύπου.
- Η συμπίεση βασίζεται στην απόρριψη πλεονάζουσας πληροφορίας. Όταν λέμε ότι ένα codec επιτυγχάνει βαθμό συμπίεσης 2:1 σημαίνει ότι τα συμπιεσμένα δεδομένα είναι τα μισά από τα αρχικά.
- Η κωδικοποίηση MPEG αντικαθιστά τα καρέ του βίντεο με τρεις διαφορετικούς τύπους κάδρων, τα I-frames (intraframes), τα P-frames (predictive frames) και τα B-frames (bi-directional) τα οποία οργανώνονται σε ομάδες εικόνων (GOP).

- Τα βασικά πρότυπα συμπίεσης MPEG είναι τα MPEG-1, MPEG-2 και το MPEG-4.
- Υπάρχουν διαφορετικοί αλγόριθμοι συμπίεσης με διαφορετικά χαρακτηριστικά που εξυπηρετούν διαφορετικές ροές εργασίας.
- Η αποθήκευση ψηφιακού βίντεο μπορεί να γίνει σε μαγνητικά μέσα (μαγνητοταινίες, σκληροί δίσκοι), σε οπτικά μέσα (CD, DVD, Blu-ray, κ.ά), συμπαγείς κάρτες κλπ. Το μέσο αποθήκευσης επηρεάζει τη ροή εργασίας.
- Οι τύποι ψηφιακών αρχείων βίντεο είναι συνήθως αρχεία περιέκτες, δηλαδή περιέχουν κωδικοποιημένη πληροφορία βίντεο που δεν έχει γίνει απαραίτητα από ένα μόνο codec.
- Κάποια codec λειτουργούν και ως τύποι ψηφιακών αρχείων.
- Η αναπαραγωγή ενός βίντεο μπορεί να γίνει τοπικά (π.χ. από το σκληρό δίσκο του υπολογιστή) ή μέσω διαδικτύου. Οι τεχνολογίες ροής (streaming) και προοδευτικής μεταφόρτωσης επιτρέπουν την έναρξη της αναπαραγωγής του βίντεο χωρίς να έχει ολοκληρωθεί η μεταφόρτωση όλων των δεδομένων στη μνήμη του υπολογιστή.

VK

UBA Mo @ n KóW

1016  
546



#4A4744

## 8 ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΑ

### Βασικές Έννοιες

Κωδικοποίηση Χαρακτήρων

Σύνολα Χαρακτήρων

Γράμματα και Γραμματοσειρές

Ψηφιακές Γραμματοσειρές

Το κείμενο είναι η οπτική παράσταση της γλώσσας. Η γραφική αναπαράσταση των χαρακτήρων της γλώσσας (γράμματα, αριθμοί, σύμβολα κ.ά.), παίζει τον κεντρικό ρόλο, τόσο σε επίπεδο λειτουργικότητας του κειμένου, όσο και σε επίπεδο αισθητικής. Αν και η μορφολογική επιμέλεια κειμένων παραδοσιακά είναι ευθύνη του τυπογράφου ή του γραφίστα, η ευχέρεια που προσφέρουν οι υπολογιστές στη δημιουργία και στο σχεδιασμό κειμένου, όπως επίσης και η καθοριστική συμμετοχή του στα υπόλοιπα μέσα, επιβάλλει την εξοικείωση με τη σχετική τεχνολογία. Το ψηφιακό κείμενο έχει τις βάσεις του στις πρακτικές της κλασικής τυπογραφίας.

## 8.1 ΑΛΦΑΒΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Η βάση της γραπτής μορφής κάθε γλώσσας είναι ένα συγκεκριμένο αλφάβητο, ένα δηλαδή σύνολο αφηρημένων συμβόλων (γράμματα, αριθμοί, μαθηματικά σύμβολα, ιδεογράμματα, σημεία στίξης, κ.ά.) τα οποία ονομάζονται χαρακτήρες. Παραδείγματα χαρακτήρων είναι το λατινικό «ά», το ελληνικό «φ», το σύμβολο του copyright «©».

Για να μπορέσουμε να παραστήσουμε τους χαρακτήρες ψηφιακά, θα πρέπει να καθορίσουμε μια αντιστοίχιση των αφηρημένων αυτών συμβόλων με δεδομένα που μπορούμε να αποθηκεύσουμε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αφού στον υπολογιστή μπορούμε να αποθηκεύσουμε μόνο δυαδικά δεδομένα (σειρές δυαδικών ψηφίων), οι συνδυασμοί των οποίων μπορούν να ερμηνευτούν ως ακέραιοι αριθμοί με βάση το 2, αρκεί να συσχετίσουμε τους χαρακτήρες με ακέραιους αριθμούς.

Ένας τέτοιος συσχετισμός ονομάζεται **κωδικοποιημένο σύνολο χαρακτήρων** (*coded character set*)· οι ακέραιοι αριθμοί ονομάζονται **κωδικοί παράστασης** (*character set codes*) ή **κωδικά σημεία** (*code points*) και το πεδίο ορισμού του (το αλφάβητο για το οποίο καθορίζεται ο συσχετισμός) ονομάζεται **σύνολο χαρακτήρων** (*character set*) ή αλλιώς **ρεπερτόριο χαρακτήρων** (*character repertoire*). Πολλές φορές χρησιμοποιείται και ο όρος **charset** ή **κωδικοσελίδα** (*code page*).

Η κωδικοποίηση χαρακτήρων είναι το κλειδί για τη χαρτογράφηση των κωδικών σημείων (κατά συνέπεια και των χαρακτήρων που εκπροσωπούν) σε ψηφιακά δεδομένα στη μνήμη του υπολογιστή και για το αντίστροφο, την ανάγνωση δηλαδή των δεδομένων αυτών ως κωδικών σημείων. Τα κωδικοποιημένα σύνολα χαρακτήρων αφορούν αποκλειστικά στην κωδικοποίηση των χαρακτήρων ενός αλφαβήτου και όχι στην γραφική τους απεικόνιση στην οθόνη του υπολογιστή ή σε ένα έντυπο.

Το πλήθος των χαρακτήρων που κωδικοποιούνται εξαρτάται από το σύστημα γραφής της κάθε γλώσσας. Τα **φωνητικά** συστήματα γραφής χρησιμοποιούν αλφάβητα, των οποίων τα σύμβολα ή οι διαφορετικοί συνδυασμοί τους, αντιπροσωπεύουν φθόγγους (ήχους). Τέτοια αλφάβητα είναι το ελληνικό, το λατινικό, το κυριλλικό. Το λατινικό αλφάβητο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περισσότερες από μία γλώσσες, όπως Γαλλικά, Γερμανικά και Αγγλικά. Χαρακτήρες που σχετίζονται με ένα φωνητικό σύστημα γραφής μπορούν τυπικά να κωδικοποιηθούν σε ένα byte (συλλαβή) των 8-bit, καθώς το ρεπερτόριο χαρακτήρων τους είναι συνήθως μικρότερο από 250. Τα **ιδεογραφικά** συστήματα γραφής χρησιμοποιούν ιδεογράμματα τα οποία αναπαριστούν το νόημα των λέξεων και όχι τους ήχους της γλώσσας. Τυπικά παραδείγματα είναι η γραφή της κινεζικής και ιαπωνικής γλώσσας. Τέτοιες γλώσσες συνήθως χρησιμοποιούν και συλλαβάρια, βοηθητικούς δηλαδή μηχανισμούς που επιτρέπουν την επικοινωνία της φωνητικής πληροφορίας. Χαρακτήρες που σχετίζονται με ένα ιδεογραφικό σύστημα γραφής απαιτούν κωδικοποίηση σε περισσότερα από ένα byte, καθώς το ρεπερτόριο τους μπορεί να περιλαμβάνει δεκάδες χιλιάδες σύμβολα.



### 8.1.1 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΩΝ

Καθώς η μεταφορά κειμένου ανάμεσα σε υπολογιστές, σε εφαρμογές και σε δίκτυα επικοινωνίας είναι μια αδιάκοπη δραστηριότητα, η υιοθέτηση κοινών προτύπων κωδικοποίησης χαρακτήρων είναι επιτακτική για λόγους συμβατότητας και διαλειτουργικότητας. Τρία σημαντικά πρότυπα κωδικοποίησης είναι τα **ASCII**, **ISO-8859** και **Unicode**.

#### ASCII

|    |    |    |   |     |   |     |   |     |  |     |  |     |  |     |  |
|----|----|----|---|-----|---|-----|---|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|
| 32 |    | 57 | 9 | 82  | R | 107 | k | 167 |  | 194 |  | 220 |  | 245 |  |
| 33 | !  | 58 | : | 83  | S | 108 | l | 168 |  | 195 |  | 221 |  | 246 |  |
| 34 | "  | 59 | ; | 84  | T | 109 | m | 169 |  | 196 |  | 222 |  | 247 |  |
| 35 | #  | 60 | < | 85  | U | 110 | n | 171 |  | 197 |  | 223 |  | 248 |  |
| 36 | \$ | 61 | = | 86  | V | 111 | o | 172 |  | 198 |  | 224 |  | 249 |  |
| 37 | %  | 62 | > | 87  | W | 112 | p | 173 |  | 199 |  | 225 |  | 250 |  |
| 38 | &  | 63 | ? | 88  | X | 113 | q | 175 |  | 200 |  | 226 |  | 251 |  |
| 39 | \' | 64 | @ | 89  | Y | 114 | r | 176 |  | 201 |  | 227 |  | 252 |  |
| 40 | (  | 65 | A | 90  | Z | 115 | s | 177 |  | 202 |  | 228 |  | 253 |  |
| 41 | )  | 66 | B | 91  | [ | 116 | t | 178 |  | 203 |  | 229 |  | 254 |  |
| 42 | *  | 67 | C | 92  | \ | 117 | u | 179 |  | 204 |  | 230 |  |     |  |
| 43 | +  | 68 | D | 93  | ] | 118 | v | 180 |  | 205 |  | 231 |  |     |  |
| 44 | ,  | 69 | E | 94  | ^ | 119 | w | 181 |  | 206 |  | 232 |  |     |  |
| 45 | -  | 70 | F | 95  | _ | 120 | x | 182 |  | 207 |  | 233 |  |     |  |
| 46 | .  | 71 | G | 96  | ` | 121 | y | 183 |  | 208 |  | 234 |  |     |  |
| 47 | /  | 72 | H | 97  | a | 122 | z | 184 |  | 209 |  | 235 |  |     |  |
| 48 | 0  | 73 | I | 98  | b | 123 | { | 185 |  | 211 |  | 236 |  |     |  |
| 49 | 1  | 74 | J | 99  | c | 124 |   | 186 |  | 212 |  | 237 |  |     |  |
| 50 | 2  | 75 | K | 100 | d | 125 | } | 187 |  | 213 |  | 238 |  |     |  |
| 51 | 3  | 76 | L | 101 | e | 126 | ~ | 188 |  | 214 |  | 239 |  |     |  |
| 52 | 4  | 77 | M | 102 | f | 160 |   | 189 |  | 215 |  | 240 |  |     |  |
| 53 | 5  | 78 | N | 103 | g | 161 |   | 190 |  | 216 |  | 241 |  |     |  |
| 54 | 6  | 79 | O | 104 | h | 162 |   | 191 |  | 217 |  | 242 |  |     |  |
| 55 | 7  | 80 | P | 105 | i | 163 |   | 192 |  | 218 |  | 243 |  |     |  |
| 56 | 8  | 81 | Q | 106 | j | 166 |   | 193 |  | 219 |  | 244 |  |     |  |

**Πίνακας 8.1.** Πίνακας με τους εκτυπώσιμους χαρακτήρες και τους αντίστοιχους κωδικούς του πρότυπου κωδικοποίησης χαρακτήρων ASCII. Το ASCII δεν επαρκεί για την κωδικοποίηση του παγκόσμιου συνόλου των γλωσσικών χαρακτήρων (συμβόλων).

### 8.1.2 ASCII

Ο Αμερικανικός Πρότυπος Κώδικας για Ανταλλαγή Πληροφοριών **ASCII** (American Standard Code for Information Interchange), είναι ένα κωδικοποιημένο σύνολο χαρακτήρων του λατινικού αλφαβήτου που χρησιμοποιείται σήμερα στην Αγγλική αλλά και σε άλλες δυτικοευρωπαϊκές γλώσσες. Οι περισσότερες σύγχρονες κωδικοποιήσεις χαρακτήρων βασίζονται στο πρότυπο ASCII (χρησιμοποιούν μέρος του), αν και υποστηρίζουν πολλούς περισσότερους χαρακτήρες.

Το ASCII χρησιμοποιεί 7-bit πληροφορίας, οπότε περιγράφει 128 κωδικούς ( $2^7=128$ ). Οι πρώτοι 32 (0-31) είναι δεσμευμένοι για χαρακτήρες ελέγχου, κωδικοί που αρχικά προορίζονταν για τον έλεγχο συσκευών (όπως εκτυπωτές και τηλέτυπα) και είναι πλέον παρωχημένοι. Ενδεικτικά ο κωδικός 7 αφορά την παραγωγή ενός μπιπ (ήχος), ενώ ο κωδικός 27 αφορά το γνωστό πλήκτρο Esc (διαφυγή). Οι κωδικοί από 32-127 αφορούν

εκτυπώσιμους χαρακτήρες συμπεριλαμβανομένου του κενού διαστήματος ως αόρατου γραφικού. (κωδικός 32).



**Εικόνα 8.1.** Η ίδια ιστοσελίδα με κείμενο κωδικοποιημένο σε UTF-8 (αριστερά) και η εμφάνισή της με την χρήση διαφορετικού charset (ISO 8859-8).

Όταν το 1972 το ASCII τυποποιήθηκε σε διεθνές πρότυπο (ISO 646), δημιουργήθηκαν και κάποιες παραλλαγές του για να καλύψουν και άλλες γλώσσες (γράμματα με τόνους, σύμβολα νομισμάτων κ.λπ.). Η λύση αυτή δεν ήταν ικανοποιητική, καθώς η ανταλλαγή κωδικοποιημένων κειμένων απαιτούσε τη χρήση ακριβώς του ίδιου πρότυπου και από τις δύο πλευρές. Η λύση δόθηκε με την αύξηση των διαθέσιμων θέσεων κωδικών σε 256 χρησιμοποιώντας 8-bit πληροφορίας, αντί για 7-bit του ISO 646. Το σύνολο των 128 κωδικών του ASCII μπορούσε να μεταφερθεί απaráλλακτο στα νέα κωδικοποιημένα σύνολα χαρακτήρων.

Η αλλαγή αυτή δημιούργησε μια πληθώρα παραλλαγών του ASCII σε 8-bit από διάφορους ενδιαφερόμενους κατασκευαστές, όλες από τις οποίες συμπεριελάμβαναν τους κωδικούς 0-127 (ASCII). Οι υπόλοιπες διαθέσιμες 129 θέσεις κωδικών σημείων χρησιμοποιήθηκαν ανάλογα με το εκάστοτε ενδιαφέρον. Σε διαφορετικά δηλαδή πρότυπα, οι ίδιες θέσεις αντιστοιχούσαν σε διαφορετικά σύμβολα για τις δυτικοευρωπαϊκές χώρες, σε άλλα για το κυριλλικό αλφάβητο, άλλα για τους υπολογιστές Macintosh κ.λπ. Η επικοινωνία κειμένων, δηλαδή, είναι αποτελεσματική μόνο όταν και οι δύο πλευρές υιοθετήσουν την ίδια ακριβώς παραλλαγή κωδικοποίησης.

### 8.1.3 ISO 8859

Μια (αναποτελεσματική όπως αποδείχθηκε) λύση στο πρόβλημα της γλωσσικής συμβατότητας προσπάθησε να δώσει το πρότυπο **ISO 8859** με παραλλαγές που απευθύνονταν σε διαφορετικές γλωσσικές ομάδες. Το βασικό πρότυπο είναι το **ISO 8859-1** (αναφέρεται και ως **ISO Latin1**, ή απλά **Latin1**), το οποίο καλύπτει τις περισσότερες δυτικοευρωπαϊκές γλώσσες. Όπως και όλα τα κωδικοποιημένα σύνολα χαρακτήρων ISO 8859, το **Latin1** είναι πρακτικά μια επέκταση του ASCII σε 8-bit η οποία διαθέτει συνολικά 256 διαθέσιμα κωδικά σημεία (βλ. Πίνακας 8.2). Παραλλαγές του ISO 8859 σχεδιάστηκαν για χώρες της ανατολικής Ευρώπης, όπως η Τσεχία, η Σλοβακία και η Κροατία (ISO 8859-2 ή **Latin2**), για γλώσσες που χρησιμοποιούν το κυριλλικό αλφάβητο (ISO 8859-5), το εβραϊκό (ISO 8859-8) κ.ά. Το πρότυπο για την ελληνική γλώσσα είναι το **ISO 8859-7** (βλ. Πίνακας 8.3).

Η αποδοχή του ISO 8859 δεν είναι παγκόσμια, καθώς οι 256 θέσεις κωδικών σημείων δεν επαρκούν για την κωδικοποίηση όλων των χαρακτήρων κάθε γραφής. Επιπροσθέτως, δεν μπορεί να υποστηρίξει πολλαπλά αλφάβητα στον ίδιο υπολογιστή (μόνο το λατινικό και τους χαρακτήρες που έχει η συγκεκριμένη παραλλαγή). Παρόλα αυτά υπάρχουν πάρα πολλά κείμενα (π.χ. σε ιστοσελίδες κ.ά.) που έχουν κωδικοποιηθεί με παραλλαγές του ISO 8859, κάτι που (υπό συνθήκες) μπορεί να κάνει προβληματική την ανάγνωσή τους. Ανεπίσημες στατιστικές τοποθετούν τη χρήση του ISO Latin1 για την κωδικοποίηση κειμένου ιστοσελίδων στον παγκόσμιο ιστό σε ποσοστό περίπου 8% (Surveys 2015).

### ISO Latin 1

|    |    |    |   |     |   |     |   |     |   |     |    |     |   |     |   |
|----|----|----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|----|-----|---|-----|---|
| 32 |    | 57 | 9 | 82  | R | 107 | k | 165 | ¥ | 190 | 34 | 215 | x | 240 | ð |
| 33 | !  | 58 | : | 83  | S | 108 | l | 166 | ı | 191 | ı  | 216 | ø | 241 | ñ |
| 34 | "  | 59 | ; | 84  | T | 109 | m | 167 | § | 192 | À  | 217 | Û | 242 | ò |
| 35 | #  | 60 | < | 85  | U | 110 | n | 168 |   | 193 | Á  | 218 | Ü | 243 | ó |
| 36 | \$ | 61 | = | 86  | V | 111 | o | 169 | © | 194 | Â  | 219 | Ù | 244 | ô |
| 37 | %  | 62 | > | 87  | W | 112 | p | 170 | a | 195 | Ã  | 220 | Û | 245 | õ |
| 38 | &  | 63 | ? | 88  | X | 113 | q | 171 | « | 196 | Ä  | 221 | Ý | 246 | ö |
| 39 | \' | 64 | @ | 89  | Y | 114 | r | 172 | ¬ | 197 | Å  | 222 | Þ | 247 | ÷ |
| 40 | (  | 65 | A | 90  | Z | 115 | s | 173 | - | 198 | Æ  | 223 | ß | 248 | ø |
| 41 | )  | 66 | B | 91  | [ | 116 | t | 174 | ® | 199 | Ç  | 224 | à | 249 | ù |
| 42 | *  | 67 | C | 92  | \ | 117 | u | 175 | - | 200 | È  | 225 | á | 250 | ú |
| 43 | +  | 68 | D | 93  | ] | 118 | v | 176 | • | 201 | É  | 226 | â | 251 | û |
| 44 | ,  | 69 | E | 94  | ^ | 119 | w | 177 | ± | 202 | Ê  | 227 | ã | 252 | ü |
| 45 | -  | 70 | F | 95  | _ | 120 | x | 178 | 2 | 203 | Ë  | 228 | ä | 253 | ý |
| 46 | .  | 71 | G | 96  | ` | 121 | y | 179 | 3 | 204 | Ì  | 229 | å | 254 | þ |
| 47 | /  | 72 | H | 97  | a | 122 | z | 180 | ´ | 205 | Í  | 230 | æ | 255 | ÿ |
| 48 | 0  | 73 | I | 98  | b | 123 | { | 181 | μ | 206 | Î  | 231 | ç |     |   |
| 49 | 1  | 74 | J | 99  | c | 124 |   | 182 | ¶ | 207 | Ï  | 232 | è |     |   |
| 50 | 2  | 75 | K | 100 | d | 125 | } | 183 | • | 208 | Ð  | 233 | é |     |   |
| 51 | 3  | 76 | L | 101 | e | 126 | ~ | 184 | • | 209 | Ñ  | 234 | ê |     |   |
| 52 | 4  | 77 | M | 102 | f | 160 |   | 185 | 1 | 210 | Ò  | 235 | ë |     |   |
| 53 | 5  | 78 | N | 103 | g | 161 | i | 186 | ° | 211 | Ó  | 236 | ì |     |   |
| 54 | 6  | 79 | O | 104 | h | 162 | ¢ | 187 | » | 212 | Ô  | 237 | í |     |   |
| 55 | 7  | 80 | P | 105 | i | 163 | £ | 188 | ¼ | 213 | Õ  | 238 | î |     |   |
| 56 | 8  | 81 | Q | 106 | j | 164 | ¤ | 189 | ½ | 214 | Ö  | 239 | ï |     |   |

**Πίνακας 8.2.** Το επάνω μέρος του πρότυπου ISO LATIN 1 (ISO 8859-1). Το κενό στον κωδικό 160 αντιστοιχεί στο διάστημα (space) που δεν ενεργοποιεί αλλαγή παραγράφου (non breaking space).

## ISO 8859-7 (GREEK)

|    |    |    |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
|----|----|----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| 32 |    | 57 | 9 | 82  | R | 107 | k | 167 | § | 194 | B | 220 | ά | 245 | υ |
| 33 | !  | 58 | : | 83  | S | 108 | l | 168 | ¨ | 195 | Γ | 221 | έ | 246 | φ |
| 34 | "  | 59 | ; | 84  | T | 109 | m | 169 | © | 196 | Δ | 222 | ή | 247 | χ |
| 35 | #  | 60 | < | 85  | U | 110 | n | 171 | « | 197 | E | 223 | ί | 248 | ψ |
| 36 | \$ | 61 | = | 86  | V | 111 | o | 172 | ¬ | 198 | Z | 224 | ύ | 249 | ω |
| 37 | %  | 62 | > | 87  | W | 112 | p | 173 |   | 199 | H | 225 | α | 250 | ϊ |
| 38 | &  | 63 | ? | 88  | X | 113 | q | 175 | — | 200 | Θ | 226 | β | 251 | ϋ |
| 39 | \' | 64 | @ | 89  | Y | 114 | r | 176 | ° | 201 | I | 227 | γ | 252 | ό |
| 40 | (  | 65 | A | 90  | Z | 115 | s | 177 | ± | 202 | K | 228 | δ | 253 | ύ |
| 41 | )  | 66 | B | 91  | [ | 116 | t | 178 | ² | 203 | Λ | 229 | ε | 254 | ώ |
| 42 | *  | 67 | C | 92  | \ | 117 | u | 179 | ³ | 204 | M | 230 | ζ |     |   |
| 43 | +  | 68 | D | 93  | ] | 118 | v | 180 | ´ | 205 | N | 231 | η |     |   |
| 44 | ,  | 69 | E | 94  | ^ | 119 | w | 181 | “ | 206 | Ξ | 232 | θ |     |   |
| 45 | -  | 70 | F | 95  | _ | 120 | x | 182 | Ά | 207 | O | 233 | ι |     |   |
| 46 | .  | 71 | G | 96  | ` | 121 | y | 183 | · | 208 | Π | 234 | κ |     |   |
| 47 | /  | 72 | H | 97  | a | 122 | z | 184 | Έ | 209 | P | 235 | λ |     |   |
| 48 | 0  | 73 | I | 98  | b | 123 | { | 185 | Ή | 211 | Σ | 236 | μ |     |   |
| 49 | 1  | 74 | J | 99  | c | 124 |   | 186 | Ί | 212 | T | 237 | ν |     |   |
| 50 | 2  | 75 | K | 100 | d | 125 | } | 187 | » | 213 | Υ | 238 | ξ |     |   |
| 51 | 3  | 76 | L | 101 | e | 126 | ~ | 188 | Ό | 214 | Φ | 239 | ο |     |   |
| 52 | 4  | 77 | M | 102 | f | 160 |   | 189 | ½ | 215 | Χ | 240 | π |     |   |
| 53 | 5  | 78 | N | 103 | g | 161 | ‘ | 190 | Υ | 216 | Ψ | 241 | ρ |     |   |
| 54 | 6  | 79 | O | 104 | h | 162 | ’ | 191 | Ω | 217 | Ω | 242 | ς |     |   |
| 55 | 7  | 80 | P | 105 | i | 163 | £ | 192 | Ϊ | 218 | Ϊ | 243 | σ |     |   |
| 56 | 8  | 81 | Q | 106 | j | 166 | ¡ | 193 | Α | 219 | Ψ | 244 | τ |     |   |

**Πίνακας 8.3.** Πίνακας με τους εκτυπώσιμους χαρακτήρες και τους αντίστοιχους κωδικούς του ISO 8859-7 (Greek). Άλλα προσωνύμιο είναι το ELOT 928, από το πρότυπο ΕΛΟΤ 928.

#### 8.1.4 UNICODE

Το Unicode είναι το κυρίαρχο πρότυπο για την κωδικοποίηση, αναπαράσταση και επεξεργασία χαρακτήρων κάθε συστήματος γραφής προσφέροντας ένα ομοιόμορφο τρόπο για την αποθήκευση, αναζήτηση και ανταλλαγή κειμένου, ανεξάρτητα υπολογιστικής πλατφόρμας, και γλώσσας. Αναπτύχθηκε και συντηρείται από το Unicode Consortium (<http://www.unicode.org>), μια ανοικτή μη κερδοσκοπική κοινοπραξία με έδρα την Καλιφόρνια των ΗΠΑ και έχει υιοθετηθεί στο πρότυπο κωδικοποίησης ISO/IEC 10464.

Η αρχιτεκτονική του Unicode είναι της τάξης των 16-bit και δίνει τη δυνατότητα της ανάθεσης μιας αποκλειστικής αριθμητικής τιμής και ονόματος σε καθένα χαρακτήρα ξεχωριστά οποιουδήποτε συστήματος γραφής στον κόσμο. Τα πρώτα 65.536 διαθέσιμα κωδικά σημεία, τα οποία είναι δεσμευμένα για τους πιο κοινά χρησιμοποιούμενους χαρακτήρες, χωροθετούν μια περιοχή που ονομάζεται **Βασικό Πολυγλωσσικό Επίπεδο** ή αλλιώς **BMP (Basic Multilingual Plane)**. Το Unicode περιγράφει δεκαέξι ακόμα τέτοια συμπληρωματικά επίπεδα για την κωδικοποίηση άλλων χαρακτήρων και συμβόλων, προσφέροντας περίπου ένα εκατομμύριο θέσεις κωδικών σημείων, αρκετών για όλες τις γραφές του κόσμου όπως και για αρχαίες ιστορικές γραφές, κοινά συστήματα σημειογραφίας (π.χ. μουσικές νότες) κ.ά. (Unicode 2015)

### 8.1.5 Μορφές Κωδικοποίησης Unicode

Η κωδικοποίηση χαρακτήρων δεν καθορίζει μόνο την ταυτότητα του κάθε χαρακτήρα και την αριθμητική του τιμή (κωδικό σημείο), αλλά και τον τρόπο με τον οποίο η τιμή αυτή αναπαριστάται στη μνήμη του υπολογιστή με τη μορφή δυαδικών ψηφίων (bits). Το Unicode υποστηρίζει τρεις μεθόδους κωδικοποίησης:

- **UTF-8:** (Universal Coded Character Set Transformation Format 8-bit). Χρησιμοποιεί ένα byte (8-bit) για την αναπαράσταση κάθε χαρακτήρα του συνόλου ASCII, δύο bytes (16-bit) για χαρακτήρες κάποιων άλλων επιπέδων και τρία bytes για τα υπόλοιπα επίπεδα του BMP. Για συμπληρωματικούς χαρακτήρες χρησιμοποιεί 4 bytes (32-bit).
- **UTF-16:** Χρησιμοποιεί 2 bytes (16-bit) για την κωδικοποίηση κάθε χαρακτήρα στο επίπεδο BMP και 4 bytes (32-bit) για συμπληρωματικούς χαρακτήρες.
- **UTF-32:** Χρησιμοποιεί 4 bytes (32-bit) για κάθε χαρακτήρα.

Η πιο δημοφιλής από τις τρεις, η κωδικοποίηση κειμένου **UTF-8** αποτελεί την defacto επιλογή για γλώσσες σήμανσης, όπως η HTML, αλλά και γλώσσες προγραμματισμού, όπως η Java. Το UTF-8 έχει επίσης υιοθετηθεί σαν πρότυπο και από τα κυρίαρχα λειτουργικά συστήματα Mac OS X και Windows.

Όταν συστήματα γραφής για περισσότερες από μία γλώσσες μοιράζονται παρόμοια σύμβολα, η ένωση όλων αυτών των γραφικών αναπαραστάσεων αντιμετωπίζεται από το Unicode με ειδικούς αλγόριθμους μετασχηματισμών ως ένα μοναδικό ρεπερτόριο χαρακτήρων προς κωδικοποίηση και αναγνωρίζεται ως μια μοναδική γραφή. Κάθε τέτοιο ρεπερτόριο χαρακτήρων λειτουργεί ως βιβλιοθήκη και χρησιμοποιείται για τα συστήματα γραφής συγκεκριμένων γλωσσών. Σύμβολα της λατινικής γραφής για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για δεκάδες ή και εκατοντάδες άλλες γλώσσες. Σε άλλες περιπτώσεις μόνο μια γλώσσα χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη γραφή, όπως η γραφή Hangeul για την Κορεατική, ή περισσότερες από μια γραφές, όπως στην Ιαπωνική.

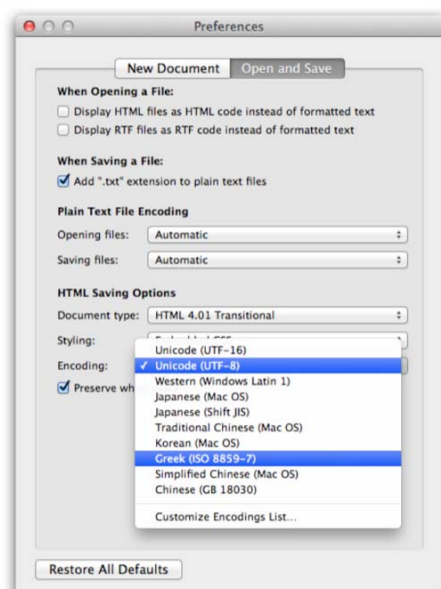
Η έκδοση Unicode 8.0 (Ιούνιος 2015) υποστηρίζει ένα ρεπερτόριο που ξεπερνά τους 120.000 χαρακτήρες καλύπτοντας 129 σύγχρονες και αρχαίες γραφές συμπεριλαμβανομένων και πολλαπλών ρεπερτορίων συμβόλων, όπως αρχαίων ελληνικών αριθμών, βυζαντινής μουσικής σημειογραφίας κ.ά. (Πλήρης κατάλογος «Unicode 8.0 Character Code Charts», [Unicode Charts](#))

### 8.1.6 ISO/IEC 10646

Ο οργανισμός ISO σε συνεργασία με τον οργανισμό IEC (International Electrotechnical Commission) σχεδίασε το Παγκόσμιο Σύνολο Χαρακτήρων UCS (Universal Character Set), με κωδικοποίηση 32-bit, που πήρε την ονομασία **ISO 10646**. Το πρότυπο ISO 10646 και το Unicode διαθέτουν ακριβώς το ίδιο ρεπερτόριο χαρακτήρων με τους ίδιους κωδικούς. Η βασική διαφορά είναι ότι το Unicode προσθέτει προδιαγραφές που δεν εμπίπτουν στους σκοπούς του ISO 10646, το οποίο είναι ένα απλό σύστημα κωδικοποίησης χαρακτήρων, όπως και το ISO 8859. Αντιθέτως, το Unicode υποστηρίζει κανόνες για την αντιπαραβολή χαρακτήρων αλλά και τον αλγόριθμο για την αμφίδρομη ροή κειμένου που απαιτείται για γραφές όπως η Αραβική και η Εβραϊκή.



Η επιλογή της κωδικοποίησης ενός κειμένου με κάποιο επιθυμητό πρότυπο γίνεται εύκολα μέσω των εφαρμογών που το επιτρέπουν (**Εικόνα 8.2**). Μια από τις πρώτες ρυθμίσεις προτιμήσεων μιας εφαρμογής που χρησιμοποιεί κείμενο (επεξεργασίας κειμένου, σελιδοποίησης, δημιουργίας ιστοσελίδων, κ.ά.) είναι η επιλογή κωδικοποίησης. Στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμη, κατά πάσα πιθανότητα το όποιο κείμενο κωδικοποιείται με την εγγενή κωδικοποίηση του συστήματος. Σε κάθε περίπτωση είναι καλή πρακτική να γνωρίζουμε την κωδικοποίηση του κειμένου.



**Εικόνα 8.2.** Επιλογές κωδικοποίησης κειμένου της εφαρμογής επεξεργασίας κειμένου *TextEdit* της Apple (MacOSX)

## 8.2 ΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΕΣ

Η οπτική απεικόνιση ενός κειμένου δεν ταυτίζεται με το νόημά του. Τα αφηρημένα σύμβολα του κειμένου (γράμματα, αριθμοί, σύμβολα στίξης κ.λπ.), είναι αυτά που σχηματίζουν λέξεις, φράσεις, προτάσεις. Το λεκτικό περιεχόμενο είναι αυτό που μεταφέρει την πληροφορία, το νόημα που το κείμενο επικοινωνεί στον αναγνώστη. Η εμφάνιση των γραμμάτων ενός κειμένου, όπως το ακριβές σχήμα τους, η μορφή τους, το μέγεθός τους ή ο τρόπος με τον οποίο παρατίθενται σε μία σελίδα ή σε μία οθόνη, είναι ένα στοιχείο του τρόπου αυτής της επικοινωνίας. Καθορίζει π.χ. το πόσο ευανάγνωστο ή ευχάριστο φαίνεται ένα κείμενο. Μπορεί ακόμα και να προδιαθέτει τον αναγνώστη προσδίδοντας χαρακτηριστικά όπως απλότητα, λογιότητα, σημασία κ.ά. Η όποια οπτική εμφάνιση ενός κειμένου δεν είναι σε θέση να μεταβάλλει άρδην το νόημά του, επηρεάζει όμως την ανάγνωσή του.

*Με λόγια, με φυσιγνωμία, και με τρόπους  
μια εξαίρετη θα κάμω πανοπλία·  
και θ' αντικρύζω έτσι τους κακούς ανθρώπους  
χωρίς να έχω φόβον ή αδυναμία.*

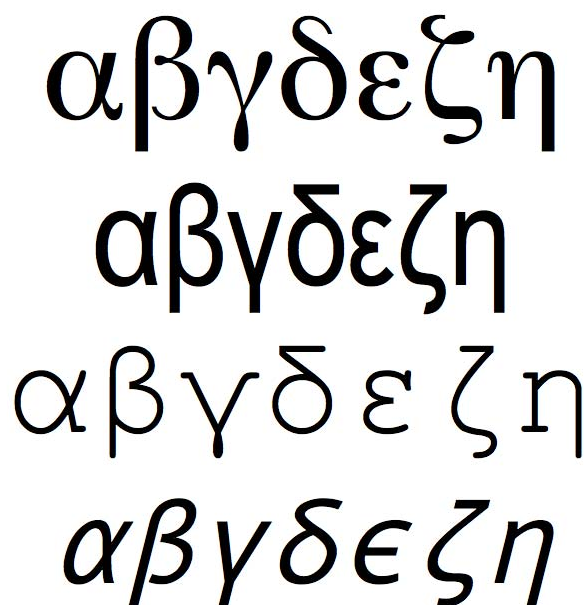
Με λόγια, με φυσιγνωμία, και με τρόπους  
μια εξαίρετη θα κάμω πανοπλία·  
και θ' αντικρύζω έτσι τους κακούς ανθρώπους  
χωρίς να έχω φόβον ή αδυναμία.

**Εικόνα 8.3.** Απόσπασμα από το ποίημα του Κ. Π. Καβάφη «Αιμιλιανός Μονάη, Αλεξανδρεύς, 628–655 μ.Χ.» (Ποιήματα 1897–1933, Ίκαρος 1984)

Στην **Εικόνα 8.3**, το ίδιο κείμενο (περιεχόμενο) εμφανίζεται με διαφορετικές επιλογές χαρακτήρων, μορφοποίησης και παράθεσης. Η χρήση διαφορετικών χαρακτήρων και διαφορετικής στοίχισης του κειμένου δεν αλλάζει το γεγονός ότι πρόκειται για ακριβώς το ίδιο κείμενο. Η βεβαιότητα αυτής της ταυτοποίησης του περιεχομένου προκύπτει από το ότι είμαστε σε θέση να διαχωρίσουμε το γλωσσικό νόημα των αφηρημένων χαρακτήρων (σύμβολα) από τη γραφική τους απεικόνιση σε ένα έντυπο ή σε μια οθόνη.

Για να απεικονιστεί ένα ψηφιακό κείμενο, κάθε αποθηκευμένος κωδικός παράστασης θα πρέπει να συσχετιστεί με μια σχεδιαστική απεικόνιση (εικόνα) του χαρακτήρα ή του συμβόλου στο οποίο αντιστοιχεί. Η γραφική αυτή απεικόνιση ονομάζεται **glyph**. Ο όρος είναι νεολογισμός και προέρχεται από το ελληνικό «**γλυφή**» (σκάλισμα, χάραγμα). Οι γλυφές μπορεί να απεικονίζουν γράμματα, αριθμούς, σημεία στίξης, ιδεογράμματα, μαθηματικά σύμβολα, κ.λπ.

Όπως βλέπουμε στην **Εικόνα 8.4**, οι ίδιοι χαρακτήρες μπορούν να απεικονιστούν με μια ποικιλία από γλυφές. Όλα τα γράμματα παραμένουν αναγνωρίσιμα, καθώς αυτές εισάγουν μικρές μόνο σχεδιαστικές παραλλαγές διατηρώντας τη βασική μορφολογία τους. Η ίδια γλυφή είναι συνήθως διαθέσιμη σε μια ποικιλία σταθερών μεγεθών.



**Εικόνα 8.4.** Η απεικόνιση των ίδιων χαρακτήρων με διαφορετικές γλυφές.

Οι γλυφές οργανώνονται σε συλλογές οι οποίες ονομάζονται **γραμματοσειρές (fonts)**. Οι γραμματοσειρές με τα ίδια βασικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά οργανώνονται σε **οικογένειες** (βλ. Ενότητα 8.3.6 - Οικογένειες).

Ο όρος font(s)<sup>58</sup> είναι δανικός από τον χώρο της παραδοσιακής τυπογραφίας, όπου τα κινητά τυπογραφικά στοιχεία χυτεύονταν από λιωμένο μέταλλο σε εκμαγεία. Η χειρωνακτική συναρμολόγηση των μεταλλικών τυπογραφικών στοιχείων σε σειρές μέσα σε ένα μεταλλικό πλαίσιο δημιουργούσε ένα ανάστροφο ανάγλυφο του κειμένου. Η εκτύπωση γινόταν με τη μελάνωση της επιφάνειας του ανάγλυφου και την πίεση του χαρτιού πάνω σε αυτή (αναγλυφοτυπία). Η στοιχειοθεσία στο χέρι ξεπεράστηκε από μηχανικές τεχνολογίες χύτευσης και στοιχειοθεσίας όπως η Μονοτυπία και η Λινοτυπία, οι οποίες με τη σειρά τους έχουν πλέον αντικατασταθεί από την ψηφιακή τεχνολογία.

Ιστορικά, ο όρος font αντιστοιχούσε στα κινητά μεταλλικά τυπογραφικά στοιχεία συγκεκριμένου μεγέθους μιας συγκεκριμένης γραμματοσειράς (π.χ. Times Bold Italics 12 pt). Κάθε παραλλαγή τους σε μέγεθος ή άλλη σχεδιαστική εκδοχή (έντονα, πλάγια κ.λπ.) ήταν ένα άλλο font. Στην εποχή της ψηφιακής στοιχειοθεσίας ο όρος font αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη γραμματοσειρά, η οποία μπορεί να απεικονιστεί και να εκτυπωθεί σε οποιοδήποτε μέγεθος. Τη θέση των συλλογών μοναδικών τυπογραφικών στοιχείων έχουν πάρει πλέον τα ψηφιακά δεδομένα (ψηφιακά αρχεία γραμματοσειρών), τα οποία περιγράφουν την γραφική απεικόνιση των χαρακτήρων.

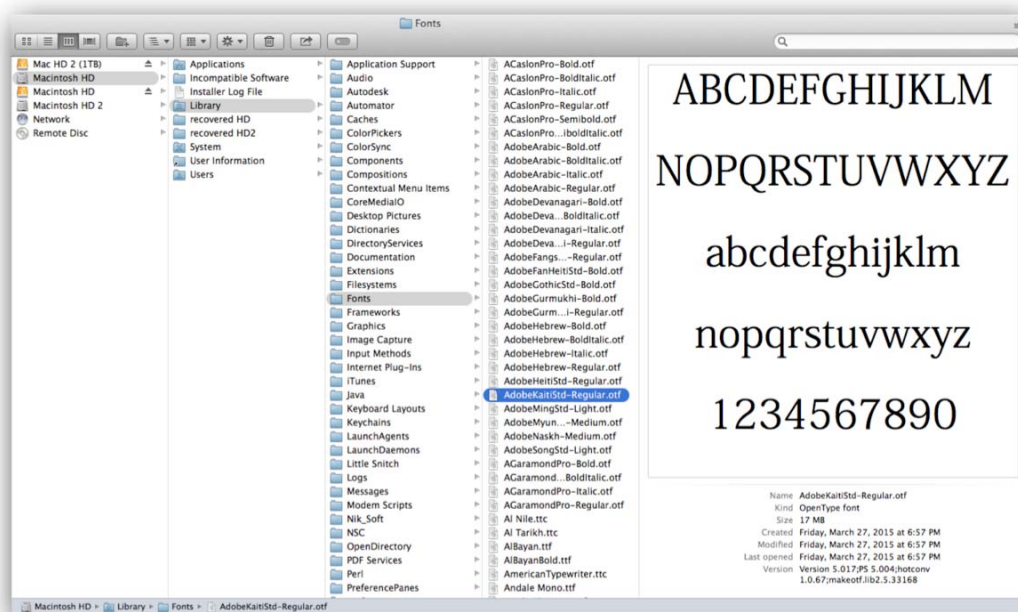
Οι γραμματοσειρές περιγράφουν αλφαβητικούς και αριθμητικούς χαρακτήρες, σημεία στίξης, σύμβολα κ.ά. Μπορεί, επίσης, να περιγράφουν αποκλειστικά ιδεογράμματα και σύμβολα, όπως μαθηματικά σύμβολα, μουσικές νότες, σύμβολα χαρτογράφησης κ.ά.

<sup>58</sup> Προέρχεται από τη λέξη fountry που σημαίνει χυτήριο.

### 8.3 Η ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΕ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΕΣ

Η πρόσβαση του υπολογιστή και των εφαρμογών του σε γραμματοσειρές γίνεται από:

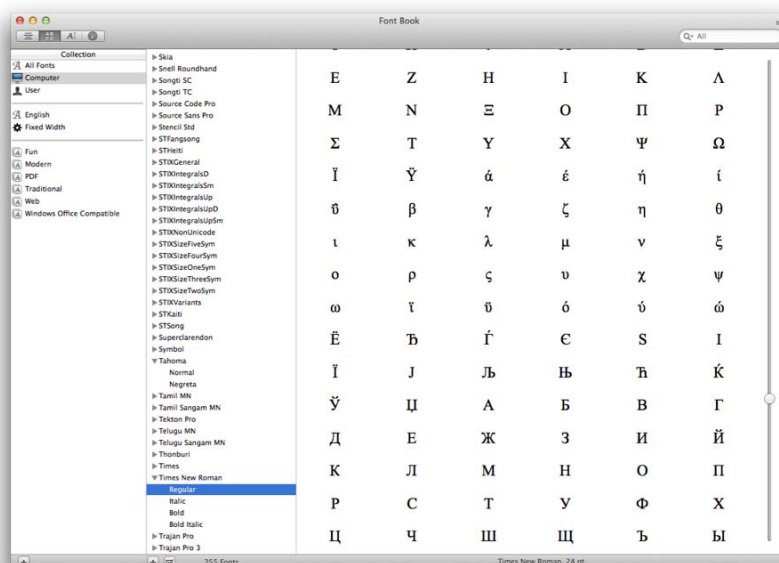
- ψηφιακά αρχεία γραμματοσειρών που είναι ήδη εγκαταστημένα στο σύστημα του υπολογιστή (**system fonts**)
- γραμματοσειρές που έχουν ενσωματωθεί σε ένα αρχείο (**embedded fonts**)
- γραμματοσειρές που βρίσκονται σε ένα απομακρυσμένο εξυπηρετητή (**web fonts**)



**Εικόνα 8.5.** Αποθηκευμένες γραμματοσειρές τύπου OpenType (OTF), σε σχετική βιβλιοθήκη του λειτουργικού συστήματος Mac OSX.

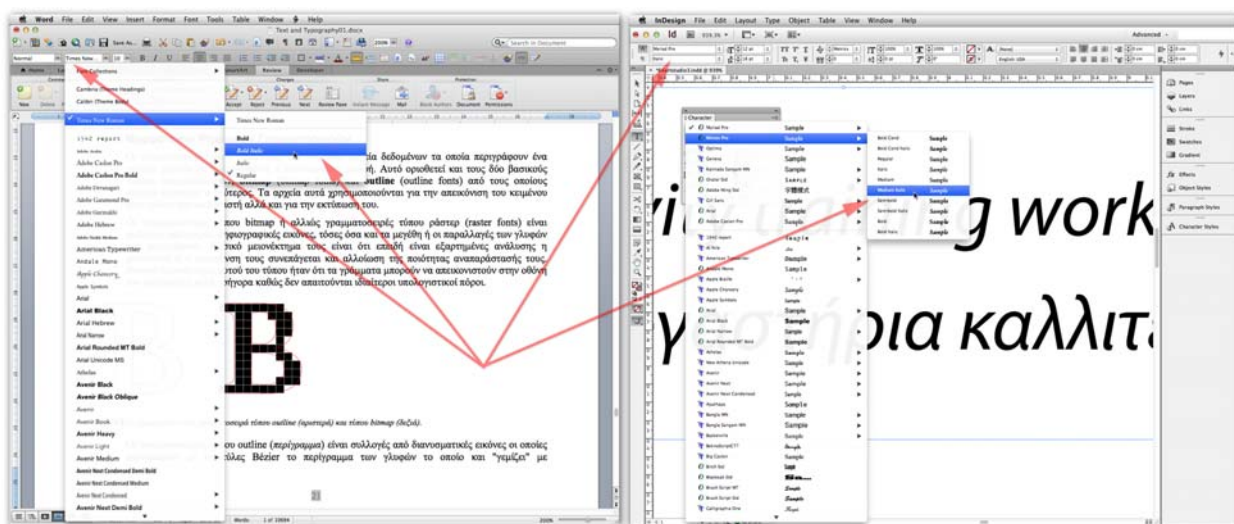
Αν οι γραμματοσειρές έχουν ήδη ενσωματωθεί στο ψηφιακό αρχείο που εμπεριέχει το κείμενο, όπως π.χ. σε αρχεία PDF, αυτό σημαίνει ότι ήταν διαθέσιμες στον υπολογιστή που δημιούργησε το αρχείο και ότι ο χρήστης θα δει το κείμενο όπως αρχικά είχε σχεδιαστεί. Αν οι γραμματοσειρές δεν έχουν ενσωματωθεί στο αρχείο και δεν υπάρχει η δυνατότητα να βρεθούν σε κάποιο εξυπηρετητή μέσω διαδικτύου, αυτό σημαίνει ότι η εμφάνιση του κειμένου θα εξαρτάται από τις εγκατεστημένες γραμματοσειρές που διαθέτει ο χρήστης στον δικό του υπολογιστή (system fonts). Στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμες, υπάρχει περίπτωση το κείμενο να μη διαβάζεται καθόλου ή να απεικονίζεται με άλλες γραμματοσειρές. Αν και η αντικατάστασή τους με τις όποιες διαθέσιμες είναι το πιο πιθανό σενάριο, το τελικό κείμενο δεν θα είναι αυτό που είχε αρχικά σχεδιαστεί.

Ένας λόγος για τον οποίο οι γραμματοσειρές δεν ενσωματώνονται πάντοτε σε αρχεία κειμένου είναι γιατί δεν υπάρχει η δυνατότητα. Στα αρχεία HTML π.χ. δεν υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης γραμματοσειρών, αλλά μόνο η δήλωση για το ποιες προτιμούνται για την αναπαράσταση του κειμένου (από τις ήδη εγκαταστημένες στον υπολογιστή του χρήστη ή από αποθηκευμένες σε εξυπηρετητές στο διαδίκτυο). Ένας άλλος λόγος θα μπορούσε να ήταν η αύξηση του μεγέθους του αρχείου λόγω της ενσωμάτωσης επιπρόσθετων δεδομένων σε αυτό.



**Εικόνα 8.6.** Διαχείριση γραμματοσειρών με την εφαρμογή Font Book στο λειτουργικό σύστημα MacOSX.

Η εγκατάσταση, η διαγραφή και γενικά η διαχείριση γραμματοσειρών είναι μια σχετικά απλή διαδικασία. Ένας τρόπος για να ελέγξουμε τι είδους γραμματοσειρές υπάρχουν εγκαταστημένες στον υπολογιστή και ποιες γλυφές διαθέτουν, είναι με εφαρμογές διαχείρισης γραμματοσειρών, όπως η εγγενής εφαρμογή του λειτουργικού Mac OsX, Font Book (/Applications/Font Book) και ο σχετικός πίνακας ελέγχου Fonts στο λειτουργικό Windows 7 (/start/Control/Appearance and Personalization/Fonts). Στην αγορά υπάρχουν πολλές εμπορικές εφαρμογές αλλά και κάποιες εφαρμογές ανοικτού λογισμικού, τόσο για τη διαχείριση των γραμματοσειρών αλλά και για τον σχεδιασμό τους.



**Εικόνα 8.7.** Η πρόσβαση σε διαφορετικές γραμματοσειρές από μενού των εμπορικών εφαρμογών επεξεργασίας κειμένου Microsoft Word (αριστερά) και σελιδοποίησης Adobe InDesign (δεξιά).

Η πρόσβαση σε γραμματοσειρές μέσω των εφαρμογών (**Εικόνα 8.7**) γίνεται συνήθως από αναδιπλούμενα μενού στα οποία εμφανίζονται με αλφαβητική σειρά οι γραμματοσειρές που είναι εγκαταστημένες στον υπολογιστή του χρήστη. Στην περίπτωση



αντικατάστασης γραμματοσειρών με άλλες οι οποίες δεν περιέχουν γλυφές για τη γλώσσα που χρησιμοποιείται, το σχετικό προς αντικατάσταση κείμενο δεν θα εμφανιστεί καθόλου ή θα εμφανιστεί με διαφορετικούς χαρακτήρες.

## 8.4 ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Μία σχετικά νέα εξέλιξη η οποία ακολούθησε την ανάπτυξη του διαδικτύου και του παγκόσμιου ιστού είναι η διαθεσιμότητα γραμματοσειρών στο διαδίκτυο με την κοινή ονομασία **web fonts**. Αρχικά ο μοναδικός έλεγχος εμφάνισης κειμένων σε ιστοσελίδες γινόταν μέσω των ρυθμίσεων της εκάστοτε εφαρμογής περιήγησης από την πλευρά του αναγνώστη. Αυτό άλλαξε το 1995 όταν άρχισε να χρησιμοποιείται η ετικέτα `<font>` στα έγγραφα HTML για να δηλώσει τις προτιμήσεις του σχεδιαστή της ιστοσελίδας για το ποιες γραμματοσειρές θα χρησιμοποιηθούν στην απεικόνιση του κειμένου. Συνήθως η δήλωση αφορούσε σε ένα πολύ περιορισμένο κατάλογο από οικογένειες γραμματοσειρών όπως Arial, Georgia, Times New Roman, Trebuchet, Verdana κ.ά. οι οποίες ήταν εγκαταστημένες στον υπολογιστή του αναγνώστη και ήταν γνωστές ως **web safe fonts**. Μέχρι το 2008 καμία εφαρμογή περιήγησης δεν επέτρεπε το κατέβασμα γραμματοσειρών από ένα απομακρυσμένο εξυπηρετητή στον υπολογιστή του αναγνώστη κατά κύριο λόγο για θέματα πνευματικών δικαιωμάτων των σχεδιαστών τους. Εξαιρεση αποτελούσε ο Internet Explorer, αλλά οι γραμματοσειρές που υποστήριζε (EOT - Embedded Open Type fonts) ήταν κλειστού τύπου και δεν μπορούσαν ούτως ή αλλιώς να αντιγραφούν.

Η αρχή έγινε το 2008 με την εφαρμογή Safari της Apple, η οποία επέτρεπε πλέον το κατέβασμα αρχείων κοινών γραμματοσειρών TrueType (.ttf) και OpenType (.otf) στον υπολογιστή του αναγνώστη. Σήμερα όλες οι γνωστές εφαρμογές περιήγησης υποστηρίζουν την πρόσβαση σε γραμματοσειρές μέσω του διαδικτύου. Αυτό σημαίνει ότι ο σχεδιαστής της ιστοσελίδας μπορεί να έχει τον έλεγχο της επιλογής συγκεκριμένων γραμματοσειρών για την απεικόνιση του κειμένου αρκεί να ανεβάσει στον εξυπηρετητή που φιλοξενεί τις σελίδες του τα αντίστοιχα ψηφιακά αρχεία των γραμματοσειρών και να παραπέμψει την εφαρμογή περιήγησης σε αυτά μέσω του κώδικα html.

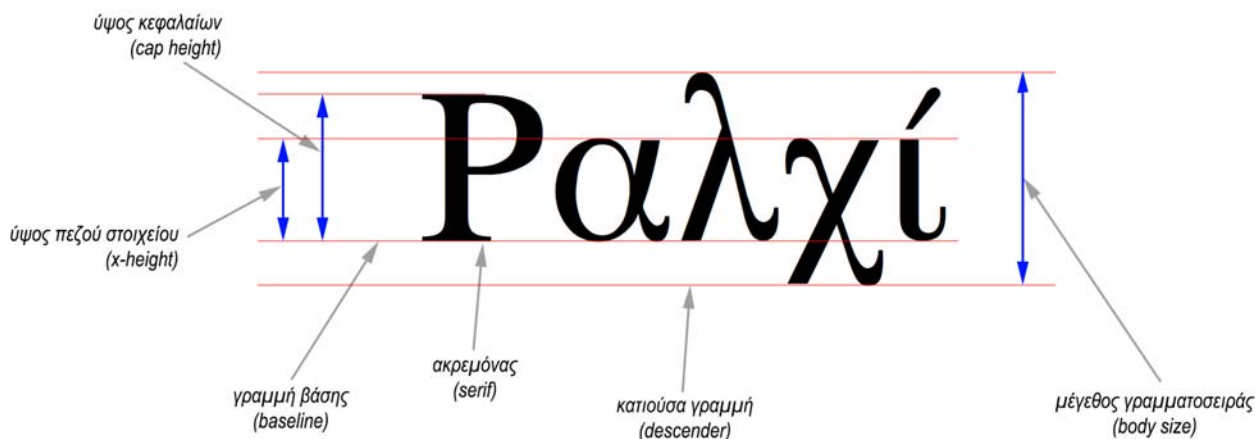
|                                   |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | Explorer                                                                            | Chrome                                                                              | Firefox                                                                             | Safari                                                                              | Opera                                                                               |
| TTF<br>(TrueType Format)          | 9.0                                                                                 | 4.0                                                                                 | 3.5                                                                                 | 3.1                                                                                 | 10.0                                                                                |
| OTF<br>(OpenType Format)          | 9.0                                                                                 | 4.0                                                                                 | 3.5                                                                                 | 3.1                                                                                 | 10.0                                                                                |
| WOFF<br>(Embedded Open Format)    | 9.0                                                                                 | 5.0                                                                                 | 3.6                                                                                 | 5.1                                                                                 | 11.0                                                                                |
| SVG<br>(Scalable Vector Graphics) | -                                                                                   | 4.0                                                                                 | -                                                                                   | 3.2                                                                                 | 9.0                                                                                 |
| EOT<br>(Embedded Open Format)     | 6.0                                                                                 | -                                                                                   | -                                                                                   | -                                                                                   | -                                                                                   |

**Πίνακας 8.4.** Υποστήριξη μορφώσεων γραμματοσειρών από εφαρμογές περιήγησης που υποστηρίζουν τον κανόνα `@font-face` για την χρήση *web fonts* (πηγή: <http://www.w3.org/>, πρόσβαση Σεπτέμβριος 1, 2015)

Η δυνατότητα πρόσβασης σε *web fonts* οδήγησε πολλές εταιρίες του κλάδου στη δημιουργία βάσεων γραμματοσειρών στο διαδίκτυο από όπου οι σχεδιαστές μπορούν πλέον να αντλούν γραμματοσειρές για τις ιστοσελίδες τους, είτε επί πληρωμή είτε δωρεάν. Πρακτικά, η πρόσβαση γίνεται με την «ανάγνωση» των ψηφιακών αρχείων γραμματοσειρών που είναι εγκατεστημένες στους εξυπηρετητές του παρόχου από την εφαρμογή περιήγησης του αναγνώστη μέσω του συντακτικού κανόνα `@font-face` της γλώσσας HTML, ο οποίος πλέον υποστηρίζεται από όλες τις εφαρμογές περιήγησης.

Μια δημοφιλής δωρεάν υπηρεσία *web fonts* είναι αυτή της πλατφόρμας Google ([Google Fonts](#)) στην οποία διατίθενται γραμματοσειρές ανοικτού κώδικα.

## 8.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΩΝ



Εικόνα 8.8. Ελληνικοί χαρακτήρες της γραμματοσειράς Times.

### 8.5.1 ΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Σημαντικό χαρακτηριστικό των γραμματοσειρών είναι ο οριζόντιος χώρος (πλάτος) που καταλαμβάνουν οι χαρακτήρες τους. Η βασική διάκριση είναι ανάμεσα σε γραμματοσειρές **σταθερού πλάτους** (**fixed-width fonts** ή **monospaced**) ή μονού βήματος και σε γραμματοσειρές **αναλογικού πλάτους** (**proportional width fonts**) ή απλά **αναλογικές**. Στις τύπου monospace, κάθε χαρακτήρας καταλαμβάνει στη γραμμή του κειμένου τον ίδιο ακριβώς οριζόντιο χώρο ανεξάρτητα από το σχήμα του. Στις γραμματοσειρές αναλογικού πλάτους ο κάθε χαρακτήρας παίρνει το πλάτος που αναλογεί στο σχήμα του.

proportional  
fonts are nice  
monospaced  
fonts are nice

Εικόνα 8.9. Διαστήματα σε κείμενο με γραμματοσειρά αναλογικού πλάτους (επάνω) και σταθερού πλάτους (κάτω).

Το κείμενο σε μια γραμματοσειρά τύπου monospace έχει την αίσθηση κειμένου γραφομηχανής. Πολύ συχνά χρησιμοποιείται για να προσδώσει μια διαφορετική αίσθηση στο κείμενο, περισσότερο απλοϊκή και αυστηρά κειμενική, όπως π.χ. για τη συγγραφή

κώδικα, URLs, ετικέτες HTML κ.ά. Η πιο γνωστή γραμματοσειρά σταθερού πλάτους είναι η Courier, που σχεδιάστηκε στη δεκαετία του '50, αρχικά για γραφομηχανές της IBM και αργότερα αποτέλεσε μια από τις *de facto* γραμματοσειρές PostScript (βλ. 8.6 *Μορφότυποι Ψηφιακών Γραμματοσειρών*). Οι τύπου *monospaced* ονομάζονται και γραμματοσειρές σταθερού βήματος.

| A  | B        | C                                                  | D |
|----|----------|----------------------------------------------------|---|
| 1  | ΕΛΟΤ     | Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης                   |   |
| 2  | ΤΕΙ      | Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα                    |   |
| 3  | ISO      | International Organization for Standardization     |   |
| 4  | Mac OS X | Macintosh Operating System X                       |   |
| 5  | ASCII    | American Standard Code for Information Interchange |   |
| 6  | IEC      | International Electrotechnical Commission          |   |
| 7  | UCS      | Universal Character Set                            |   |
| 8  | UTF      | Unicode Transformation Format                      |   |
| 9  | IANA     | Internet Assigned Numbers Authority                |   |
| 10 | ΗΠΑ      | Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής                        |   |
| 11 | DTP      | Desktop Publishing                                 |   |
| 12 | woff     | Web Open Font Format (WOFF)                        |   |
| 13 | EOT      |                                                    |   |
| 14 | SVG      | Scalable Vector Graphics                           |   |
| 15 | WOFF     | Web Open Font Format (WOFF)                        |   |

**Εικόνα 8.10.** Οι γραμματοσειρές *monospace* είναι ιδανικές για την παράθεση αλφαριθμητικών στοιχείων σε στήλες.

Η χρήση γραμματοσειρών αναλογικού πλάτους δημιουργεί μια αρμονική ροή στο κείμενο η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις διευκολύνει την ανάγνωση μεγάλων κειμένων. Το κείμενο με χαρακτήρες αναλογικού πλάτους έχει την οικεία εμφάνιση τυπωμένου κειμένου που συναντάμε σε βιβλία, εφημερίδες κ.ά. όπου η συνεκτικότητα των γραμμάτων βοηθά στον διαχωρισμό των λέξεων.

Εις σε προστρέχω Τέχνη της Ποιήσεως,  
που κάπως ξέρεις από φάρμακα

Droid Sans Mono Pro WGL Regular

**Εικόνα 8.11.** Κείμενο σε γραμματοσειρά *Droid Sans Mono Pro™* η οποία σχεδιάστηκε για χρήση σε κινητά τηλέφωνα και για το λειτουργικό σύστημα *Android™*.

### 8.5.2 SERIF KAI SANS SERIF

Μια βασική διάκριση είναι αυτή ανάμεσα στις γραμματοσειρές με ανισόπαχα και ισόπαχα γράμματα, τα **serif** και τα **sans serif** αντίστοιχα. Τα *serifs* είναι οι ακρεμόνες (ή αλλιώς πατούρες ή ακρότυπα), οι μικρές δηλαδή διακοσμητικές απολήξεις που προστίθενται στο τέλος του σχήματος ενός γράμματος (**Εικόνα 8.12**). Τα *serifs* προέρχονται από την κεφαλαιογράμματα ρωμαϊκή γραφή και γι αυτό οι γραμματοσειρές αυτού του τύπου αναφέρονται και σαν *Roman*.<sup>59</sup> Συνήθως χρησιμοποιούνται για μεγάλα κείμενα ροής, όπως π.χ. λογοτεχνικά κείμενα κ.ά.

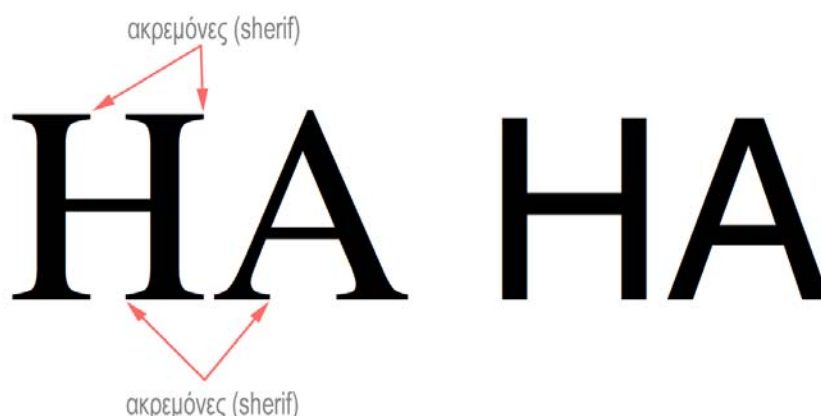
Στους χαρακτήρες των γραμματοσειρών *sans serif*, όπως ακριβώς αναφέρει και η ονομασία τους (χωρίς *serif*), δεν υπάρχουν διακοσμητικές απολήξεις και η εμφάνισή τους

<sup>59</sup> Γενικά, ο όρος *Roman* χρησιμοποιείται αυθαίρετα. Συνήθως περιγράφει όρθιους ανισοπαχείς χαρακτήρες με ακρεμόνες (*serif*) διαχωρίζοντάς τους από τους επικλινείς, όπως τους *Italic*. Χρησιμοποιείται και για να περιγραφεί η βασική (κύρια) γραμματοσειρά μιας οικογένειας γραμματοσειρών.

είναι λιτή σε σχέση με τους serif. Μια από τις πιο γνωστές γραμματοσειρές sans serif είναι η Helvetica, και ανήκει στις de facto γραμματοσειρές PostScript. Άλλες δημοφιλείς γραμματοσειρές sans serif είναι η Univers, η Arial και η Gill Sans.

Οι χαρακτήρες των γραμματοσειρών san serif είναι ιδανικοί για απεικόνιση σε μικρές αναλύσεις, όπως σε οθόνες κινητών τηλεφώνων, υπολογιστών ή άλλων φορητών συσκευών, γι αυτό και συνήθως προτιμούνται στον σχεδιασμό του γραφικού περιβάλλοντος λειτουργικών συστημάτων και εφαρμογών λογισμικού.

Το χαρακτηριστικό serif και sans serif μπορεί να εμφανίζεται σαν σχεδιαστική επιλογή είτε σε γραμματοσειρές σταθερού βήματος είτε σε αναλογικές.



**Εικόνα 8.12.** Οι ίδιοι χαρακτήρες σε γραμματοσειρές serif (αριστερά) και sans serif (δεξιά).

### 8.5.3 ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

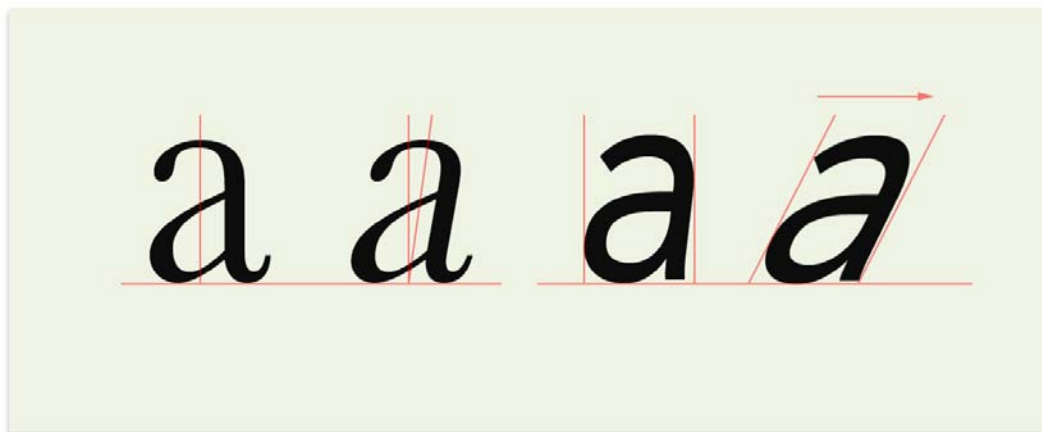
Ένας γενικός σχεδιαστικός διαχωρισμός αφορά την κλίση του κεντρικού άξονα των στοιχείων μιας γραμματοσειράς. Υπάρχουν δύο κατηγορίες, οι όρθιες και οι επικλινείς ή πλάγιες γραμματοσειρές. Στις όρθιες ο κύριος κορμός των στοιχείων είναι κατακόρυφος, ενώ στις πλάγιες έχει μια κλίση προς τα δεξιά. Οι όρθιες συνήθως ονομάζονται Roman ή **Regular** και οι πλάγιες **Italics** (Ιταλικές).

Οι Ιταλικές γραμματοσειρές πρωτοεμφανίστηκαν στην Ιταλία (εξου και το όνομά τους) και ήταν μια σχεδιαστική καινοτομία του Ιταλού τυπογράφου και εκδότη Aldo Manouzio (1449-1515) με στόχο την αντικατάσταση ενός συγκεκριμένου τύπου χειρογράφων που συντάσσονταν με το πλάγιο γραφικό ιδίωμα των γραφών της εποχής και αφορούσαν συνήθως σε εμπορικές συναλλαγές (13ος αιώνας).

Πατρίδα είναι τα παιδικά μας όνειρα  
*Πατρίδα είναι τα παιδικά μας όνειρα*

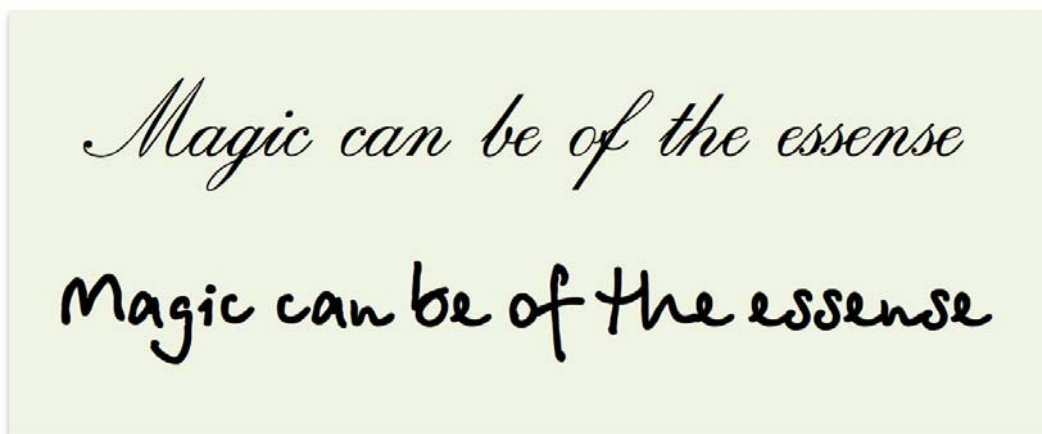
**Εικόνα 8.13.** Δείγμα όρθιων χαρακτήρων (regular) και Italics της ίδιας οικογένειας ( Adobe Caslon Pro).

Οι χαρακτήρες τους είναι σχεδιασμένοι γύρω από ένα επικλινή άξονα με γωνία συνήθως από 7 έως και 20 μοίρες. Παρά το ότι έχουν υιοθετηθεί ως παραλλαγή κάθε όρθιας γραμματοσειράς, ο σχεδιασμός τους είναι πρωτότυπος. Δανείζεται τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά των αντίστοιχων χαρακτήρων Roman για να δημιουργήσει την αίσθηση της χειρόγραφης εκδοχής τους. Εκτός από ολόκληρα κείμενα συνεχούς ροής, μια παραδοσιακή χρήση των Ιταλικών γραμματοσειρών είναι για να δώσουν έμφαση σε μεμονωμένες λέξεις μέσα στη ροή ενός κειμένου με όρθιους χαρακτήρες.



**Εικόνα 8.14.** Όρθιος και πλάγιος (Italic) σχεδιασμός χαρακτήρα (αριστερά) και δημιουργία πλάγιου oblique χαρακτήρα με χρήση γεωμετρικού μετασχηματισμού (δεξιά).

Ένας άλλος τύπος πλάγιων γραμματοσειρών είναι οι oblique, οι οποίες δεν είναι πρωτότυπα σχεδιασμένες, αλλά κυρτωμένες εκδοχές όρθιων γραμμάτων (**Εικόνα 8.14**). Επειδή η κύρτωση είναι απλά ένας γεωμετρικός μετασχηματισμός, το τελικό οπτικό αποτέλεσμα δεν έχει τη σχεδιαστική ποιότητα του πρωτότυπου σχεδιασμού μιας πλάγιας γραμματοσειράς.



**Εικόνα 8.15.** Χαρακτήρες πλάγιας καλλιτεχνικής γραμματοσειράς (επάνω) και χαρακτήρες «χειρογραφής» γραμματοσειράς (κάτω).

Οι γραμματοσειρές condensed (**Εικόνα 8.16**) έχουν μικρότερο πλάτος σε σχέση με τις αντίστοιχες Roman (Regular) και δίνουν την αίσθηση ότι έχουν συμπιεστεί κατά πλάτος. Συνήθως εμφανίζονται σαν παραλλαγές μιας οικογένειας γραμματοσειρών. Η σχεδίασή τους εξυπηρετεί εφαρμογές όπως πίνακες στατιστικών στοιχείων, στενές στήλες περιοδικών ή εφημερίδων, καταλόγους κ.ά.





τάδε έφη Ζαρατούστρα  
τάδε έφη Ζαρατούστρα

**Εικόνα 8.16.** Δείγματα χαρακτήρων από γραμματοσειρές *Minion Pro condensed* και *Myriad Pro condensed*.

Μία άλλη σχεδιαστική παραλλαγή που αφορά το πλάτος των χαρακτήρων είναι οι γραμματοσειρές *Extended*, *Expanded* ή *Wide*, όπου οι χαρακτήρες εμφανίζονται εκτεταμένοι κατά πλάτος και είναι ιδανικοί για τίτλους, πινακίδες, αφίσες κ.ά.

#### 8.5.4 ΤΟ ΒΑΡΟΣ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Η έννοια του βάρους ενός χαρακτήρα αναφέρεται στο πάχος των γραμμών που τον σχηματίζουν. Όσο πιο παχιές είναι οι γραμμές τόσο πιο βαρύς και συμπαγής φαίνεται σε σχέση με τους υπόλοιπους. Οι γραμματοσειρές με μεγαλύτερο βάρος από τις κανονικές ονομάζονται **Bold** ενώ αυτές με μικρότερο, ονομάζονται **Light** ή **Thin**. Οι γραμματοσειρές bold συνήθως αποτελούν παραλλαγή κάθε οικογένειας γραμματοσειρών. Το βάρος είναι πάντα ένα σχετικό μέγεθος, καθώς προκύπτει από τη σύγκριση με την κανονική (Roman ή Regular) εκδοχή της γραμματοσειράς. Παραλλαγές σταδιακά πιο έντονες από την εκδοχή bold εμφανίζονται με τα ονόματα **Semibold**, **Heavy**, **Black**, **Extrabold** και **Ultra**. Γενικά, οι γραμματοσειρές bold προτιμούνται για την προβολή κειμένου σε οθόνες παρά για εκτυπώσεις όπου και παραδοσιακά θεωρούνται υπερβολικές.



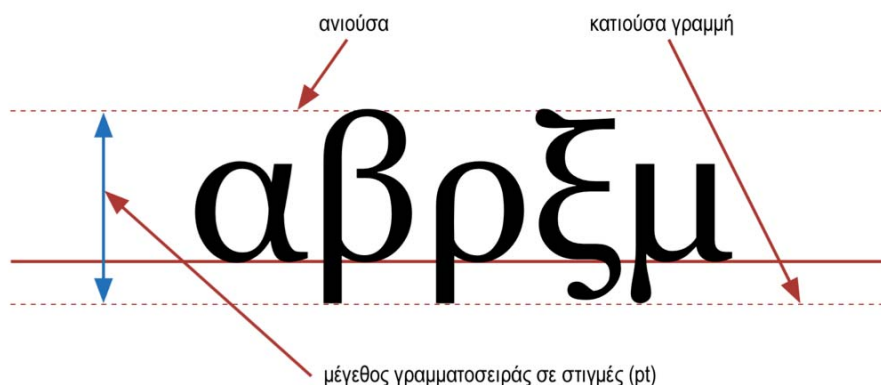
sign  
sign

**Εικόνα 8.17.** Τα ίδια γράμματα στην οθόνη του υπολογιστή (κάτω) και εκτυπωμένα με μελάνι σε κοινό χαρτί (επάνω). Ο λόγος που η έντυπη εκδοχή έχει χάσει το καθαρό της περίγραμμα είναι η διάχυση του μελανιού στις ίνες του χαρτιού. Στην πράξη αυτό δεν είναι εμφανές, μια και η απόσταση του αναγνώστη από το κείμενο δεν επιτρέπει αυτή την διαπίστωση. Ο βαθμός διάχυσης εξαρτάται κυρίως από την δομή της επιφάνειας του χαρτιού.

### 8.5.5 ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Το μέγεθος μιας γραμματοσειράς εκφράζεται σε μονάδες μήκους που ονομάζονται στιγμές (points), όπως για παράδειγμα «Times New Roman 12 pt.». Το μέγεθος αναφέρεται στο ύψος του σώματος των χαρακτήρων και είναι η απόσταση από την ανιούσα μέχρι την κατιούσα γραμμή της γραμματοσειράς.

Επειδή το σχέδιο κάθε χαρακτήρα δεν φτάνει απαραίτητα μέχρι τις δύο αυτές γραμμές, το πραγματικό ύψος τους σε στιγμές, δεν ταυτίζεται με το ονομαστικό μέγεθος της γραμματοσειράς. Το ύψος των χαρακτήρων σε ένα συγκεκριμένο μέγεθος γραμματοσειράς εξαρτάται από τον σχεδιασμό του. Αν δηλαδή χρησιμοποιήσουμε χαρακτήρες ίδιου ονομαστικού μεγέθους από διαφορετικές γραμματοσειρές στο ίδιο κείμενο, π.χ. Helvetica και Times, η συνύπαρξή τους δεν θα είναι αρμονική, καθώς οι αναλογίες του σώματος των γραμμάτων θα είναι διαφορετικές. Το διαφορετικό ύψος των χαρακτήρων της ίδιας γραμματοσειράς επηρεάζει και τη διαστήχωση των σειρών ενός κειμένου όπως θα δούμε παρακάτω (8.4 - ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΠΟ ΕΝΑ ΓΡΑΜΜΑΤΑ).



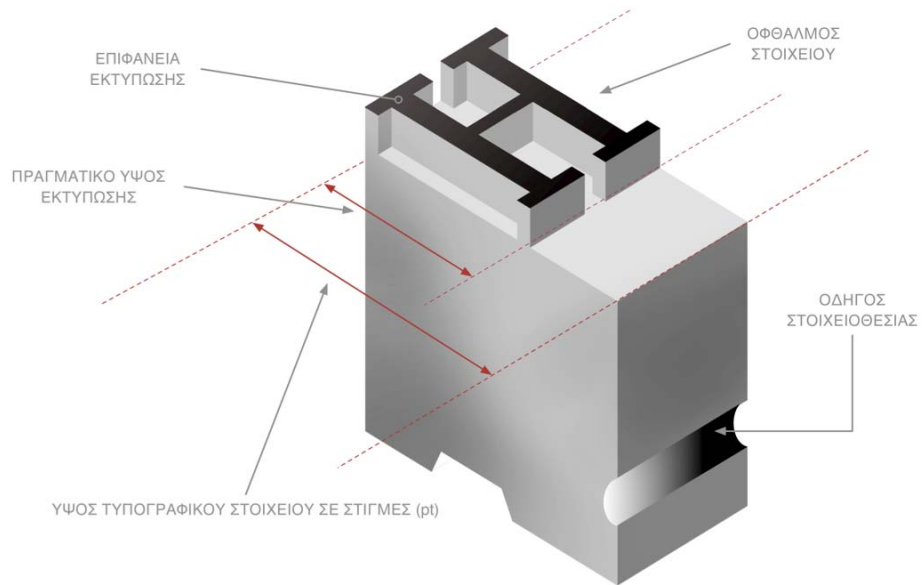
**Εικόνα 8.18.** Ανιούσα και Κατιούσα γραμμή γραμματοσειράς.

Στην τυπογραφία για τη μέτρηση διαστημάτων χρησιμοποιούνται δύο απόλυτες μονάδες, η στιγμή (**point**, **pt**) και η πίκια (**pica**) και μια σχετική, το **em**. Μια εξίσου σημαντική σχετική μέτρηση είναι και το ύψος-*x* (**x-height**).

Η μικρότερη σταθερή μονάδα μέτρησης είναι η στιγμή (point, pt). Η πίκια είναι πολλαπλάσιο της στιγμής και ισούται με 12 στιγμές (1 point = 1/12 pica). Η στιγμή χρησιμοποιείται για τη μέτρηση ύψους (μήκος χαρακτήρων) και του χώρου ανάμεσα σε γραμμές και παραγράφους. Στην παραδοσιακή τυπογραφία η πίκια χρησιμοποιείται για μετρήσεις μεγαλύτερου πλάτους που αφορούν στη θέση των χαρακτήρων, όπως το μήκος μιας αράδας στοιχείων, την απόσταση των στηλών κ.ά. (**Εικόνα 8.20**). Η πίκια είναι πιο βολικό μέτρο από τις ίντσες, καθώς πολύ μικροί χώροι μπορούν να μετρηθούν σε ακέραιες μονάδες και όχι σε κλασματικές.

- 1 point = 0,35 mm ή 1/72 inches
- 1 pica = 12 points (1/6 inch ή 4,2333 mm)
- 1 inch = 6 picas ή 72 points

Τα συστήματα μέτρησης με μονάδα τη στιγμή είναι περισσότερα από ένα (Πίνακας 8.5). Το de facto σύστημα στιγμών στον χώρο της ψηφιακής τυπογραφίας σήμερα είναι το σύστημα PS (Postscript), το οποίο και νοείται σε κάθε αναφορά της μονάδας point.



**Εικόνα 8.19.** Η ανατομία του κινητού μεταλλικού τυπογραφικού στοιχείου. Το ύψος του σώματος του στοιχείου μετρείται σε στιγμές (pt) και χαρακτηρίζει το μέγεθος της γραμματοσειράς. Το εκτυπώσιμο σύμβολο σχηματίζεται ανάγλυφα στην κορυφή του στοιχείου και το ύψος του δεν ταυτίζεται με το μέγεθος της γραμματοσειράς.



**Εικόνα 8.20.** Παραδοσιακή τυπογραφική στοιχειοθέσια με το χέρι. Κάσα με μεταλλικά τυπογραφικά στοιχεία και συνθετήριο όπου ο στοιχειοθέτης σχηματίζει αράδες με ανεστραμμένα γράμματα.<sup>60</sup>

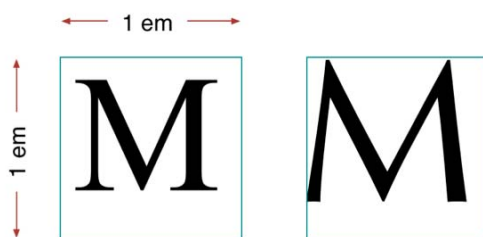
<sup>60</sup> Πηγή: Wikipedia. Δημιουργός: Willi Heidelbach, το παρόν έργο χρησιμοποιείται σύμφωνα με την άδεια Αναφορά Δημιουργού - Παρόμοια Διανομή 3.0 Ελλάδα ([CC BY-SA 3.0 GR](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/gr/))

| Συστήματα Στιγμών (points) |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Μονάδα point               | Περιγραφή                                                                                                                                                                                                                                            |
| ATA                        | 0,3514598 mm (0,0138366 inch). Η Αγγλοσαξονική μέθοδος τυπογραφικών μετρήσεων.                                                                                                                                                                       |
| Didot                      | 0,3759 mm (περίπου 1/68 inch). Η στιγμή Didot είναι παραλλαγή που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη. Το όνομα είναι προς τιμή του Γάλλου τυπογράφου François Ambroise Didot (1730–1804), ο οποίος και ανέπτυξε το τυπογραφικό σύστημα μέτρησης σε στιγμές. |
| PS (PostScript)            | 0.3527777778 mm (1/72 inch). Η στιγμή PostScript ή DTP (Desktop Publishing) προήλθε από τη γλώσσα «περιγραφής σελίδων» Postscript.                                                                                                                   |
| TeX point                  | 0,3514598035 mm (1/72.27 inch)<br>Το TeX είναι μια εφαρμογή στοιχειοθέτησης κειμένου που έγραψε ο Donald Knuth, η οποία είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στον ακαδημαϊκό χώρο των θετικών επιστημών.                                                        |

**Πίνακας 8.5** Συστήματα στιγμών για τυπογραφικές μετρήσεις.

Το **em** (πρόκειται για τον φθόγγο [em] του λατινικού «m») είναι μια σχετική μονάδα μέτρησης, η οποία χρησιμοποιείται στη στοιχειοθεσία για τη ρύθμιση διαστημάτων ανάμεσα σε χαρακτήρες και ισούται με το ονομαστικό μέγεθος σε στιγμές της εκάστοτε γραμματοσειράς. Δηλαδή το ένα em ενός χαρακτήρα δώδεκα στιγμών (12-pt) είναι 12, ενώ για ένα χαρακτήρα 9 στιγμών (9-pt) είναι 9.

Αρχικά το em ήταν η μέτρηση που αντιστοιχούσε στο πλάτος του κεφαλαίου M σε μια συγκεκριμένη γραμματοσειρά συγκεκριμένου μεγέθους. Η επιλογή του M έγινε γιατί ήταν το γράμμα που καταλάμβανε όλο το διαθέσιμο πλάτος της όψης εκτύπωσης του μεταλλικού τυπογραφικού στοιχείου (**Εικόνα 8.19**) και αντιπροσώπευε το καλούπι μέσα στο οποίο χωρούσε κάθε γράμμα της γραμματοσειράς. Στα μεταλλικά τυπογραφικά στοιχεία οι φυσικές διαστάσεις του εκτυπώσιμου χαρακτήρα κανονικά δεν μπορούσαν να είναι μεγαλύτερες από το καλούπι (em) της γραμματοσειράς.

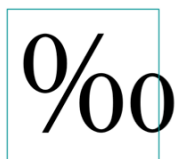


**Εικόνα 8.21.** Ο (τετράγωνος) χώρος em.

Στην ψηφιακή τυπογραφία τα γράμματα σχεδιάζονται πάνω σε έναν φανταστικό χώρο, ένα ορθογώνιο πλέγμα αυθαίρετης ανάλυσης που λέγεται τετράγωνο em (em square). Όταν δηλώνεται το μέγεθος της γραμματοσειράς σε στιγμές, ο χαρακτήρας κλιμακώνεται ανάλογα, έτσι ώστε ο χώρος em να αποκτήσει πλάτος ίσο με το συγκεκριμένο μήκος σε στιγμές. Μπορούμε να πούμε ότι ο χώρος em είναι το ψηφιακό καλούπι του χαρακτήρα το οποίο και μεταβάλλεται ανάλογα με το μέγεθος γραμματοσειράς που θέλουμε. Στην παραδοσιακή τυπογραφία το μέγεθος του χαρακτήρα είναι αλληλένδετο με το σταθερό ύψος του μεταλλικού τυπογραφικού στοιχείου· για διαφορετικά μεγέθη χρειαζόμαστε πρόσθετα τυπογραφικά στοιχεία διαφορετικού ύψους.

Οι ίδιοι χαρακτήρες από διαφορετικές γραμματοσειρές του ίδιου μεγέθους αποδίδονται με διαφορετικές διαστάσεις μέσα στον χώρο em. Αν και συνήθως το σχέδιο του

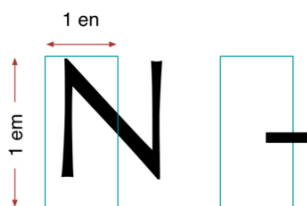
χαρακτήρα σπάνια γεμίζει τον χώρο em, υπάρχουν ειδικοί χαρακτήρες ή σύμβολα, μέρος των οποίων βρίσκεται εκτός του χώρου em.



**Εικόνα 8.22.** Κάποια σύμβολα, όπως το «επί τοις χιλίοις» μπορεί να ξεπερνούν τον χώρο em κάτι που ίσως δημιουργεί προβλήματα στην στοίχιση των γραμμμάτων.

Το **en** (πρόκειται για τον φθόγγο [en] του λατινικού γράμματος n) είναι μια σχετική μονάδα μέτρησης και ισούται με μισό em· για ένα χαρακτήρα των 72 στιγμών το en είναι 36-pt.

Οι μονάδες em και en χρησιμοποιούνται και για να δώσουν μέτρο στις παύλες. Η παύλα με μήκος ένα en ( - ) χρησιμοποιείται για να απομονωθεί κάποιο μέρος του κειμένου ή όταν αλλάζει ο συνομιλητής σε ένα διάλογο, αλλά και σαν ενωτικό για να αντικατασταθεί το νοήμα «από έως» (1-75, 1821-2015). Το ενωτικό σημείο στίξης που χρησιμοποιείται για την κατάτμηση λέξεων στον συλλαβισμό έχει μήκος 1/3 en.

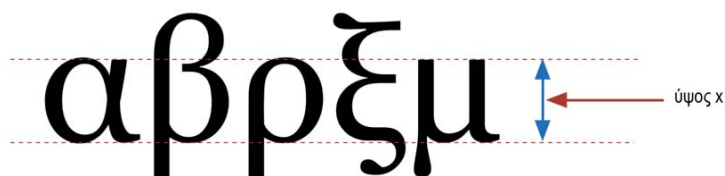


**Εικόνα 8.23.** Το en ισούται με μισό του μεγέθους μιας γραμματοσειράς σε στιγμές.

### 8.5.6 Το Ύψος x

Το ύψος x (x-height) είναι το ύψος του σώματος του πεζού λατινικού χαρακτήρα «x». Το ύψος του χαρακτήρα «x» είναι συνήθως αρκετό για να καλύψει το ύψος των πεζών χαρακτήρων μιας γραμματοσειράς, αν και κάποια από αυτά μπορεί να έχουν σχεδιαστικές προεκτάσεις, ανιούσες ή κατιούσες, που ξεπερνούν αυτό το ύψος. Το ύψος x είναι ένα σχετικό μέγεθος, καθώς εξαρτάται από το μέγεθος της γραμματοσειράς και μπορεί να είναι διαφορετικό για κάθε μια.

Η σχέση ανάμεσα στο ύψος x και στο μέγεθος του σώματος της γραμματοσειράς (μέγεθος) είναι και αυτή που καθορίζει τα βασικά οπτικά χαρακτηριστικά των χαρακτήρων.



**Εικόνα 8.24.** Το ύψος x.



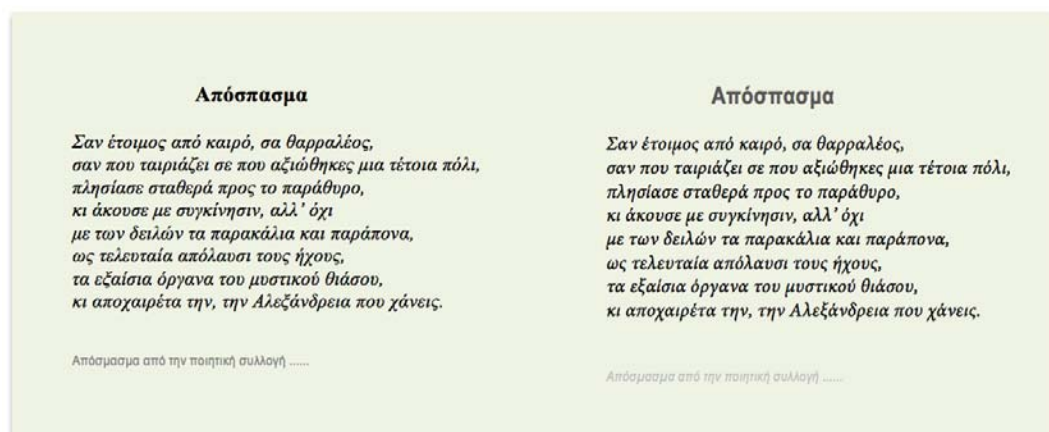
## 8.6 ΟΙ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ

Οι γραμματοσειρές που αποτελούν σχεδιαστικές παραλλαγές μιας «κύριας» γραμματοσειράς λέμε ότι ανήκουν στην ίδια **οικογένεια**. Στην παραδοσιακή τυπογραφία κάθε τυπογραφικό στοιχείο διαφορετικού μεγέθους αντιστοιχούσε σε μια διαφορετική γραμματοσειρά. Στην εποχή της ψηφιακής στοιχειοθεσίας έχει υιοθετηθεί η έννοια της μοναδικής γραμματοσειράς (digital font), η οποία μπορεί να απεικονιστεί σε διαφορετικά μεγέθη.

Πατρίδα είναι τα παιδικά μας όνειρα  
Πατρίδα είναι τα παιδικά μας όνειρα

**Εικόνα 8.25.** Χρησιμοποιώντας χαρακτήρες από διαφορετικές οικογένειες γραμματοσειρών (κάτω) στο ίδιο κείμενο.

Σε μια οικογένεια γραμματοσειρών κυρίαρχη (κανονική) θεωρείται η όρθια serif (Roman), η οποία συμπληρώνεται από άλλες σχεδιαστικές επιλογές όπως bold, light, bold italics, italics, condensed κ.ά. Το πόσο μεγάλη είναι μια οικογένεια εξαρτάται από τον σχεδιαστή της. Υπάρχουν οικογένειες που έχουν μέχρι και 20 διαφορετικές γραμματοσειρές. Η χρήση γραμματοσειρών της ίδιας οικογένειας εξασφαλίζει μια οπτική ομοιομορφία στο κείμενο ή σε συνδυασμό κειμένων, τίτλων κ.λπ. Αντιθέτως, η χρήση γραμματοσειρών από διαφορετικές οικογένειες είναι συνήθως περισσότερο από εμφανής χωρίς βέβαια αυτό να αποκλείει ένα πιθανό συνδυασμό τους. Μια καλή πρακτική είναι ο συνδυασμός των γραμματοσειρών να γίνεται από την ίδια οικογένεια ή από οικογένειες που έχουν εντελώς διαφορετικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά (**Εικόνα 8.26**).



**Εικόνα 8.26.** Συνδυασμός γραμματοσειρών από διαφορετικές οικογένειες στο ίδιο κείμενο.

## 8.7 Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΩΝ

Για όσους χρησιμοποιούν γραμματοσειρές, η ταξινόμησή τους αποτελεί εργαλείο οργάνωσης, αναζήτησης, σύγκρισης και γενικότερα διαχείρισης. Κατηγοριοποιήσεις γραμματοσειρών υπάρχουν πολλές με διαφορετικά κριτήρια και στόχους. Σε ότι αφορά το σχεδιασμό τους αυτές συνήθως γίνονται με ένα συνδυασμό τυπογραφικών χαρακτηριστικών και ιστορικών στοιχείων (χρονικές περιόδους, ονόματα τυπογράφων κ.ά.). Καθολικά αποδεκτές κατηγοριοποιήσεις αυτού του είδους δεν υπάρχουν αν και έχουν γίνει προσπάθειες τυποποίησης, όπως αυτή του Γάλλου τυπογράφου François Thibaudeau (1860-1925) και του Samuel Monod γνωστού ως Maximilien Vox (1894-1972).

Η μέθοδος Thibaudeau βασίστηκε στο σχήμα των ακρεμόνων των γραμμάτων και πρότεινε τέσσερις βασικές οικογένειες με τις ονομασίες *Roman Elzevir*, *Roman Didots*, *Egyptians* και *Antiques*, στις οποίες αργότερα προστέθηκαν η κατηγορία *Ecriture* (scripts) και *Fantasy*. Η ταξινόμηση του Vox βασίστηκε σε μορφολογικές διαφορές των χαρακτήρων και είχε αρχικά εννέα κατηγορίες. Το 1962 υιοθετήθηκε σαν πρότυπο από τον οργανισμό Association Typographique International ως «ATypI Classification 1962» με συνολικά έντεκα κατηγορίες: *Venetian*, *Old-Face*, *Transitional*, *Modern*, *Egyptian Slab*, *Sans serifs*, *Incised Latin*, *Scripts*, *Hand drawn display type*, *Fraktura Black letter* και *Non-Latin* (Vox-ATypI classification 2015). Το σύστημα Vox είχε υιοθετηθεί και από τον βρετανικό οργανισμό τυποποίησης ως «BS 2961:1967 Typeface Nomenclature and Classification» (Πίνακας 8.7).

| Κλάσεις για την Ταξινόμηση Γραμματοσειρών |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Όνομα                                     | Περιγραφή                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Serif                                     | Γραμματοσειρές με ακρεμόνες. Υποκατηγορίες: Old Style, Transitional, Modern, Slab Serif. Ενδεικτικές: Garamond, Baskerville, Bodoni, Rockwell.                                                                                                                                                           |
| Slab Serif                                | Παχιές μαύρες γραμματοσειρές, με έντονους τετράγωνους ακρεμόνες. Ενδεικτικές: Clarendon, Century.                                                                                                                                                                                                        |
| Old Style                                 | Ενδεικτικές: Garamond, Caslon, Goudy Old Style.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| San Serif                                 | Γραμματοσειρές χωρίς ακρεμόνες. Υποκατηγορίες: Humanist, Transitional, Geometric. Ενδεικτικές: Futura, Helvetica, Gill Sans.                                                                                                                                                                             |
| Modern ή Didone                           | Σχεδιάστηκαν στο δεύτερο μισό του 18ου αιώνα, έχουν λεπτές ίσιες απολήξεις και κατακόρυφο άξονα. Ενδεικτικές: Bodoni, Didot.                                                                                                                                                                             |
| Serif Transitional                        | Αναπτύχθηκαν τον 18ο αιώνα, συνήθως έχουν καλλιγραφικό ύφος, μεγάλη αντίθεση, μικρές απολήξεις και ελαφρά επικλινή άξονα. Ενδεικτικές: Baskerville, Bookman, Cheltenham.                                                                                                                                 |
| Historical                                | Γραμματοσειρές που βασίζονται στην ομοιότητα των τυπογραφικών τους στοιχείων με παλιά χειρόγραφα κείμενα ή επιγραφές.                                                                                                                                                                                    |
| Venetian ή Humanist                       | Αναπτύχθηκαν στη Βενετία το δεύτερο μισό του 15ου αιώνα. Βασίζονται σε ρωμαϊκά επιγραφικά πρότυπα, έχουν χονδρές πατούρες που ξεκινούν ψηλά από το στέλεχος και οι καμπύλες έχουν επικλινή άξονα προς τα αριστερά. Οι ακρεμόνες στα πεζά γράμματα είναι επικλινείς. Ενδεικτικές: Jenson, Centaur, Bembo. |
| Script                                    | Γραμματοσειρές που μιμούνται εκδοχές και παραλλαγές του ανθρώπινου γραφικού χαρακτήρα. Ενδεικτικές: Legend, Mistral.                                                                                                                                                                                     |
| Decorative                                | Γραμματοσειρές που δίνουν έμφαση σε διακοσμητικό σχεδιασμό και περιέχουν γράμματα που θα μπορούσαν να θεωρηθούν εικόνες ή οπτικά σύμβολα.                                                                                                                                                                |
| Dingbats                                  | Μη-αλφαβητικές γραμματοσειρές που περιέχουν αποκλειστικά σύμβολα.                                                                                                                                                                                                                                        |

**Πίνακας 8.6.** Ταξινόμηση Γραμματοσειρών.

| Ταξινόμηση Γραμματοσειρών κατά British Standard 2961:1967 * |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                    |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Κλάση                                                       | Περιγραφή                                                                                                                                                                                                                                                           | Ενδεικτικές Γραμματοσειρές                         |
| Humanist                                                    | Αναπτύχθηκαν στη Βενετία το δεύτερο μισό του 15ου αιώνα. Βασίζονται σε ρωμαϊκά επιγραφικά πρότυπα, έχουν χονδρές πατούρες που ξεκινούν ψηλά από το στέλεχος και οι καμπύλες έχουν επικλινή άξονα προς τα αριστερά. Οι ακρεμόνες στα πεζά γράμματα είναι επικλινείς. | Verona, Centaur, Kennerley                         |
| Garalde                                                     | Πρόκειται για τις κατηγορίες «Old Face» και «Old Style».                                                                                                                                                                                                            | Bembo, Garamond, Caslon                            |
| Transitional                                                | Περιέχουν χαρακτηριστικά από τις κατηγορίες Garalde και Didone.                                                                                                                                                                                                     | Fournier, Baskerville, Bell, Caledonia, Columbia   |
| Didone                                                      | Αναπτύχθηκαν από τους Didot και Bodoni. Πρόκειται για την κατηγορία «Modern».                                                                                                                                                                                       | Bodoni, Corvinus, Modern Extended                  |
| Slab-serif                                                  | Παχιές μαύρες γραμματοσειρές, με έντονους τετράγωνους ακρεμόνες.                                                                                                                                                                                                    | Rockwell, Clarendon, Playbill                      |
| Lineale: Grotesque                                          | Ο όρος Lineale (γραμμικά διαδοχικός) χρησιμοποιείται αντί του Γαλλικού sans serif. Ο όρος Grotesque αναφέρεται σε γραμματοσειρές sans serif του 19ου αιώνα.                                                                                                         | SB Grotesque No. 6, Condensed Sans No. 7, Headline |
| Lineale: Neo-grotesque                                      | Γραμματοσειρές sans serif με σχετικά απλό σχέδιο. Δεν έχουν μεγάλη αντίθεση. Τα τελειώματα των καμπύλων είναι συνήθως επικλινή.                                                                                                                                     | Edel/Wotan, Univers, Helvetica                     |
| Lineale: Geometric                                          | Γραμματοσειρές sans serif από απλά γεωμετρικά σχήματα.                                                                                                                                                                                                              | Futura, Erbar, Eurostyle                           |
| Lineale: Humanist                                           | Γραμματοσειρές sans serif βασισμένες στις αναλογίες των εγχάρκτων ρωμαϊκών κεφαλαίων και των πεζών από τις κατηγορίες Humanist ή Garalde.                                                                                                                           | Optima, Gill Sans, Pascal                          |
| Glyphic                                                     | Γραμματοσειρές που δίνουν την αίσθηση ότι έχουν σμιλευτεί και όχι σχεδιαστεί.                                                                                                                                                                                       | Latin, Albertus, Augustea                          |
| Script                                                      | Γραμματοσειρές που μιμούνται εκδοχές και παραλλαγές του ανθρώπινου γραφικού χαρακτήρα.                                                                                                                                                                              | Palace Script, Legend, Mistral                     |
| Graphic                                                     | Γραμματοσειρές που δίνουν την αίσθηση ότι έχουν σχεδιαστεί και όχι γραφτεί στο το χέρι.                                                                                                                                                                             | Libra, Cartoon, Old English                        |

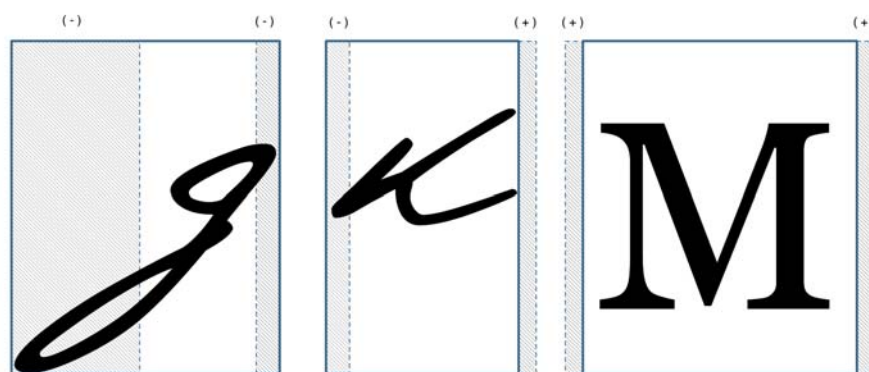
(\*) Το πρότυπο BS6921 αποσύρθηκε το 1986

**Πίνακας 8.7.** Πίνακας κατηγοριοποίησης γραμματοσειρών όπως εμφανίστηκαν στο πρότυπο British Standard 2961:1967.

## 8.8 ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΠΟ ΕΝΑ ΓΡΑΜΜΑΤΑ

Για να λειτουργήσει ένα κείμενο σαν τέτοιο θα πρέπει να είναι ευδιάκριτο και ευανάγνωστο. Ευδιάκριτο είναι όταν ο αναγνώστης μπορεί να ξεχωρίσει τα γράμματα του κειμένου· ευανάγνωστο σημαίνει ότι ο αναγνώστης μπορεί να αναγνωρίσει τις λέξεις, τις προτάσεις και τις παραγράφους. Παράγοντες που επηρεάζουν την αναγνωσιμότητα του κειμένου, εκτός από τους χαρακτήρες και το μέγεθός τους, είναι η διαγραμμάτωση, η αραίωση/πύκνωση γραμμάτων και λέξεων, το μήκος των στίχων, το διάστιχο και η στοίχιση.

Στην παραδοσιακή τυπογραφία η απόσταση των γραμμάτων μεταξύ τους εξασφαλίζεται καταρχήν από τον κατά τι μικρότερο χώρο που καταλαμβάνει ο οφθαλμός πάνω στο σώμα του τυπογραφικού στοιχείου και από το πλάτος του στοιχείου. Η επιφάνεια εκτύπωσης (η αντίστοιχη γλυφή στις ψηφιακές γραμματοσειρές) δεν προεξέχει από το σώμα (καλούπι) του μεταλλικού στοιχείου (**Εικόνα 8.19**).



**Εικόνα 8.27.** Τα αρνητικά και θετικά περιθώρια (τιμές LSB και RSB) τριών διαφορετικών χαρακτήρων.

Στο ψηφιακό κείμενο ο σχεδιασμός των γλυφών γίνεται με την πρόβλεψη περιθωρίων δεξιά και αριστερά από τον καμβά σχεδιασμού του χαρακτήρα. Τα περιθώρια αυτά λέγονται LSB (Left Side Bearing) και RSB (Right Side Bearing) και μπορεί να έχουν, είτε αρνητικές τιμές, να βρίσκονται δηλαδή μέσα στον χώρο του καμβά, είτε θετικές (**Εικόνα 8.27**). Όταν το λογισμικό τοποθετεί τους χαρακτήρες τον ένα μετά τον άλλο σε μια σειρά, λαμβάνει υπόψη του αυτά τα περιθώρια δημιουργώντας τον κενό χώρο που βλέπουμε ανάμεσα στα γράμματα. Οι τιμές LSB και RSB αθροίζονται, με αποτέλεσμα το νοητό ορθογώνιο περίγραμμα κάποιων γραμμάτων να επικαλύπτεται με το διπλανό του.



**Εικόνα 8.28.** Ο συνδυασμός των τριών χαρακτήρων στη γραμμή ενός κειμένου.

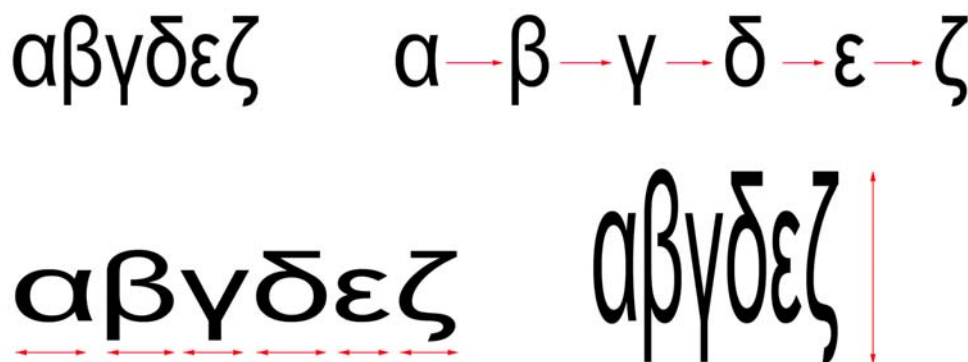
### 8.8.1 Η Απόσταση των Χαρακτήρων

Πολλές φορές, για δύο συνεχόμενα συγκεκριμένα γράμματα, αυτό το περιθώριο μπορεί να φαίνεται πολύ μικρό ή πολύ μεγάλο. Η ρύθμιση αυτής της απόστασης λέγεται **διαγραμμάτωση (kerning)** και οι δύο χαρακτήρες λέγονται **ζεύγος kern**. Η διαγραμμάτωση αφορά ζεύγη χαρακτήρων γραμματοσειρών αναλογικού πλάτους. Οι επαγγελματικές γραμματοσειρές συνήθως εμπεριέχουν οδηγίες διαγραμμάτωσης για εκατοντάδες ή και χιλιάδες ζεύγη χαρακτήρων, σε πίνακες διαγραμμάτωσης (kern tables).



**Εικόνα 8.29.** Η ρύθμιση kern μπορεί να έχει και αρνητικές τιμές. Εδώ, παρά το ότι οι ιδεατοί χώροι που περικλείουν τους δύο χαρακτήρες επικαλύπτονται, η παρουσίαση των γραμμάτων φαίνεται φυσιολογική.

Η ρύθμιση της απόστασης ενός ζεύγους χαρακτήρων μπορεί να γίνει αριθμητικά ή οπτικά, επιλογές που συναντάμε ως **metric** και **optical** στις περισσότερες εφαρμογές στοιχειοθεσίας κειμένου. Η μετρική γίνεται με τις οδηγίες διαγραμμάτωσης του σχεδιαστή της γραμματοσειράς από τα σχετικά kern tables που ενσωματώνει το αρχείο της γραμματοσειράς. Η οπτική απορρίπτει τις οδηγίες διαγραμμάτωσης και χρησιμοποιεί ένα αλγόριθμο για να αλλάξει τα διαστήματα ανάμεσα στους χαρακτήρες. Πολλές εφαρμογές επιτρέπουν στον χρήστη να εφαρμόσει το δικό του kerning για ζεύγη γραμμάτων που επιλέγει.



**Εικόνα 8.30.** Το μήκος μιας λέξης μπορεί να αλλάξει αλλάζοντας το διάστημα ανάμεσα στους χαρακτήρες της (επάνω δεξιά). Μπορεί επίσης να αλλάξει μετασχηματίζοντας τους χαρακτήρες οριζόντια ή κατακόρυφα (κάτω).

Η αραίωση ή πύκνωση των γραμμάτων μιας λέξης ή ενός ολόκληρου κειμένου γίνεται με την αύξηση ή μείωση του διαστήματος ανάμεσα στους επιλεγμένους χαρακτήρες ισόποσα (**Εικόνα 8.30**). Μία παρόμοια ρύθμιση είναι και το **tracking**, το οποίο εφαρμόζει μια συστηματική αραίωση ή πύκνωση ανάλογα με την αλλαγή του μεγέθους της γραμματοσειράς· όσο μεγαλύτερα είναι τα γράμματα τόσο μικρότερη θα πρέπει να είναι και η μεταξύ τους απόσταση.

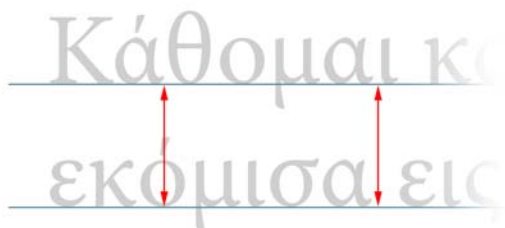


Επειδή συνήθως οι εφαρμογές χειρίζονται τα γράμματα ως διανυσματικά γραφικά, το κείμενο μπορεί να αλλάξει εύκολα μήκος ή ύψος ρυθμίζοντας την κλίμακα των γραμμάτων οριζόντια ή κατακόρυφα. Οι μεταβολές αυτές είναι μεταμορφώσεις του σχήματος των χαρακτήρων και συνήθως ορίζονται ποσοστιαία.

## 8.9 ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΠΟ ΜΙΑ ΛΕΞΕΙΣ

Όταν περισσότερες από μια λέξεις σχηματίζουν ένα κείμενο που εκτείνεται σε περισσότερους από έναν στίχο (σειρά, αράδα), παρουσιάζονται νέα μεγέθη και ρυθμίσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην στοιχειοθεσία, όπως το διάστιχο.

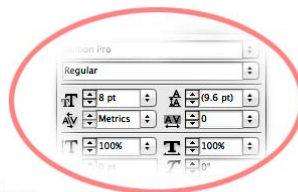
Το διάστιχο (leading) είναι η κατακόρυφη απόσταση που διαχωρίζει τους στίχους ενός κειμένου. Υπολογίζεται σε στιγμές, από τη νοητή γραμμή βάσης των χαρακτήρων της μιας σειράς (αράδας) μέχρι αυτήν της επομένης (**Εικόνα 8.31**).



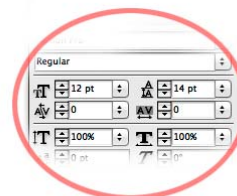
**Εικόνα 8.31.** Το διάστιχο.

Πολλές εφαρμογές επεξεργασίας κειμένου το αναφέρουν ως μονό, διπλό κ.λπ., κάτι που συντηρείται από την εποχή των γραφομηχανών. Μια ευανάγνωστη παράθεση κειμένου συνήθως έχει διάστιχο που κυμαίνεται περίπου από 120% έως 140% του μεγέθους της γραμματοσειράς. Αν δηλαδή το μέγεθος των χαρακτήρων είναι 12-pt, το διάστιχο θα είναι περίπου 14-pt. Όσο μεγαλώνει το διάστιχο για το ίδιο μέγεθος χαρακτήρων, τόσο αραιώνουν οι σειρές του κειμένου μεταξύ τους, χάνεται η συνοχή τους και το κείμενο γίνεται κουραστικό· όσο μικραίνει, τόσο πυκνώνουν οι σειρές και το κείμενο γίνεται δυσανάγνωστο.

Κάθομαι και ρεμβάζω. Επιθυμίες κ' αισθήσεις  
εκόμισα εις την Τέχνην— κάτι μισοειδωμένα,  
πρόσωπα ή γραμμές· ερώτων ατελών  
κάτι αβέβαιες μνήμες. Ας αφεθώ σ' αυτήν.  
Ξέρει να σχηματίσει Μορφήν της Καλλονής·  
σχεδόν ανεπαισθήτως τον βίον συμπληρούσα,  
συνδυάζουσα εντυπώσεις, συνδυάζουσα τες μέρες.



Κάθομαι και ρεμβάζω. Επιθυμίες κ' αισθήσεις  
εκόμισα εις την Τέχνην— κάτι μισοειδωμένα,  
πρόσωπα ή γραμμές· ερώτων ατελών  
κάτι αβέβαιες μνήμες. Ας αφεθώ σ' αυτήν.  
Ξέρει να σχηματίσει Μορφήν της Καλλονής·  
σχεδόν ανεπαισθήτως τον βίον συμπληρούσα,  
συνδυάζουσα εντυπώσεις, συνδυάζουσα τες μέρες.

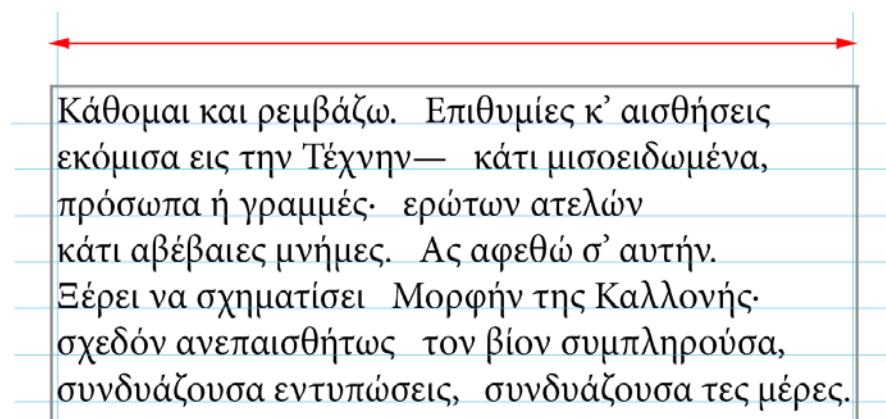


**Εικόνα 8.32.** Το διάστιχο μπορεί να ρυθμίζεται αυτόματα από την εφαρμογή η οποία το προσαρμόζει ανάλογα, κάθε φορά που αλλάζει το μέγεθος της γραμματοσειράς διατηρώντας μια ορισμένη αναλογία μεγέθους/διάστιχου.

## 8.10 ΤΟ ΜΕΤΡΟ ΤΟΥ ΣΤΙΧΟΥ

Στη στοιχειοθεσία το φυσικό οριζόντιο μήκος ενός στίχου προσαρμόζεται ανάλογα με το μέσο που εξυπηρετεί. Στην τυπωμένη μορφή του για παράδειγμα, είναι το πλάτος της εκάστοτε στήλης του κειμένου το οποίο λέγεται και **μέτρο**. Σε μια ιστοσελίδα το μήκος αυτό μπορεί να είναι καθορισμένο, μπορεί όμως να είναι και μεταβλητό, ανάλογα με τον σχεδιασμό της· και στις δύο περιπτώσεις εξαρτάται και από το μέγεθος της οθόνης του χρήστη, κάτι που ο σχεδιαστής της μπορεί σε κάποιο βαθμό να προβλέψει.

Το πλάτος της στήλης ενός κειμένου λέγεται **μέτρο**. Το μέτρο, για ένα συγκεκριμένο μέγεθος γραμματοσειράς καθορίζει και τον αριθμό των γραμμάτων που χωράνε σε κάθε στίχο, συμπεριλαμβανομένων και των διαστημάτων, καθώς αυτά θεωρούνται χαρακτήρες. Για ένα σταθερό πλάτος, όσο μεγαλώνει το μέγεθος της γραμματοσειράς, τόσο λιγότερα γράμματα χωράνε σε ένα στίχο. Ο αριθμός των γραμμάτων σε κάθε στίχο είναι ένα στοιχείο που επηρεάζει την αναγνωσιμότητα του κειμένου.



**Εικόνα 8.33.** Το μήκος του στίχου μετρείται σε χαρακτήρες ανά στίχο.

Ένας τρόπος για να υπολογιστεί το βέλτιστο πλάτος του μέτρου είναι με τον αριθμό των χαρακτήρων ανά στίχο. Για ένα μονόστηλο τυπωμένο κείμενο, με γραμματοσειρά 9-11 στιγμών, το μέτρο αυτό είναι συνήθως από 40 έως 80 περίπου χαρακτήρες· για πολλούς, οι 65 χαρακτήρες είναι ο ιδανικός αριθμός (Bringinghurst 1996). Όταν το μέτρο είναι υπερβολικά μικρό, διασπάται η συνοχή των λέξεων ενώ όταν είναι πολύ μεγάλο, δυσχεραίνεται ο διαχωρισμός τους. Γενικά, όσο το μέτρο μεγαλώνει θα πρέπει να αυξάνεται και το διάστιχο.

Το μέτρο σχετίζεται με τον βαθμό αναγνωσιμότητας του κειμένου.



**Εικόνα 8.34.** Διαφορετική στοίχιση παραγράφου.

### 8.10.1 Η Στοίχιση του Γράμματος

Στη στοιχειοθεσία η στοίχιση αφορά τη ρύθμιση της ροής των λέξεων μέσα σε ένα πλαίσιο κειμένου (σελίδα, στήλη, στα κελιά ενός πίνακα, κ.ά.). Οι γραμμές του πλαισίου ονομάζονται περιθώρια και ο χώρος ανάμεσα σε δύο πλαίσια ονομάζεται διάκενο. Στην **Εικόνα 8.34** βλέπουμε τέσσερα είδη στοίχισης σε μία στήλη κειμένου: την **αριστερή**, την **δεξιά**, την **κεντρική** ή **κεντροαξονική** (στοίχιση στο κέντρο) και την **πλήρη**.

Στην **αριστερή**, η οποία είναι και η πιο συνηθισμένη, οι λέξεις είναι ευθυγραμμισμένες στο αριστερό περιθώριο της στήλης: εφόσον ακολουθούν μια ροή από αριστερά προς τα δεξιά και δεν συλλαβίζονται, η στοίχιση στο δεξιό περιθώριο είναι τυχαία. Στη **δεξιά** γίνεται ακριβώς το αντίστροφο. Στην **κεντρική**, οι λέξεις κάθε στίχου κατανέμονται συμμετρικά δεξιά και αριστερά του κεντρικού νοητού κατακόρυφου άξονα του πλαισίου, αλλάζοντας πρακτικά το μήκος κάθε στίχου ξεχωριστά.

Στην **πλήρη** στοίχιση οι λέξεις κατανέμονται έτσι ώστε να καλύψουν το συνολικό μήκος κάθε στίχου. Αυτό επιτυγχάνεται με αριστερή στοίχιση και ρύθμιση των διαστημάτων ανάμεσα σε γράμματα και λέξεις. Ανάλογα το μήκος των λέξεων και εφόσον αυτές δεν κόβονται σε συλλαβές, προκύπτουν διαφορετικές αποστάσεις ανάμεσά τους. Στην πλήρη στοίχιση, η τελευταία γραμμή κάθε παραγράφου συνήθως στοιχίζεται αριστερά. Υπάρχουν εφαρμογές σελιδοποίησης που προσφέρουν εναλλακτική στοίχιση για την τελευταία γραμμή, όπως πλήρης αριστερά, πλήρης δεξιά ή πλήρης κεντρική.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

α

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

β

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

γ

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

δ

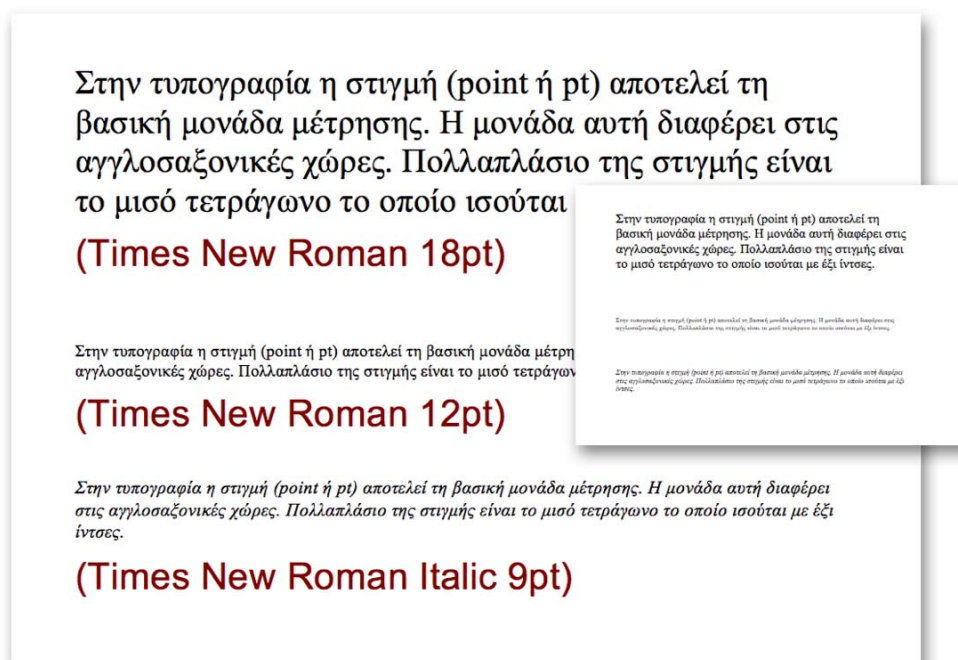
**Εικόνα 8.35.** Στοίχιση κειμένου πλήρης (α), αριστερή (β), δεξιά (γ) και στο κέντρο (δ). Η επιχρωματισμός φανερώνει την κατανομή της οπτικής έντασης που συνεπάγεται κάθε στοίχιση. Οι πιο κοινές είναι η αριστερή και η πλήρης.

## 8.11 ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΣ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΕΣ

Η μεθοδολογία επιλογής της κατάλληλης γραμματοσειράς ή του καλύτερου συνδυασμού περισσοτέρων σε ένα ψηφιακό κείμενο είναι θέμα γραφιστικής επιμέλειας. Αυτό που βασικά ενδιαφέρει είναι η κατανόηση βασικών επιλογών που προκύπτουν αναγκαστικά από τη φύση των ψηφιακών μέσων. Η τυπογραφική τέχνη, έχοντας διαμορφώσει την εμπειρία του λόγου ως γραπτού κειμένου, είναι καθοριστική για τη συνέχεια αυτής της εμπειρίας και στα ψηφιακά μέσα με κάποιες όμως αναγκαστικές προσαρμογές.

Ένας γενικός στόχος που δεν αλλάζει σε ότι αφορά το κείμενο είναι ότι αυτό θα πρέπει να εξυπηρετεί την επικοινωνία, δηλαδή το μήνυμα που ενσωματώνει το κείμενο. Αυτό σημαίνει ότι για μεγάλα κείμενα συνεχούς ροής θα πρέπει η επιλογή των χαρακτήρων να είναι τέτοια που να μην κουράζει τον αναγνώστη και να μην εμποδίζει το ίδιο το μήνυμα. Επειδή ένα κριτήριο για το αν μια γραμματοσειρά πληροί αυτές τις προϋποθέσεις είναι και η εξοικείωση του αναγνώστη σε αυτή, οι επιλογές είναι προφανείς: όρθιες (Roman) γραμματοσειρές, συνήθως με ακρεμόνες (serif) και με κανονικό βάρος (Regular). Το αν οι γραμματοσειρές serif είναι καταλληλότερες ή όχι από τις sans serif για χρήση σε κείμενα ανάγνωσης είναι ακόμα αντικείμενο διαμάχης των ειδικών του χώρου. Η περισσότερο δημοφιλής επιλογή πάντως εξακολουθεί να είναι οι γραμματοσειρές serif.

Στην περίπτωση που το περιεχόμενο δεν αφορά μεγάλα κείμενα, αλλά σε πηχναίους τίτλους ή σύντομα μηνύματα που θέλουν να τραβήξουν την προσοχή του αναγνώστη, συνήθως επιλέγονται γραμματοσειρές bold μεγαλύτερου από του κανονικού μεγέθους, οι οποίες μπορεί να έχουν και διακοσμητικά στοιχεία (decorative fonts, display fonts, fantasy fonts).



**Εικόνα 8.36.** Οι ίδιες γραμματοσειρές σε διαφορετικές αναλύσεις. Στην επάλληλη εικόνα τα μεγέθη 12 και 9 στιγμών δεν είναι πλέον αναγνώσιμα γιατί έχουν μικρότερο μέγεθος και αναπαριστώνται στην ίδια οθόνη με λιγότερα εικονοστοιχεία. Η γραμματοσειρά των 18 στιγμών παραμένει αναγνώσιμη.

Η εμπειρία της επιλογής γραμματοσειρών για συμβατικές χρήσεις στην κλασική τυπογραφία, όπως σε κείμενα βιβλίων, αφίσες, διαφημίσεις κ.λπ. αποτελεί παρακαταθήκη για τα ψηφιακά μέσα. Αυτός είναι και ο λόγος που βλέπουμε τις ίδιες περίπου βασικές επιλογές, (π.χ. τη χρήση έντονων γραμμάτων για να δοθεί έμφαση σε τίτλους) σε ιστοσελίδες, όπως σε βιβλία ή σε άλλα έντυπα. Αν και οι περισσότερες από αυτές τις ιδέες εφαρμόζονται στα ψηφιακά μέσα, κάποιες ιδιαιτερότητες των μέσων επιβάλλουν διαφορετικές προσεγγίσεις.

Οι χαμηλές αναλύσεις των περισσότερων οθονών μπορεί να μην αποδώσουν κάποιους χαρακτήρες (όπως πλάγιους ή διακοσμητικούς) τόσο καλά όσο σε μια εκτύπωση, ιδιαίτερα σε μικρά μεγέθη και μικρές αναλύσεις. Μια εύκολη λύση είναι η χρήση των ίδιων χαρακτήρων σε μεγαλύτερα μεγέθη. Γενικά, τα μεγέθη των γραμματοσειρών που



χρησιμοποιούνται για προβολή είναι κατά πολύ μεγαλύτερα από αυτά που συνήθως συναντάμε σε βιβλία. Μια εναλλακτική λύση είναι η αναζήτηση γραμματοσειρών που έχουν σχεδιαστεί για να ξεπερνούν αυτό ακριβώς το πρόβλημα, όπως οι γραμματοσειρές Georgia ή Verdana. Στον σχεδιασμό ιστοσελίδων προτιμώνται γενικά οι γραμματοσειρές χωρίς ακρεμόνες (san serif), γιατί το σχήμα τους ταιριάζει περισσότερο στο ορθογώνιο πλέγμα των εικονοστοιχείων της οθόνης.

Παραδοσιακά, η χρήση χαρακτήρων italic γίνεται για να δοθεί έμφαση σε μεμονωμένες λέξεις ενός κειμένου. Αντίθετα, σε εφαρμογές κειμένου για προβολή σε οθόνες συνήθως προτιμούνται για έμφαση οι χαρακτήρες bold καθώς οι italic δεν αποδίδονται ικανοποιητικά σε χαμηλές αναλύσεις λόγω των λοξών γραμμών που διαθέτουν.

Οι περισσότερες εφαρμογές DTP (Desktop Publishing) που χρησιμοποιούνται για τυπογραφικό σχεδιασμό και στοιχειοθεσία κειμένου έχουν σαν τελικό στόχο το τυπωμένο έντυπο. Κάτι που φαίνεται καλά στην τελική εκτύπωση δεν σημαίνει ότι θα φαίνεται το ίδιο καλά και σε μια οθόνη. Επειδή οι ίδιες εφαρμογές χρησιμοποιούνται και στο σχεδιασμό πολυμέσων, θα πρέπει να προσαρμόσουμε τον τρόπο χρήσης για το εκάστοτε επιθυμητό αποτέλεσμα. Πολλές εφαρμογές διαθέτουν εργαλεία παραμετροποίησης υποστηρίζοντας την έξοδο σε εναλλακτικά μέσα (οθόνες, οθόνες κινητών συσκευών κλπ.).

Μια βασική ιδιαιτερότητα σε ότι αφορά το ψηφιακό κείμενο είναι ότι ο έλεγχος της τελικής απεικόνισής του δεν εξαρτάται πάντοτε από την πρόθεση του σχεδιαστή του, ιδιαίτερα στην περίπτωση των ιστοσελίδων. Η τελική απεικόνιση δεν είναι πάντοτε εγγυημένη, γιατί εξαρτάται αφενός από τον τρόπο με τον οποίο διερμηνεύει τον κώδικα HTML η κάθε εφαρμογή περιήγησης, αλλά και από τις ρυθμίσεις (εκούσιες ή ακούσιες) του χρήστη. Μια λύση στο υπαρκτό αυτό πρόβλημα μπορεί να είναι η χρήση web fonts (βλ. 8.2.2. Γραμματοσειρές στο Διαδίκτυο) ή ο σχεδιασμός σε μια διαφορετική πλατφόρμα, όπως το Flash, όπου όλα τα δεδομένα ενσωματώνονται σε ένα και μοναδικό αρχείο (digital object), το οποίο δεν διερμηνεύεται από τον περιηγητή, αλλά διαβάζεται μέσω αυτού από μια συγγενική εφαρμογή (flash player). Στη δεύτερη περίπτωση ο σχεδιασμός μπορεί να είναι απόλυτος.

Ένα άλλο ιδιαίτερο θέμα που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι αυτό της πολυγλωσσικότητας. Στην περίπτωση που δουλεύουμε με πολλαπλά αλφάβητα, η επιλογή γραμματοσειρών που υποστηρίζουν τις γλυφές που χρειαζόμαστε είναι μονόδρομος. Η λύση είναι η επιλογή γραμματοσειρών που καταρχήν υποστηρίζουν κωδικοποίηση Unicode (βλ. αλλά διαθέτουν και τις γλυφές που θέλουμε. Σε γενικές γραμμές η καλύτερη πρακτική είναι η επιλογή γραμματοσειρών Unicode. Γραμματοσειρές που υποστηρίζουν Unicode είναι οι γραμματοσειρές τύπου OpenType.

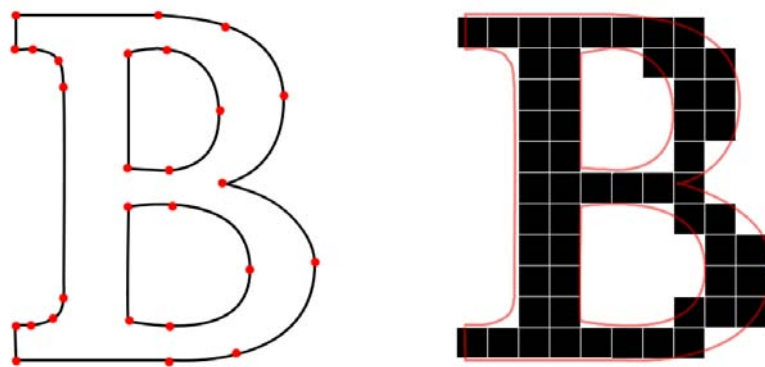
## 8.12 ΜΟΡΦΟΤΥΠΟΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΓΡΑΜΜΑΤΟΣΕΙΡΩΝ

Οι γραμματοσειρές είναι διαθέσιμες σαν ψηφιακά αρχεία, τα οποία περιγράφουν ένα σύνολο γλυφών σε ψηφιογραφική ή διανυσματική μορφή. Αυτό οριοθετεί και τους δύο βασικούς τύπους ψηφιακών γραμματοσειρών, **bitmap** (bitmap fonts) και **outline** (outline fonts). Τα αρχεία αυτά χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση του κειμένου στην οθόνη του υπολογιστή, αλλά και για την εκτύπωσή του.

Οι γραμματοσειρές τύπου bitmap ή αλλιώς γραμματοσειρές **ράστερ** (**raster fonts**) είναι συλλογές από μικρές ψηφιογραφικές εικόνες συγκεκριμένης ανάλυσης, τόσες, όσα και τα μεγέθη ή οι παραλλαγές που περιγράφουν. Αν, για παράδειγμα, μια γραμματοσειρά διαθέτει εκδοχές τριών μεγεθών σε regular, bold και italic, απαιτούνται εννέα πλήρη σετ διαφορετικών εικόνων (γλυφών). Οι γραμματοσειρές bitmap συμπεριφέρονται όπως ακριβώς και οι ψηφιογραφικές εικόνες· επειδή η ανάλυσή τους είναι δεδομένη, όταν



αλλάζουν κλίμακα η ποιότητά τους αλλοιώνεται. Βασικά πλεονεκτήματα αυτού του τύπου είναι ότι τα γράμματα μπορούν να απεικονιστούν στην οθόνη του υπολογιστή πολύ γρήγορα, καθώς δεν απαιτούνται ιδιαίτεροι υπολογιστικοί πόροι και ότι αποδίδουν το μέγιστο της σχεδιαστικής τους ποιότητας ακόμα και σε χαμηλές αναλύσεις.



**Εικόνα 8.37.** Το γράμμα βήτα από γραμματοσειρά τύπου *outline* (αριστερά) και τύπου *bitmap* (δεξιά).

Οι γραμματοσειρές τύπου **outline** (περίγραμμα) είναι συλλογές από διανυσματικές εικόνες, οι οποίες περιγράφουν με καμπύλες Bézier το περίγραμμα των γλυφών το οποίο και «γεμίζει» με εικονοστοιχεία για την τελική απεικόνιση του χαρακτήρα (**Εικόνα 8.37**). Επειδή δεν περιγράφονται από ένα συγκεκριμένο αριθμό εικονοστοιχείων, όπως οι ψηφιογραφικές εικόνες, μπορούν να αλλάζουν κλίμακα σε οποιαδήποτε ανάλυση χωρίς αυτό να επηρεάζει την ποιότητά τους. Εκτός από τα δεδομένα των περιγραμμάτων εμπεριέχουν και προγράμματα οδηγιών (*hinting*), τα οποία μετατοπίζουν τα σημεία ελέγχου των καμπυλών για τη βέλτιστη εκτέλεση της απεικόνισης των χαρακτήρων σε κάθε ανάλυση της όποις συσκευής εξόδου (οθόνη ή εκτυπωτή).

Οι πιο κοινοί τύποι ψηφιακών γραμματοσειρών είναι οι: **Type 1** (Adobe PostScript), **TrueType** (.ttf) και **OpenType** (.otf).



Οι γραμματοσειρές **Type 1** (.PFB) ή **PostScript Type 1**, ή απλά **PostScript**, δημιουργήθηκαν από την εταιρεία Adobe και είναι μικρά προγράμματα που βασίζονται σε μια αυστηρή εκδοχή της γλώσσας PostScript, η οποία αρχικά αναπτύχθηκε από την ίδια εταιρεία για την απεικόνιση και εκτύπωση (ραστεροποίηση) ψηφιογραφικών και διανυσματικών γραφικών σε εκτυπωτές λέιζερ (Adobe Systems Incorporated 1990). Ο μορφότυπος Type 1 χρησιμοποιεί κυβικές καμπύλες Bézier για την περιγραφή των περιγραμμάτων των γλυφών. Η αυστηρότερη εκδοχή PostScript αφορά την εισαγωγή οδηγιών (*hints*), για την κατά περίπτωση απεικόνιση των γλυφών σε χαμηλές αναλύσεις στην οθόνη του υπολογιστή.

Τα αρχεία γραμματοσειρών PostScript απαιτούν και την εγκατάσταση ενός πρόσθετου αρχείου γραμματοσειρών *bitmap*, οι οποίες χρησιμοποιούνται υποχρεωτικά για την απεικόνιση των χαρακτήρων στην οθόνη του υπολογιστή και σαν πηγή για τα μετρικά δεδομένα των χαρακτήρων. Παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται και στις δύο κυρίαρχες πλατφόρμες (Mac και Windows) απαιτούνται διαφορετικοί τύποι αρχείων για καθεμία. Οι γραμματοσειρές PostScript είναι ακόμα λειτουργικές σε κάθε υπολογιστική πλατφόρμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν σε κάθε εκτυπωτή, είτε απευθείας είτε μέσω βοηθητικών προγραμμάτων της Adobe, όπως το ATM (Adobe Type Manager).

Μειονεκτήματα των γραμματοσειρών Type 1 είναι ότι δεν είναι ανεξάρτητες πλατφόρμας, δεν υποστηρίζουν περισσότερες από 256 γλυφές, η αποθήκευσή τους απαιτεί τουλάχιστον δύο διαφορετικά αρχεία (ένα για τα περιγράμματα και ένα για τις μετρικές οδηγίες) και ότι απαιτούν την εγκατάσταση πρόσθετου λογισμικού (Adobe Type Manager).

Οι γραμματοσειρές Postscript ήταν το βασικό πρότυπο για την εκδοτική βιομηχανία, αλλά σήμερα έχουν ξεπεραστεί από την τεχνολογία OpenType, η οποία κυριαρχεί στην αγορά. Ακόμα και η ίδια η εταιρία Adobe έχει μετατρέψει όλες τις γραμματοσειρές που διαθέτει από Postscript σε OpenType.



Το πρότυπο γραμματοσειρών **TrueType** (.TTF) αναπτύχθηκε αρχικά από την εταιρία Apple στα τέλη της δεκαετίας του '80 και στη συνέχεια σε συνεργασία με τη Microsoft, ως ανταγωνιστικό της τεχνολογίας Type 1 της Adobe. Η τεχνολογία TrueType βασίζεται στις τετραγωνικές καμπύλες Bézier για την περιγραφή των περιγραμμάτων των γλυφών. Μεγάλο πλεονέκτημα ήταν η ευελιξία στον έλεγχο σχεδιασμού των χαρακτήρων, καθώς επέτρεπε τη συγγραφή εκτεταμένων οδηγιών (hinting) για τον τρόπο χαρτογράφησης των χαρακτήρων και έτσι δεν απαιτούσε την εγκατάσταση συνοδευτικών αρχείων bitmap. Το σύστημα TrueType βασίζεται στις γραμματοσειρές TrueType αυτές καθαυτές και σε ένα πρόγραμμα ραστεροποίησης (TrueType rasterizer) ενσωματωμένο στο λειτουργικό σύστημα το οποίο είναι προ-εγκαταστημένο και στις δύο κυρίαρχες πλατφόρμες, MacOS και Windows (Microsoft 1997).

Βασική καινοτομία των γραμματοσειρών TrueType ήταν η κωδικοποίηση των χαρακτήρων σε Unicode (χρησιμοποιούν δύο bytes για κωδικοποίηση και όχι ένα όπως οι PostScript) επιτρέποντας την περιγραφή περισσότερων από 65.000 χαρακτήρων. Τα αρχεία TrueType για Macintosh δεν είναι συμβατά με αυτά για το λειτουργικό Windows, κάτι που ώθησε πολλούς εμπορικούς οίκους να εστιάσουν στη δημιουργία και διανομή γραμματοσειρών OpenType.

Ένας ειδικός τύπος αρχείου TrueType, σχεδιασμένος αποκλειστικά για το λειτουργικό MacOSX είναι οι γραμματοσειρές **Dfont** (.dfont) ή Data Fork TrueType. Χρησιμοποιούνται για λόγους συμβατότητας γραμματοσειρών με λειτουργικά συστήματα που βασίζονται στο σύστημα UNIX, όπως τα MacOSX και Windows.

Το 1996, οι εταιρίες Adobe και Microsoft ανακοίνωσαν την κοινή ανάπτυξη ενός νέου τύπου αρχείου με την ονομασία **OpenType** που θα ενσωμάτωνε τις δύο βασικές τεχνολογίες, PostScript (Type 1) και TrueType. Οι πρώτες γραμματοσειρές OpenType εμφανίστηκαν στην αγορά το 2000 και σήμερα υποστηρίζονται από όλες τις βασικές πλατφόρμες υπολογιστών.



Το πρότυπο **OpenType** (.OTF) επιτρέπει την αποθήκευση δεδομένων για περιγράμματα TrueType ή Type 2 (CFF-Compact Font Format), μια παραλλαγή του Type 1 και οδηγιών PostScript για τον σχεδιασμό των γραμμάτων, σε ένα και μοναδικό αρχείο. Αυτές που διανέμονται από την Adobe περιέχουν δεδομένα Type 2, ενώ αυτές που διατίθενται από την Microsoft χρησιμοποιούν δεδομένα TrueType χωρίς αυτό να επηρεάζει τη βασική χρήση τους. Είναι οι μόνες γραμματοσειρές που είναι πραγματικά ανεξάρτητες-πλατφόρμας, καθώς το ίδιο αρχείο OTF υποστηρίζεται σε υπολογιστές Windows και Macintosh (Microsoft Corporation 2015).

Μερικά από τα πλεονέκτημα της τεχνολογίας OpenType είναι:

- Πολυγλωσσικότητα. Η κωδικοποίηση γίνεται στο σύστημα Unicode, επιτρέποντας σε μια μόνο γραμματοσειρά να υποστηρίξει 65,536 γλυφές (τα αρχεία Type 1

επιτρέπουν 256) συμπεριλαμβάνοντας περισσότερα από ένα αλφάβητα (ελληνικό, κυριλλικό, λατινικό, κινέζικο κ.ά.).

- Καλύτερη τυπογραφική υποστήριξη. Μπορούν να συμπεριλαμβάνουν μεγάλη ποικιλία από γλυφές, όπως λιγκατούρες, ιστορικούς χαρακτήρες, αριθμητικά σύμβολα, κλάσματα, μικρά κεφάλαια, αρχιγράμματα, διάφορα καλλιτεχνικά στοιχεία, εκθέτες, δείκτες, κ.ά.
- Μικρότερο μέγεθος αρχείου. Οι γραμματοσειρές OpenType μπορούν να συμπιεστούν αποτελεσματικά, κάτι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν θα πρέπει να ενσωματωθούν σε έγγραφα, όπως πχ στα έγγραφα PDF.
- Οι γραμματοσειρές OpenType μπορούν σε μία μόνο οικογένεια γραμματοσειρών να περιέχουν παραλλαγές του ίδιου περιγράμματος ενός χαρακτήρα σε διαφορετικές κλίμακες, από τις οποίες γίνεται η επιλογή για την απεικόνιση μιας γκάμας μεγεθών, εξασφαλίζοντας έτσι βέλτιστη ποιότητα αναπαράστασης σε διαφορετικά μεγέθη χαρακτήρων. Σε γραμματοσειρές της Adobe χρησιμοποιούνται τέσσερις τέτοιες παραλλαγές, τις οποίες ονομάζει *caption*, *regular*, *subhead* και *display* και χρησιμοποιούνται για μεγέθη χαρακτήρων 6-8 pt, 9-13 pt, 14-24 pt και 25-72 pt αντίστοιχα.
- Βελτιωμένη διαγραμμάτωση (*kerning*). Οι χαρακτήρες με παρόμοια σχήματα (όπως π.χ. οι αριστερές πλευρές των χαρακτήρων «α» και «ο») ή ένας μοναδικός χαρακτήρας με διαφορετικό τονισμό (πχ., Å, Á, Ä) μπορούν να διαγραμματοποιηθούν πανομοιότυπα. Αυτό μειώνει το μέγεθος των πινάκων διαγραμμάτωσης (*kerning tables*) και αυξάνει το πλήθος των ζευγών γραμμάτων που επιδέχονται ρυθμίσεις *kerning*.
- Όπως και στο πρότυπο TrueType, οι γραμματοσειρές OpenType αποθηκεύουν όλα τα δεδομένα τους σε ένα και μοναδικό αρχείο.

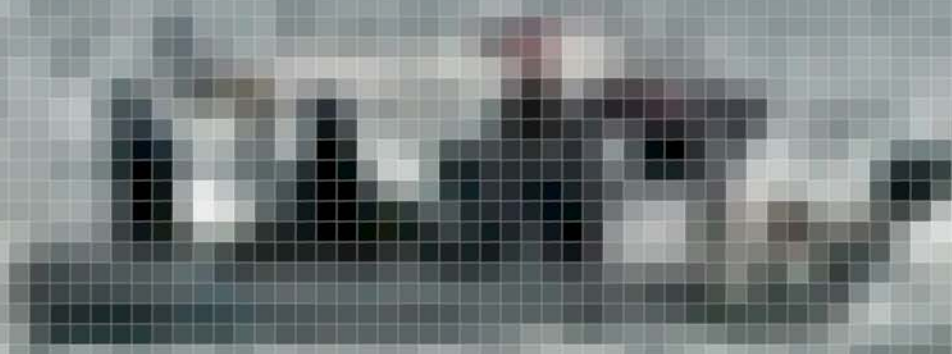
### 8.13 Σύνοψη

- Ο αφηρημένος χαρακτήρας ενός ρεπερτορίου (αλφάβητου) μπορεί να έχει διαφορετικές γραφικές αναπαραστάσεις.
- Ένα κωδικοποιημένο σύνολο χαρακτήρων είναι αυτό που αντιστοιχεί τους αφηρημένους χαρακτήρες ενός αλφαβήτου σε ένα σύνολο ακέραιων αριθμών.
- Το ASCII είναι μια κωδικοποίηση χαρακτήρων σε 7-bit, ανεπαρκής για γλώσσες εκτός της Αγγλικής.
- Το ISO 8859 καθορίζει μια ομάδα συνόλων χαρακτήρων οι οποίες καλύπτουν ένα σύνολο γλωσσικών ομάδων. Το ISO 8859-1 ή *Latin1* καλύπτει τις περισσότερες δυτικοευρωπαϊκές γλώσσες. Η παραλλαγή για την ελληνική γλώσσα είναι το ISO 8859-7.
- Το ISO 10646 είναι ένα πρότυπο κωδικοποίησης χαρακτήρων σε 32-bit, το οποίο καλύπτει όλες τις γραφές του κόσμου.
- Το Unicode είναι ένα σύστημα κωδικοποίησης χαρακτήρων που καλύπτει όλες τις γραφές του κόσμου με περισσότερες από ένα εκατομμύριο διαθέσιμες θέσεις κωδικών.
- Η κωδικοποίηση UTF-8 χρησιμοποιεί ένα byte για την απaráλλακτη περιγραφή των κωδικών ASCII και σειρές δεδομένων των 8-bit (bytes) για την κωδικοποίηση όλων των κωδικών του ISO 10464 και Unicode.
- Το UTF-8 είναι η *de facto* κωδικοποίηση χαρακτήρων για τον Παγκόσμιο Ιστό.

- Η γλυφή είναι η γραφική απεικόνιση της μορφής ενός αφηρημένου χαρακτήρα (συμβόλου). Ένας χαρακτήρας μπορεί να απεικονιστεί με διαφορετικές γλυφές.
- Η γραμματοσειρά (font) είναι μια συλλογή από γλυφές με ίδια σχεδιαστικά χαρακτηριστικά.
- Οι γραμματοσειρές μπορούν να ενσωματωθούν σε ψηφιακά αρχεία. Οι εφαρμογές περιήγησης (web browsers) συνήθως χρησιμοποιούν γραμματοσειρές εγκατεστημένες στο σύστημα του υπολογιστή του χρήστη, αλλά έχουν και τη δυνατότητα να τις κατεβάζουν στον υπολογιστή από ένα απομακρυσμένο εξυπηρετητή (web server).
- Οι γραμματοσειρές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την σταθερού ή αναλογικού πλάτους διαγραμμάτωσή τους (monospaced ή proportional), την παρουσία ή απουσία ακρεμόνων (serif ή sans serif), το σχέδιό τους που μπορεί να είναι όρθιο, πλάγιο, εκτεταμένο ή συμπυκνωμένο (roman, italic, extended, condensed), το βάρος τους ως κανονικό, βαρύ ή ελαφρύ, (normal, bold, light).
- Οι γραμματοσειρές ομαδοποιούνται σε οικογένειες. Κάθε οικογένεια έχει γραμματοσειρές regular, bold και italic αλλά μπορεί να έχει και πολύ περισσότερες.
- Οι γραμματοσειρές που προορίζονται για εκτενή κείμενα θα πρέπει αν είναι εύκολα αναγνώσιμες και να μην κουράζουν. Οι γραμματοσειρές διαφημιστικού τύπου (display) προορίζονται για σύντομα κείμενα, όπως οι κεφαλίδες ή διάφορα διαφημιστικά σλόγκαν.
- Γραμματοσειρές για κείμενο που έχουν σχεδιαστεί για εκτύπωση μπορεί να μη λειτουργούν ιδανικά όταν απεικονίζονται στην οθόνη του υπολογιστή.
- Το μέγεθος μιας γραμματοσειράς μετριέται σε στιγμές (Points, pt). Μια στιγμή είναι 1/72 της ίντσας.
- Η τυπογραφική μονάδα μέτρησης Pica ισούται με 12 στιγμές.
- Το μέγεθος ενός χαρακτήρα είναι το ονομαστικό μέγεθος της γραμματοσειράς, αλλά συνήθως δεν είναι ταυτόσημο με το ύψος της γλυφής που το αναπαριστά.
- Το διάστιχο είναι η απόσταση ανάμεσα στις γραμμές βάσης δύο διαδοχικών σειρών κειμένου.
- Το ύψος-x (x-height) είναι η απόσταση ανάμεσα στη γραμμή βάσης ενός πεζού χαρακτήρα (γράμμα, σύμβολο, κλπ) και στο πιο ψηλό σημείο του, χωρίς τις όποιες προεκτάσεις.
- Το em είναι μια σχετική μονάδα μέτρησης. Ένα em ισούται με το ονομαστικό μέγεθος ενός χαρακτήρα. Ένα en είναι το μισό ενός em (1 en = 0,5 em).
- Η διαγραμμάτωση (kerning) είναι η ρύθμιση της απόστασης ανάμεσα σε ζεύγη χαρακτήρων για την εξασφάλιση της αρμονικής διαδοχής τους στο σώμα ενός κειμένου.
- Οι γραμματοσειρές PostScript, TrueType και OpenType είναι γραμματοσειρές τύπου outline.
- Οι περισσότερες επαγγελματικές γραμματοσειρές είναι τύπου OpenType.
- Παράγοντες που επηρεάζουν την αναγνωσιμότητα είναι οι γραμματοσειρές και το μέγεθός τους, η διαγραμμάτωση, η αραίωση/πύκνωση γραμμάτων και λέξεων, το μήκος των στίχων, το διάστιχο και η στοίχιση των λέξεων.

η σελίδα παραμένει εσκεμμένα κενή





## 9 ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΚΑΙ HTML

### Βασικές Έννοιες

*Διαδίκτυο, Παγκόσμιος Ιστός, Ιστοσελίδες*

*URL*

*Έγγραφο HTML, Υπερκείμενο*

*Σήμανση HTML*

*CSS*

*HTML 5*

## 9.1 INTERNET, ΙΣΤΟΣ, ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΚΑΙ HTML

Το διαδίκτυο (internet) είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο διασυνδεδεμένων δικτύων υπολογιστών στο οποίο ανταλλάσσονται δεδομένα μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας **TCP/IP**. Στο ίντερνετ προσφέρονται διάφορες υπηρεσίες επικοινωνίας και διάδρασης. Ο παγκόσμιος ιστός, γνωστός ως World Wide Web, η απλά Web, είναι μια υπηρεσία που υλοποιείται μέσω του διαδικτύου. Άλλες υπηρεσίες που προσφέρονται στο διαδίκτυο είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (email), η ανταλλαγή αρχείων (ftp), τηλεφωνία, τηλεδιάσκεψη κ.ά.

Σύμφωνα με την κοινοπραξία του παγκόσμιου ιστού W3C <sup>61</sup> ο ιστός είναι: «... ένας χώρος πληροφορίας στον οποίο τα αντικείμενα ενδιαφέροντος, αναφερόμενα ως πόροι, αναγνωρίζονται από στοιχεία που ονομάζονται Ενιαία Αναγνωριστικά Πόρων (Uniform Resource Identifiers,»)» (WWW Consortium 2004).

Ο ιστός, λοιπόν, είναι ένα χώρος πληροφορίας (κατά βάση εγγράφων αλλά και άλλων πόρων), στον οποίο διασυνδέονται υπολογιστές χρηστών (**clients**) μέσω ενός πρωτοκόλλου επικοινωνίας γνωρίζοντας τα μοναδικά αναγνωριστικά των πόρων και χρησιμοποιώντας εφαρμογές περιήγησης (web browsers) οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης σε πόρους που γνωρίζουμε ως ιστοσελίδες. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας είναι το **HTTP**, τα αναγνωριστικά είναι τα **URL** και οι ιστοσελίδες είναι **έγγραφα HTML** αποθηκευμένα σε ένα απομακρυσμένο υπολογιστή (**server**), ή εξυπηρετητή, ή αλλιώς διακομιστή. Ο τρόπος αυτής της επικοινωνίας ονομάζεται μοντέλο πελάτη/εξυπηρετητή (**client/server**).

Το Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου (Hypertext Transfer Protocol – **HTTP**) είναι η βάση της επικοινωνίας δεδομένων στον παγκόσμιο ιστό και αφορά στους κανόνες σύμφωνα με τους οποίους γίνεται η ανταλλαγή πακέτων πληροφορίας στο διαδίκτυο, ανάμεσα στον εξυπηρετητή (server) και στον πελάτη (client). Άλλα πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι τα **mailto** (ηλεκτρονικό ταχυδρομείο), το **ftp** (File Transfer Protocol) κ.ά.

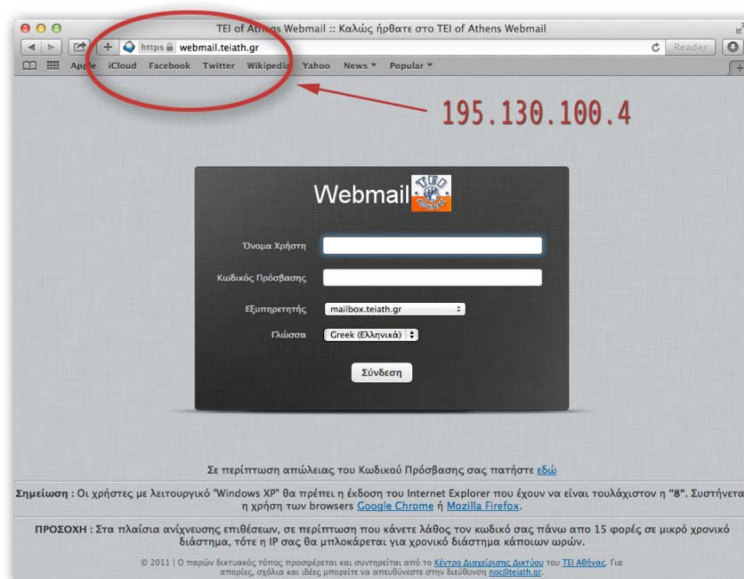
Κάθε συσκευή που μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο χαρακτηρίζεται (από κατασκευής της) από μια μοναδική ταυτότητα η οποία αποτελείται από μια αλληλουχία δεδομένων των 8-bit (6x8-bit) και λέγεται **MAC Address (Media Access Control Address)**. Η ταυτότητα αυτή είναι η φυσική «διεύθυνση» της συσκευής, αφορά δηλαδή στην ταυτοποίηση του υλισμικού (hardware). Η διεύθυνση αυτή είναι πάγια· γενικά, κάθε συσκευή που βρίσκεται συνδεδεμένη στο διαδίκτυο είναι αναγνωρίσιμη.

Όταν ένας υπολογιστής (εξυπηρετητής ή πελάτης) συνδεθεί στο διαδίκτυο, του αποδίδεται μια μοναδική διεύθυνση **IP** (Internet Protocol address) η οποία, σύμφωνα με το πρότυπο **IPv4** (Internet Protocol version 4),<sup>62</sup> είναι ένας αριθμός 32-bit (4x8-bit). Εμφανίζεται με τη μορφή δεκαδικών αριθμών, όπως π.χ. 195.130.100.4, η IP του εξυπηρετητή που προσφέρει την υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του ΤΕΙ Αθήνας. Επειδή είναι δύσκολο να θυμόμαστε ότι ο εξυπηρετητής ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του ΤΕΙ Αθήνας είναι ο 195.130.100.4, η διεύθυνση IP εμφανίζεται με το κείμενο «webmail.teiath.gr». Για την ονομαστική αντιστοίχιση φροντίζουν ειδικοί εξυπηρετητές

<sup>61</sup> Η κοινοπραξία παγκόσμιου ιστού «World Wide Web Consortium» (W3C ή W3) είναι ο κύριος διεθνής οργανισμός τυποποίησης για τον παγκόσμιο ιστό.

<sup>62</sup> Λόγω της ανάπτυξης του ίντερνετ και της έλλειψης διευθύνσεων, το πρωτόκολλο IP έχει φτάσει στην έκδοση 6.0 (IPv6) το οποίο χρησιμοποιεί λέξεις 32-bit και προσφέρει έως και 2128 διευθύνσεις.

που ονομάζονται Domain Name Servers (Εξυπηρετητές Ιστού ή Διακομιστές Ονόματος Επικράτειας).



Εικόνα 9.1.

## 9.2 URI και URL

Ο Ενιαίος Αναγνωριστής Πόρου **URI** ταυτοποιεί ένα αφηρημένο ή φυσικό πόρο και μπορεί να ταξινομηθεί περαιτέρω ως εντοπιστής (URL), όνομα (URN) ή και τα δύο. Ο όρος URL (*Ενιαίος Εντοπιστής Πόρου*) αναφέρεται σε ένα υποσύνολο URIs, το οποίο, εκτός από την αναγνώριση του πόρου, προσφέρει έναν τρόπο εντοπισμού του, περιγράφοντας τη δικτυακή του «τοποθεσία» (T. Berners-Lee 2005). Το **URL** είναι αυτό που ονομάζουμε διεύθυνση της ιστοσελίδας (ή του πόρου γενικότερα).

Το URL έχει συγκεκριμένη δομή και περιγράφει συγκεκριμένες πληροφορίες (T. Berners-Lee, (URL) 1994). Παρακάτω βλέπουμε ένα URL από τον ιστότοπο του Μουσείου Μοντέρνας Τέχνης του Αγίου Φραγκίσκου στην Καλιφόρνια.

<http://www.sfmoma.org/>

Το πρώτο μέρος του (**http**) δηλώνει ότι το πρωτόκολλο επικοινωνίας είναι το HTTP.

Το επόμενο τμήμα (**www**) δηλώνει τον τύπο του εξυπηρετητή (web server). Στην περίπτωση που απουσιάζει από το URL, ο χρήστης συνήθως παραπέμπεται αυτόματα στον εξυπηρετητή ιστοσελίδων (web server) του ιστότοπου.

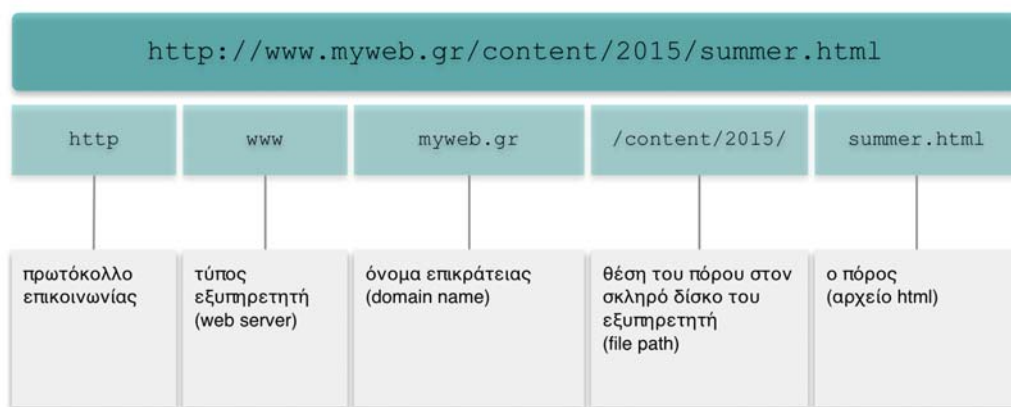
Το αμέσως επόμενο μέρος (**sfmoma.org**) δηλώνει το όνομα του εξυπηρετητή (Domain Name) που φιλοξενεί τις ιστοσελίδες. Παρά το ότι είναι μια συντομογραφία, είναι αναγνωρίσιμο καθώς παραπέμπει εύκολα στο «San Francisco Museum of Modern Art», όπως το «teiath.gr» παραπέμπει εύκολα στο «ΤΕΙ Αθήνας». Η κατάληξη «.org» υποδηλώνει το «οργανισμός» και κατά συνέπεια τη φύση του ιστότοπου, σε αντίθεση π.χ. με το «.com» που υποδηλώνει μια εμπορική δραστηριότητα (από το commercial). Το αντίστοιχο «.gr» δηλώνει ότι ο εν λόγω ιστότοπος είναι καταχωρημένος στην ελληνική επικράτεια. Στην Ελλάδα, υπεύθυνη για θέματα ονομάτων επικράτειας ή αλλιώς χώρου (Domain Names) με κατάληξη «.gr», είναι η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (EETT - <http://www.eett.gr/>).

Ένα άλλο URL από τον ίδιο ιστότοπο είναι:

<http://www.sfmoma.org/explore/collection/artwork/15320>

Η διεύθυνση αυτή παραπέμπει στην ιστοσελίδα η οποία περιγράφει το φωτογραφικό έργο «Untitled, Greenwood, Mississippi, 1977» του Αμερικανού φωτογράφου William Eggleston.

Το τμήμα «**/explore/collection/artwork/15320**» λέγεται μονοπάτι ή διαδρομή αρχείων (file path) και δηλώνει ιεραρχικά τη διαδρομή για την αναζήτηση του πόρου (δηλ. της ιστοσελίδας) στους καταλόγους αρχείων του ιστότοπου. Το file path αντιστοιχεί στη δομή των καταλόγων αρχείων του ιστότοπου. Οι πλάγιες κάθετες γραμμές δηλώνουν διαφορετικούς καταλόγους (directories). Η πρώτη κάθετος από μόνη της δηλώνει τον αρχικό κατάλογο του ιστότοπου που λέγεται root directory ή root folder. Ο περιέχων κατάλογος είναι ο «explore», προφανώς κάποια βασική ενότητα του ιστότοπου ο οποίος βρίσκεται στο root folder. Αυτός περιέχει τον υποκατάλογο «collection», ο οποίος με τη σειρά του περιέχει τον «artwork».



**Εικόνα 9.3.**

Στην ιστοσελίδα εμφανίζεται και μια αναπαραγωγή του εν λόγω φωτογραφικού έργου του Eggleston. Αυτή η εικόνα είναι ένα ξεχωριστός πόρος τον οποίο «καλεί» η ιστοσελίδα από ένα διαφορετικό κατάλογο με το όνομα «medium», ο οποίος εμπεριέχεται στον κατάλογο «artwork» και αυτός με τη σειρά του στον κατάλογο «images». Προφανώς οι εικόνες των ιστοσελίδων του ιστοχώρου, για λόγους μάλλον οργανωτικούς, είναι αποθηκευμένες σε μια άλλη δομή καταλόγων. Το URL της εικόνας είναι:

[http://www.sfmoma.org/images/artwork/medium/94.584\\_01\\_b02.jpg](http://www.sfmoma.org/images/artwork/medium/94.584_01_b02.jpg)

Η κατάληξη «94.584\_01\_\_b02.jpg» της διεύθυνσης αναγνωρίζει τον πόρο (πρόκειται για μια εικόνα bitmap σε μορφότυπο JPEG) και το μονοπάτι-αρχείου την τοποθεσία του μέσα στο αρχείο των καταλόγων του εξυπηρετητή.

Στην περίπτωση που στο URL δεν δίδεται το όνομα του πόρου όπως στο «http://www.sfmoma.org/», ο εξυπηρετητής συνήθως ενεργεί ως εξής (ανάλογα με τη διαμόρφωσή του):



- Αναζητεί στον κεντρικό κατάλογο αρχείων του ιστότοπου (root directory) ένα προεπιλεγμένο αρχείο και το επιστρέφει στον πελάτη. Για ιστότοπους που έχουν συνταχθεί στη γλώσσα HTML το προεπιλεγμένο αρχείο είναι πάντα το «index.html». Αυτός είναι και ο λόγος που η εισαγωγική σελίδα ενός ιστότοπου έχει τυπικά την ονομασία «index.html».
- Εμφανίζει μία λίστα των αρχείων του καταλόγου.
- Εμφανίζει ένα μήνυμα ότι η σελίδα δεν μπορεί να βρεθεί ή ότι δεν επιτρέπεται η πρόσβαση στα αρχεία του καταλόγου.

Όταν όλες οι ιστοσελίδες εμφανίζονται αμέσως μετά το domain name του ιστότοπου (δεν εμφανίζεται δηλ. site path στο URL), σημαίνει πως όλα τα αρχεία βρίσκονται στον αρχικό κατάλογο (root folder). Στην περίπτωση που σε ένα URL, στη θέση του «www» βρίσκεται ένα άλλο όνομα, αυτό δηλώνει συνήθως ότι ο ιστότοπος είναι υποσύνολο ενός ευρύτερου ιστοχώρου (π.χ. <http://photography.teiath.gr> και <http://www.teiath.gr>).

### 9.2.1 Κωδικοποίηση URL

Για την αποστολή URLs μέσω του διαδικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο χαρακτήρες που ανήκουν στο σύνολο χαρακτήρων ASCII. Επειδή πολλές διευθύνσεις URL μπορεί να περιέχουν πολλών ειδών χαρακτήρες, η διεύθυνση μπορεί να κωδικοποιείται σε ένα έγκυρο σχήμα με τη μέθοδο κωδικοποίησης **URL Encoding**. Η κωδικοποίηση URL συνήθως αντικαθιστά τους μη ASCII χαρακτήρες με το σύμβολο «%» ακολουθούμενο από δύο δεκαεξαδικά ψηφία και τα κενά με το σύμβολο «+» ή «%20» (W3C 2011).

## 9.3 HTML ΚΑΙ ΕΓΓΡΑΦΑ HTML

Οι ιστοσελίδες είναι κατά βάση έγγραφα απλού κειμένου (plain text) με την κατάληξη .html. Το απλό κείμενο, όπως υπονοεί και το όνομά του δεν επιδέχεται μορφοποίηση, όπως αυτή που μπορεί να γίνει σε μια εφαρμογή κειμενογράφου (π.χ. έντονα ή πλάγια γράμματα ή γράμματα από διαφορετικές γραμματοσειρές με άλλο χρώμα κλπ.) Το κείμενο στα έγγραφα .html είναι δομημένο σύμφωνα με τους κανόνες μιας γλώσσας που λέγεται HyperText Markup Language ή απλά **HTML**. Η HTML είναι μια γλώσσα σήμανσης η οποία χρησιμοποιεί μια σειρά από σημαντήρες, ή αλλιώς **ετικέτες (tags)**, για να σηματοδέψει το κείμενο με οδηγίες που αφορούν πρωταρχικά στη δομή του εγγράφου, αλλά χρησιμοποιούνται και για τη μορφοποίηση (στυλ) του περιεχομένου του.

Η ιδέα της «ετικέτας» δεν είναι αποκλειστικότητα της HTML. Παρόμοια μέθοδο χρησιμοποιούν και οι δημοφιλείς εφαρμογές «γραφείου» (Word και OpenOffice) με τη διαφορά ότι οι ετικέτες (κωδικοποιημένες οδηγίες μορφοποίησης) είναι αφανείς για τον χρήστη.

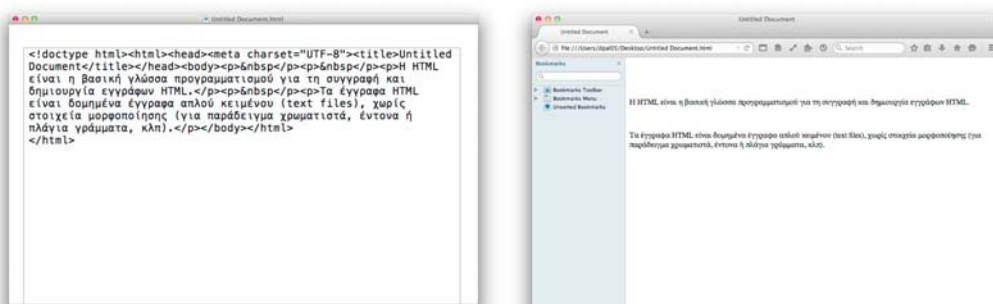
Οι ετικέτες HTML περικλείονται σε οριοθέτες σήμανσης, δύο σύμβολα ανισότητας, το «<» (λιγότερο από) και το «>» (μεγαλύτερο από), τα οποία τυπικά χρησιμοποιούνται ανά ζεύγη, όπως π.χ.:

**<body>**Αυτό είναι ένα κείμενο**</body>** ή **<p>**Αυτό είναι ένα κείμενο**</p>**

Η πρώτη ετικέτα (**opening tag**) σηματοδοτεί την έναρξη του πεδίου σήμανσης στο κείμενο και η δεύτερη (**closing tag**) το τέλος του, χρησιμοποιώντας πριν από το όνομα της ετικέτας μια πλάγια μπάρα (slash). Οι ετικέτες και ό, τι αυτές περικλείουν λέγεται **στοιχείο HTML**. Τα στοιχεία HTML μπορούν να περικλείουν άλλα στοιχεία HTML, τα

οποία λέγεται ότι «**φωλιάζουν**» μέσα σε αυτό. Υπάρχουν ετικέτες υποχρεωτικές, οι οποίες αναφέρονται στη δομή του εγγράφου και ετικέτες με ιδιότητες που καθορίζουν την προσδοκώμενη απεικόνιση του κειμενικού περιεχομένου ή των άλλων μέσων που κατά κάποιο τρόπο «ενσωματώνουν» στο έγγραφο (εικόνες, γραφικά, ήχους, βίντεο). Οι ετικέτες HTML και το περιεχόμενό τους διαβάζονται από τις εφαρμογές περιήγησης (browsers) και διερμηνεύονται με την απεικόνιση του εγγράφου ως ιστοσελίδας στην οθόνη του υπολογιστή. Οι ιστοσελίδες, δηλαδή, είναι εκφάνσεις εγγράφων HTML. Ο ίδιος κώδικας HTML δεν εξασφαλίζει απόλυτα την ίδια απεικόνιση από διαφορετικές εφαρμογές περιήγησης.

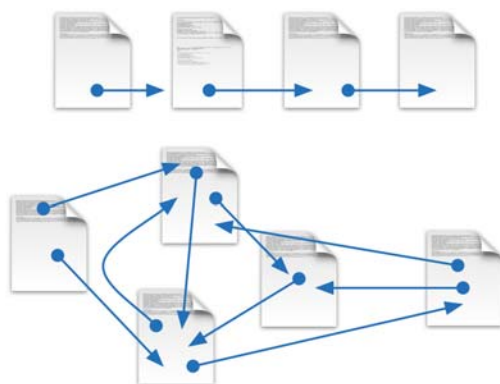
Τα στοιχεία HTML μπορεί να διαθέτουν **ιδιοχαρακτηριστικά (attributes)** που έχουν τη δυνατότητα να διαμορφώσουν τη συμπεριφορά του στοιχείου και να εισαγάγουν πρόσθετο νόημα. Πολλά ιδιοχαρακτηριστικά είναι κοινά για όλα τα στοιχεία HTML ενώ κάποια αφορούν σε συγκεκριμένα στοιχεία.



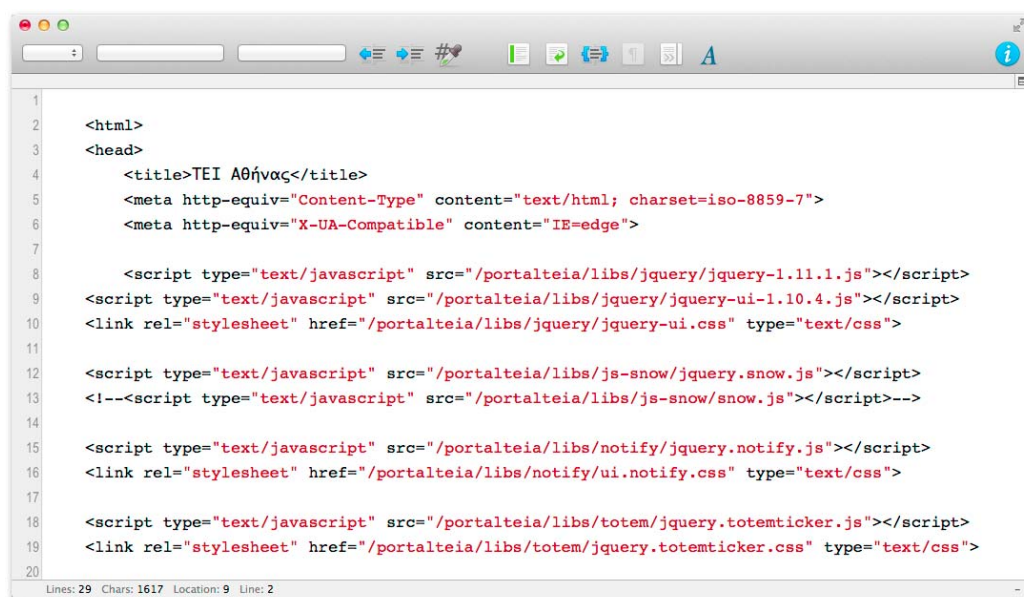
**Εικόνα 9.3.** Κώδικας HTML (αριστερά) και όπως αποδίδεται (δεξιά) σε μορφή ιστοσελίδας.

Τα ιδιοχαρακτηριστικά ορίζονται στις προδιαγραφές της εκάστοτε γλώσσας HTML και δηλώνονται σαν ζεύγος με το σχήμα: «όνομα χαρακτηριστικού = "τιμή"». Κάποια εξαιρούνται, όπως τα ιδιοχαρακτηριστικά «id» και «class», οι τιμές των οποίων δεν είναι απόλυτες και μπορεί να επινοηθούν για να δηλώσουν κάποιο νόημα.

Στις ιστοσελίδες ο κώδικας HTML είναι αφανής. Όλες οι εφαρμογές περιήγησης έχουν τη δυνατότητα να τον απεικονίσουν, συνήθως μέσα από την επιλογή View Code ή View Source από το κυρίως μενού. Η ανάγνωση της ιστοσελίδας ως εγγράφου HTML είναι συνηθισμένη πρακτική για όσους θέλουν να μάθουν HTML και να πάρουν παραδείγματα κωδικοποίησης.



**Εικόνα 9.4.** Συμβατικό κείμενο με γραμμική ροή (επάνω) και σελίδες υπερκειμένου με κόμβους επικοινωνίας.



```
1
2 <html>
3 <head>
4   <title>TEI Αθήνας</title>
5   <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-7">
6   <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
7
8   <script type="text/javascript" src="/portalteia/libs/jquery/jquery-1.11.1.js"></script>
9   <script type="text/javascript" src="/portalteia/libs/jquery/jquery-ui-1.10.4.js"></script>
10  <link rel="stylesheet" href="/portalteia/libs/jquery/jquery-ui.css" type="text/css">
11
12  <script type="text/javascript" src="/portalteia/libs/js-snow/jquery.snow.js"></script>
13  <!--<script type="text/javascript" src="/portalteia/libs/js-snow/snow.js"></script>-->
14
15  <script type="text/javascript" src="/portalteia/libs/notify/jquery.notify.js"></script>
16  <link rel="stylesheet" href="/portalteia/libs/notify/ui.notify.css" type="text/css">
17
18  <script type="text/javascript" src="/portalteia/libs/totem/jquery.totemticker.js"></script>
19  <link rel="stylesheet" href="/portalteia/libs/totem/jquery.totemticker.css" type="text/css">
20
```

**Εικόνα 9.6.** Κώδικας HTML σε παράθυρο εφαρμογής κειμενογράφου HTML (HTML editor).

Επειδή τα αρχεία HTML περιγράφουν έγγραφα απλού κειμένου, μπορεί να δημιουργηθούν με μια οποιαδήποτε εφαρμογή κειμενογράφου, όπως π.χ. το Notepad (Windows) ή το TextEdit (MacOs) – αρκεί να αποθηκευτούν με την κατάληξη «.html». Μπορούν επίσης να γραφούν και με επαγγελματικές εφαρμογές ανάπτυξης ιστοσελίδων και ιστοτόπων, όπως το Dreamweaver. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο επιλογές είναι ότι με τη δεύτερη υπάρχει η δυνατότητα άμεσης απεικόνισης του κώδικα ως ιστοσελίδας (προεπισκόπηση τελικού αποτελέσματος), ενώ με την πρώτη ο συγγραφέας βλέπει απλά ένα κείμενο. Στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία κειμενογράφων (text editors), από εξαιρετικά απλούς, οι οποίοι συνήθως συνοδεύουν τα λειτουργικά λογισμικά, έως και επαγγελματικές εκδόσεις που απευθύνονται σε σχεδιαστές ιστοσελίδων (html editors).

### 9.3.1 Υπερκείμενο

Αυτό που ξεχωρίζει τα έγγραφα HTML από τα κοινά έγγραφα κειμένου είναι ότι έχουν τη δυνατότητα να ενσωματώσουν στο κείμενο λογικούς δεσμούς (links) ως αναφορές στη δικτυακή τοποθεσία άλλων κειμένων, εγγράφων ή πόρων γενικότερα (ονομάζονται κόμβοι), επιτρέποντας στον χρήστη την άμεση σύνδεσή τους και την πρόσβαση σε αυτά μέσω του διαδικτύου. Το κείμενο πλέον μετατρέπεται σε κάτι που ξεπερνά το κοινό στατικό κείμενο, γίνεται ανώτερο, είναι υπερκείμενο. Αυτή είναι και η έννοια που ήθελε να αποδώσει ο εμπνευστής του όρου hypertext, Ted Nelson (T. Berners-Lee, HyperText and CERN 1990) την δεκαετία του '50. Τα έγγραφα HTML είναι έγγραφα υπερκειμένου.

### 9.3.2 XHTML

Η γλώσσα **XHTML** (Extensible Hypertext Markup Language – *Επεκτάσιμη Γλώσσα Σήμανσης Υπερκειμένου*) σχεδιάστηκε για να πάρει τη θέση της HTML. Είναι σχεδόν πανομοιότυπη με την έκδοση HTML 4.01, αλλά έχει πιο αυστηρούς κανόνες σύνταξης (βλ. 9.2.3 - HTML ΚΑΙ XHTML)

### 9.3.3 JAVASCRIPT

Η JavaScript είναι μια δυναμική γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται εκτεταμένα στις ιστοσελίδες. Χρησιμοποιώντας σενάρια εντολών (scripts) μπορεί να προσδίδει διαδραστικότητα, να δημιουργεί περιεχόμενο ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη, να επικυρώνει τη σωστή συμπλήρωση πεδίων σε φόρμες επικοινωνίας, να αλλάζει δυναμικά το περιεχόμενο της ιστοσελίδας, κ.ά. Ένα παράδειγμα εφαρμογής Javascript υπάρχει στην αρχική ιστοσελίδα του Τμήματος Φωτογραφίας και Οπτικοακουστικών του ΤΕΙ Αθήνας, όπου εικόνες εναλλάσσονται διαδοχικά μέσα σε ένα λευκό πλαίσιο χρησιμοποιώντας ένα «σενάριο» Javascript (Crossfade 2010).

### 9.3.4 DHTML

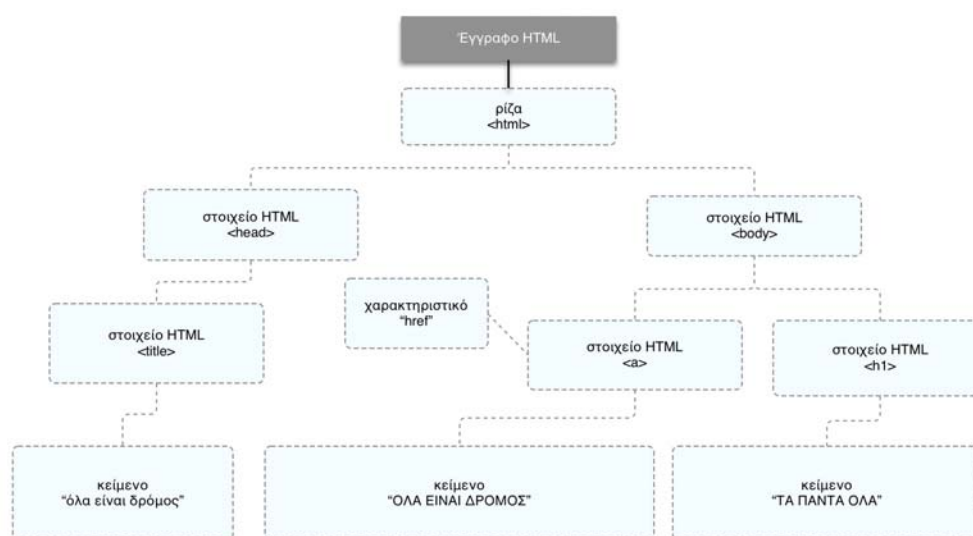
Η **DHTML** (Dynamic HTML) δεν είναι γλώσσα προγραμματισμού αυτή καθαυτή, αλλά ένας συνδυασμός HTML, CSS, και JavaScript. Ο συνδυασμός JavaScript και φύλλων CSS χρησιμοποιείται για τη διαχείριση και διευθέτηση των στοιχείων HTML και για τον έλεγχο ιδιοτήτων που αλλάζουν την εμφάνιση μιας ιστοσελίδας δυναμικά.

### 9.3.5 HTML DOM

Το HTML DOM (Document Object Model) είναι ένα πρότυπο του W3C (World Wide Web Consortium) για την πρόσβαση και την επεξεργασία εγγράφων HTML. Αποτελεί μια πλατφόρμα ανεξάρτητη γλώσσας που επιτρέπει σε προγράμματα και σενάρια (Javascript scripts) να προσπελάσουν και να ενημερώσουν δυναμικά το περιεχόμενο, τη δομή και τη μορφοποίηση (στυλ) ενός εγγράφου HTML (W3C 2015).

Σύμφωνα με το μοντέλο HTML DOM, τα πάντα είναι ένας κόμβος: το έγγραφο, όλα τα στοιχεία HTML, όλα τα ιδιοχαρακτηριστικά HTML, το κείμενο μέσα στα στοιχεία HTML. Όταν ένα έγγραφο HTML διαβάζεται από μια εφαρμογή περιήγησης, μετατρέπεται σε μια οντότητα με δένδροειδή μορφή. Η οντότητα του εγγράφου είναι ο πρωταρχικός κόμβος (η ρίζα του δένδρου), στον οποίο αναφέρονται όλοι οι υπόλοιποι (οι κόμβοι των στοιχείων HTML, των κειμένων, των χαρακτηριστικών, κλπ.).

Το μοντέλο αυτό απεικόνισης της δομής του εγγράφου επιτρέπει σε σενάρια εντολών της γλώσσας Javascript την προσπέλαση σε όλους τους κόμβους.



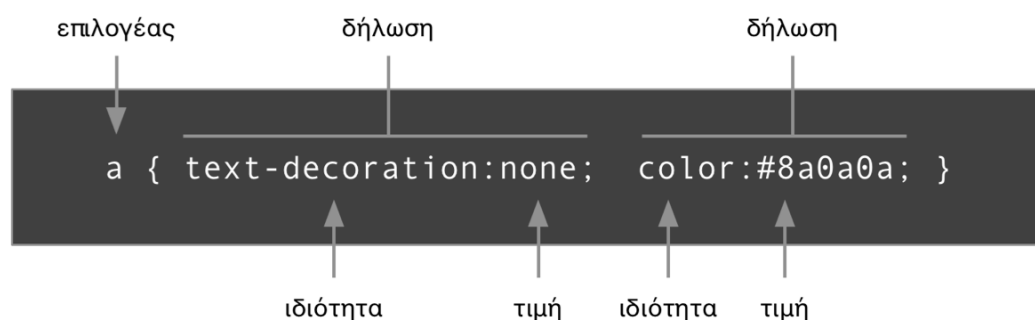
**Εικόνα 9.6.** Το «δένδρο» του μοντέλου HTML DOM.

## 9.4 CSS

Τα CSS (Cascading Style Sheets - Αλληλουχία [Διαδοχικών] Φύλλων Στυλ) είναι ένα σύστημα που ορίζει τη μορφοποίηση της απεικόνισης των στοιχείων HTML σε μια ιστοσελίδα. Αναπτύχθηκε από την κοινοπραξία World Wide Web Consortium (W3C) για να απαλλάξει τους σχεδιαστές ιστοσελίδων από τη χρήση των στοιχείων HTML ως εργαλείων μορφοποίησης στυλ – κάτι άλλωστε για το οποίο δεν είχε (αρχικά) σχεδιαστεί η γλώσσα HTML.

*Τα CSS αφορούν στην παρουσίαση του περιεχομένου και αποτελούν καλή πρακτική.*

Τα αρχεία CSS είναι δομημένα κείμενα απλού κειμένου με συγκεκριμένο συντακτικό και έχουν την κατάληξη «.css». Όπως και η HTML, μπορούν να δημιουργηθούν εύκολα με οποιοδήποτε κειμενογράφο απλού κειμένου. Περιγράφουν κανόνες μορφοποίησης που λέγονται rules (κανόνες) και έχουν δύο κύρια μέρη, έναν Επιλογέα (selector) και μια ή περισσότερες δηλώσεις (declarations / διακηρύξεις). Ο επιλογέας αναφέρεται στο στοιχείο HTML. Οι δηλώσεις αποτελούνται από μια ιδιότητα και από μια τιμή για την ιδιότητα αυτή. Η ιδιότητα είναι το χαρακτηριστικό μορφοποίησης (στυλ) που ρυθμίζεται.



**Εικόνα 9.7.** Κώδικας CSS.

Η εφαρμογή στυλ με φύλλα CSS μπορεί να υλοποιηθεί με τρεις τρόπους. Με ένα εξωτερικό φύλλο CSS, με ενσωμάτωση του κώδικα CSS στον κώδικα της σελίδας και με την ενσωμάτωση δηλώσεων CSS μέσα σε κάθε στοιχείο HTML ξεχωριστά. Για την εφαρμογή στυλ μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά φύλλα CSS.

Στην πρώτη περίπτωση, το ξεχωριστό φύλλο CSS (αρχείο) συνήθως αποθηκεύεται μέσα στους καταλόγους αρχείων του ιστότοπου. Θα μπορούσε να βρίσκεται οπουδήποτε, εφόσον ο υπολογιστής που το περιέχει είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο. Το πλεονέκτημα είναι ότι το ίδιο φύλλο CSS μπορεί να ελέγχει περισσότερες από μία ιστοσελίδες ή και το σύνολο του ιστότοπου – γεγονός ιδιαίτερα πρακτικό, αν φανταστούμε ότι ένας ιστότοπος μπορεί να έχει εκατοντάδες σελίδες. Κάθε σελίδα συνδέεται με το φύλλο στυλ μέσω της ετικέτας <link> χρησιμοποιώντας το URL του αρχείου CSS. Η ετικέτα <link> φωλιάζει μέσα στην ετικέτα <head>, όπως:

```
<head>
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="basicStyle.css"/>
</head>
```



Στη δεύτερη περίπτωση, το κείμενο του αρχείου CSS ενσωματώνεται στον ίδιο τον κώδικα του εγγράφου HTML που μορφοποιεί και λέγεται «εσωτερικό φύλλο στυλ». Η λύση αυτή αφορά αποκλειστικά ένα έγγραφο HTML. Υλοποιείται με τη χρήση της ετικέτας <style> η οποία φωλιάζει μέσα στην ετικέτα <head> του εγγράφου, όπως:

```
<head>
<style type="text/css">
hr {color:red;}
p {margin-right:12px;}
body {background-image:url("images/myPhoto.jpg");}
</style>
</head>
```

Στην τρίτη περίπτωση χρησιμοποιείται το χαρακτηριστικό «style» απευθείας σε στοιχεία HTML του εγγράφου (κάτι που γενικά δεν αποτελεί καλή πρακτική) όπως:

```
<p style="color:green;margin-left:33px">Καλημέρα</p>
```

#### 9.4.1 Πολλαπλά Φύλλα CSS

Όταν κάποιες ιδιότητες έχουν ρυθμιστεί για τον ίδιο επιλογέα σε διαφορετικά φύλλα CSS, οι ιδιότητες που τελικά εφαρμόζονται σε ένα στοιχείο HTML κληρονομούνται από το πλέον σχετικό φύλλο. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που ένα εξωτερικό φύλλο CSS έχει τις παρακάτω τιμές ιδιοτήτων στη δήλωση για τον επιλογέα h1 (οι συγκεκριμένες ιδιότητες καθορίζουν το χρώμα, την στοίχιση και το μέγεθος γραμματοσειράς της κεφαλίδας πρώτου επιπέδου):

```
h1{color:red; text-align:right; font-size:12pt;}
```

και ένα εσωτερικό φύλλο CSS έχει τις παρακάτω ιδιότητες για τον ίδιο επιλογέα:

```
h1{text-align:left; font-size:12pt;}
```

Αν η σελίδα με το εσωτερικό φύλλο στυλ συνδέεται επίσης και με το εξωτερικό φύλλο, οι ιδιότητες που τελικά θα εφαρμοστούν για την κεφαλίδα h1 θα είναι:

```
color:red; text-align:left; font-size:12pt;
```

Η ιδιότητα «color» (χρώμα) υιοθετείται από το εξωτερικό φύλλο (δεν δηλώνεται στο εσωτερικό), η τιμή της ιδιότητας «text-alignment» (στοίχιση κειμένου), η οποία δηλώνεται και στα δύο φύλλα, κληρονομείται από το εσωτερικό φύλλο, και η τιμή της ιδιότητας «font size» (μέγεθος γραμματοσειράς) κληρονομείται από το εσωτερικό φύλλο στυλ (απλά τυχαίνει να έχει την ίδια τιμή και στα δύο φύλλα).

Τα πολλαπλά φύλλα CSS λειτουργούν επικαλυπτόμενα· το στοιχείο HTML κληρονομεί, όπως λέγεται, όλες τις δηλώσεις για επιλογείς που εμφανίζονται μια φορά, ανεξάρτητα από το φύλλο στυλ. Στην περίπτωση που για τον ίδιο επιλογέα υπάρχουν δηλώσεις σε περισσότερα από ένα φύλλα στυλ, το στοιχείο HTML κληρονομεί καταρχήν τη δήλωση που εμφανίζεται στο «εγγύτερο» φύλλο στυλ. Επικαλυπτόμενα λειτουργούν και οι δηλώσεις. Αν δηλαδή για τον ίδιο επιλογέα εμφανίζονται διαφορετικές ιδιότητες στα επικαλυπτόμενα φύλλα στυλ, αυτές κληρονομούνται από το στοιχείο HTML, ανεξάρτητα της εγγυήτητάς του στο φύλλο στυλ. Όταν στα επικαλυπτόμενα φύλλα εμφανίζονται διαφορετικές τιμές για ιδιότητες του ίδιου επιλογέα, κληρονομείται η τιμή που εμφανίζεται για τον επιλογέα του εγγύτερου φύλλου στυλ.

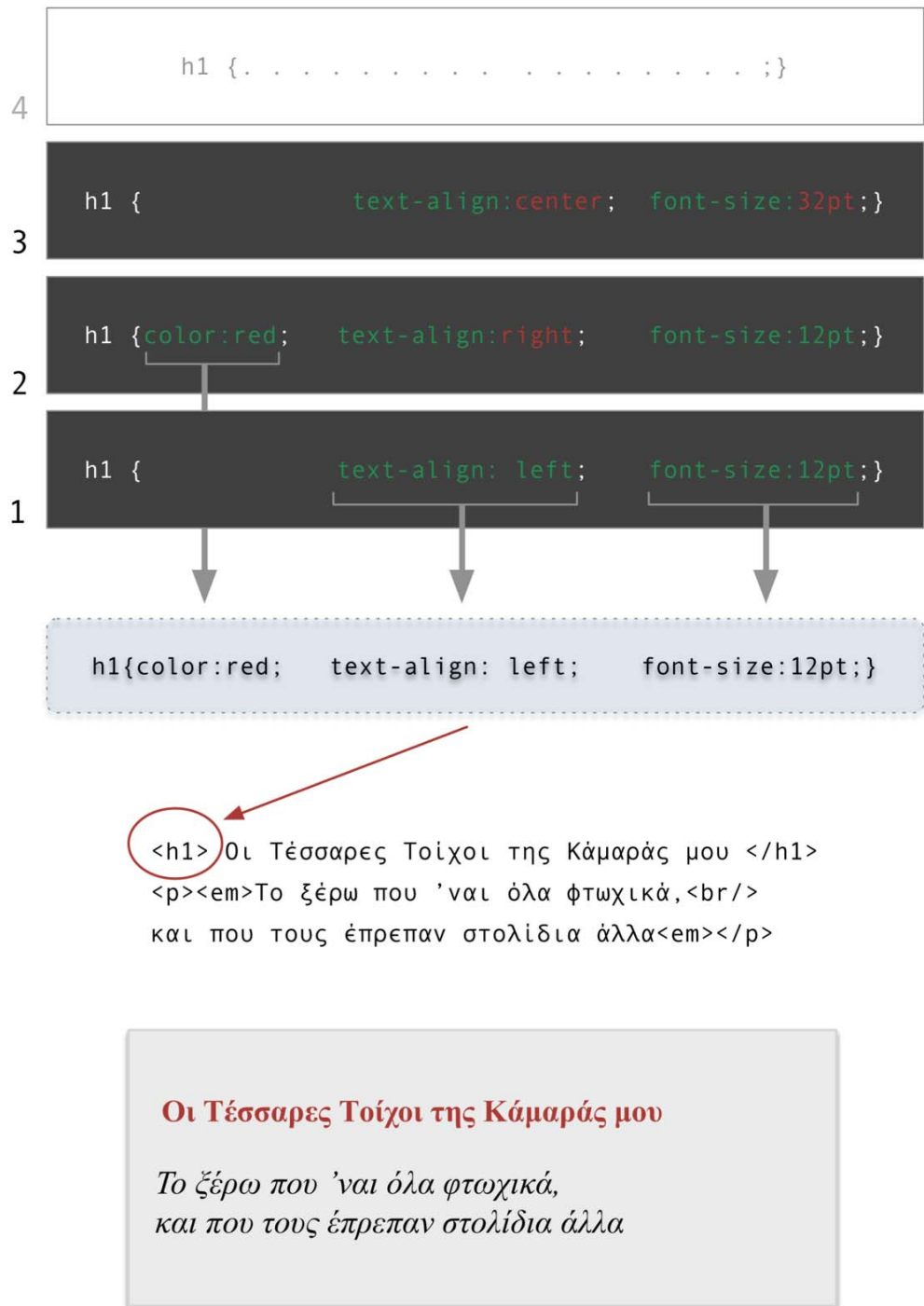
Ο βαθμός εγγυήτητας στο στοιχείο HTML είναι το κλειδί για την εφαρμογή χαρακτηριστικών διαμόρφωσης στυλ· κληρονομείται και εφαρμόζεται από την εφαρμογή περιήγησης η εγγύτερη στο στοιχείο HTML πληροφορία. Ο βαθμός εγγυήτητας

καθορίζεται από την τοποθεσία της πληροφορίας σε σχέση με τη θέση του στοιχείου HTML με την παρακάτω σειρά:

- (4) - προρρυθμίσεις στυλ της εφαρμογής περιήγησης (browser settings)
- (3) - εξωτερικό φύλλο στυλ (external style sheet)
- (2) - εσωτερικό φύλλο στυλ (internal style sheet), στο στοιχείο `<head>` του εγγράφου HTML
- (1) - εσωτερικό στυλ (inline style), μέσα σε ένα στοιχείο HTML
- (0) - Στοιχείο HTML

Δηλαδή, οι εσωτερικές οδηγίες στυλ, που εμφανίζονται μέσα σε ένα στοιχείο HTML, έχουν τη μέγιστη εγγύτητα, γεγονός που σημαίνει ότι υπερισχύουν αυτών ενός εσωτερικού φύλλου στυλ, ενός εξωτερικού φύλλου και αυτών (των προτιμήσεων) που διαθέτει η εφαρμογή περιήγησης.

Αν η ετικέτα `<a>` που αντιστοιχεί στον σύνδεσμο με ένα εξωτερικό φύλλο CSS, τοποθετηθεί μετά το εσωτερικό φύλλο στο πεδίο `<head>` του εγγράφου, το εξωτερικό φύλλο υπερισχύει του εσωτερικού.



**Εικόνα 9.8.** Ο συμψηφισμός μιας αλληλουχίας διαδοχικών πληροφοριών στυλ για τη μορφοποίηση κειμένου.

## 9.5 ΤΟ ΕΓΓΡΑΦΟ HTML



**Εικόνα 9.9.** Μια οπτικοποίηση της δομής ενός απλού εγγράφου HTML. Σε μορφή ιστοσελίδας εμφανίζεται μόνο η λευκή περιοχή, δηλαδή το περιεχόμενο χωρίς τις ετικέτες.

## 9.6 Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΕΓΓΡΑΦΟΥ HTML

Η δομή ενός απλού εγγράφου HTML, με περιεχόμενο μία επικεφαλίδα και δύο παραγράφους είναι όπως παρακάτω:

```
<html>
<head>
<title>ΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ</title>
</head>
<body>
<h1>ΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ</h1>
<p>Τα πάντα είναι δρόμος</p>
<p>Τα Πάντα Όλα</p>
</body>
</html>
```

Ο κώδικας θα μπορούσε να συνταχθεί και σε μία μόνο γραμμή, αλλά χάνεται η εικόνα της δομής του. Τα κενά διαστήματα ανάμεσα στα στοιχεία HTML δεν εμφανίζονται στην ιστοσελίδα. Στην **Εικόνα 9.9** φαίνεται η οργανωτική δομή του εγγράφου και στην εικόνα **Εικόνα 9.10** το αποτέλεσμα στο παράθυρο της εφαρμογής που διαβάζει το έγγραφο HTML.

```
<html>
<head>
<title>ΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ</title>
</head>
<body>
<h1>ΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ</h1>
<p>Τα πάντα είναι δρόμος</p>
<p>Τα Πάντα Όλα</p>
</body>
</html>
```

### ΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Τα πάντα είναι δρόμος

Τα Πάντα Όλα

**Εικόνα 9.10.** Το έγγραφο HTML (αριστερά) και η μεταμόρφωσή του σε ιστοσελίδα. Η γραμματοσειρά που εμφανίζεται είναι προ-ρυθμισμένη επιλογή της εφαρμογής περιήγησης.

### 9.6.1 <html>

Η ετικέτα `<html>` δηλώνει την αρχή ενός εγγράφου HTML και η αντίστοιχη `</html>` το τέλος του. Στην ετικέτα `<html>` φωλιάζουν όλα τα στοιχεία HTML του εγγράφου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η έκδοση της γλώσσας HTML που χρησιμοποιείται δεν προσδιορίζεται. Η δήλωση της γλώσσας HTML θεωρείται απαραίτητη (βλ. 9.2.4 DOCTYPE).

### 9.6.2 <head>

Το στοιχείο `head` είναι το πεδίο των μεταδεδομένων, των πληροφοριών δηλαδή που αφορούν στο έγγραφο και το περιεχόμενό του δεν εμφανίζεται στην ιστοσελίδα. Τα μεταδεδομένα τυπικά περιγράφουν τον τίτλο του εγγράφου, στυλ μορφοποίησης, υπερσυνδέσμους, κ.ά. Στο στοιχείο `head` μπορεί να καταχωρηθούν και σχόλια, για παράδειγμα:

```
<!--Αυτή η ιστοσελίδα σχεδιάστηκε από εμάς -->
```

Οι ετικέτες που περιγράφουν μεταδεδομένα είναι: `<title>`, `<style>`, `<meta>`, `<link>`, `<script>` και `<base>`.

### 9.6.3 <title>

Το στοιχείο **title** δηλώνει το όνομα του εγγράφου το οποίο και απαιτείται για όλα τα έγγραφα HTML και XHTML. Ορίζει τον τίτλο της σελίδας στην καρτέλα του browser και εμφανίζεται σε αποτελέσματα αναζήτησης ιστοσελίδων.

### 9.6.4 <style>

Το στοιχείο **style** χρησιμοποιείται για να ορίσει στυλ μορφοποίησης των στοιχείων HTML του εγγράφου. Θεωρείται εσωτερικό στυλ μορφοποίησης (βλ. 9.1.7 CSS).

### 9.6.5 <link>

Το στοιχείο **link** ορίζει τη σχέση του εγγράφου με έναν εξωτερικό πόρο και συνήθως χρησιμοποιείται για να συνδέσει το έγγραφο με εξωτερικά φύλλα στυλ. Παράδειγμα:

```
<link rel="stylesheet"
      href="mystyle.css">
```

### 9.6.6 <meta>

Το στοιχείο **meta** χρησιμοποιείται για την περιγραφή του εγγράφου, για λέξεις κλειδιά και άλλα μεταδεδομένα. Τα μεταδεδομένα χρησιμοποιούνται από εφαρμογές περιήγησης, μηχανές αναζήτησης και άλλες υπηρεσίες. Το στοιχείο `meta` έχει το ιδιοχαρακτηριστικό «name» με πεδίο τιμών το «content»: Παραδείγματα:

```
<meta name="description" content="ο κώδικας είναι τέχνη">
<meta name="keywords" content="φωτογραφία, τέχνη, πορτραίτο">
<meta charset="UTF-8">
<meta name="author" content="Κώστας Κολοκυθάς">
```

### 9.6.7 <script>

Το στοιχείο **script** χρησιμοποιείται για να ορίσει σενάρια-πελάτη Javascript.



### 9.6.8 <base>

Το στοιχείο **base** ορίζει ένα URL σαν βάση αναφοράς για όλους τους σχετικούς συνδέσμους της ιστοσελίδας. Για παράδειγμα:

```
<head>
<base href="http://www.mySite.com/photos/">
</head>
<body>


</body>
```

| Ετικέτες του πεδίου Head |                                                                                 |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Ετικέτα                  | Περιγραφή                                                                       |
| <title>                  | Ορίζει τον τίτλο του εγγράφου HTML                                              |
| <base>                   | Ορίζει μια διεύθυνση (URL) σαν βάση για όλες τις συνδέσεις της ιστοσελίδας      |
| <link>                   | Ορίζει την σχέση ανάμεσα σε ένα έγγραφο και μια εξωτερική πηγή (υπερσύνδεσμος). |
| <meta>                   | Ορίζει μεταδεδομένα σχετικά με ένα έγγραφο HTML                                 |
| <script>                 | Ορίζει ένα σενάριο-πελάτη (client-side script)                                  |
| <style>                  | Ορίζει οδηγίες μορφοποίησης στυλ                                                |

**Πίνακας 9.1.** Στοιχεία HTML που περιέχονται στο στοιχείο *head*.

### 9.6.9 <body>

Στο στοιχείο **body** βρίσκεται το περιεχόμενο του εγγράφου, αυτό που θα φαίνεται και στην ιστοσελίδα. Μπορεί να συμπεριλαμβάνει πολλά άλλα διαφορετικά στοιχεία HTML.

## 9.7 ΕΤΙΚΕΤΕΣ HTML

### 9.7.1 Επικεφαλίδες

Σαν επικεφαλίδα λογίζεται το περιεχόμενο που ορίζει την επικεφαλίδα ενός τμήματος του εγγράφου HTML. Για να δηλωθεί ένα στοιχείο επικεφαλίδας χρησιμοποιούνται οι ετικέτες h1, h2, h3, h4, h5 και h6. Η ετικέτα h1 απεικονίζει το περιεχόμενο με τη μεγαλύτερη γραμματοσειρά, ενώ η h6 με την μικρότερη, χωρίς τα μεγέθη να είναι συγκεκριμένα. Τυπικά στην ιστοσελίδα εμφανίζεται μια κενή γραμμή πριν και μετά την επικεφαλίδα. Το στοιχείο προσδιορίζει το περιεχόμενο δομικά.

```
<h1>Επικεφαλίδα1</h1>
<h2>Επικεφαλίδα2</h2>
<h3>Επικεφαλίδα3</h3>
<h4>Επικεφαλίδα4</h4>
<h5>Επικεφαλίδα5</h5>
<h6>Επικεφαλίδα6</h6>
```

```
<!doctype html>
<html>
<head>
<meta charset="UTF-8">
</head>
<body>
<h1>Επικεφαλίδα1</h1>
<h2>Επικεφαλίδα2</h2>
<h3>Επικεφαλίδα3</h3>
<h4>Επικεφαλίδα4</h4>
<h5>Επικεφαλίδα5</h5>
<h6>Επικεφαλίδα6</h6>
</body>
</html>
```

### Επικεφαλίδα1

### Επικεφαλίδα2

### Επικεφαλίδα3

### Επικεφαλίδα4

### Επικεφαλίδα5

### Επικεφαλίδα6

Εικόνα 9.11.

### 9.7.2 Παράγραφοι

Παράγραφος τυπικά θεωρείται μια ροή φραστικού περιεχομένου που σχηματίζει ένα μπλοκ κειμένου με μια ή περισσότερες προτάσεις που αφορούν σε ένα συγκεκριμένο θέμα. Οι παράγραφοι δηλώνονται αποκλειστικά με την ετικέτα <p>. Το στοιχείο διακόπτει τη ροή του κειμένου και το κείμενο αλλάζει γραμμή. Για την αλλαγή γραμμής χωρίς αλλαγή παραγράφου χρησιμοποιείται η ετικέτα <br>. Συνήθως χρησιμοποιείται και μόνη της με το σχήμα <br />.

```
<html>
<head>
</head>
<body>
<h1>Πρώτη Παράγραφος</h1>
<p>Πρώτη Παράγραφος</p>
<p>Δεύτερη Παράγραφος</p>
</body>
</html>
```

### Πρώτη Παράγραφος

Πρώτη Παράγραφος

Δεύτερη Παράγραφος

Εικόνα 9.12.

### 9.7.3 Λίστες

Οι λίστες που χρησιμοποιούνται στην HTML είναι οι αταξινομήτες (unordered) και οι ταξινομημένες (ordered).

Μια αταξινομήτη λίστα ξεκινά με την ετικέτα `<ul>`. Κάθε αντικείμενο της λίστας ξεκινά με την ετικέτα `<li>`. Όλα τα στοιχεία `<li>` εμπεριέχονται στο στοιχείο `<ul>`. Πριν από την κάθε γραμμή της λίστας εμφανίζεται μια μαύρη τελεία. Το στοιχείο `<ul>` διαθέτει το ιδιοχαρακτηριστικό `style` (Πίνακας 9.2) για την αντικατάσταση της τελείας με ένα δίσκο, με ένα κύκλο, με ένα τετράγωνο ή με κενό χώρο.

| δήλωση                              | περιγραφή                                            |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <code>list-style-type:disc</code>   | The list items will be marked with bullets (default) |
| <code>list-style-type:circle</code> | The list items will be marked with circles           |
| <code>list-style-type:square</code> | The list items will be marked with squares           |
| <code>list-style-type:none</code>   | The list items will not be marked                    |

Πίνακας 9.2.

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<body>
<h3>Αταξινομήτη Λίστα με κουκίδες</h3>
<ul>
<li>Α</li><li>Β</li><li>Γ</li><li>Δ</li>
</ul>
<h3>Αταξινομήτη Λίστα χωρίς κουκίδες</h3>
<ul style="list-style-type:none">
<li>Α</li><li>Β</li><li>Γ</li><li>Δ</li>
</ul>
</body>
</html>

```

**Αταξινομήτη Λίστα με κουκίδες**

- A
- B
- Γ
- Δ

**Αταξινομήτη Λίστα χωρίς κουκίδες**

- A
- B
- Γ
- Δ

Εικόνα 9.13.

Οι ταξινομημένες λίστες ξεκινούν με την ετικέτα `<ol>`. Κάθε αντικείμενο της λίστας αρχίζει με την ετικέτα `<li>`. Τα αντικείμενα της λίστας αριθμούνται με νούμερα ξεκινώντας από το 1. Η αρίθμηση μπορεί να γίνει επίσης και με γράμματα, πεζά και κεφαλαία, και με άλλα σύμβολα (Πίνακας 9.3) χρησιμοποιώντας το ιδιοχαρακτηριστικό `type`.

| τύπος                 | Περιγραφή                                                        |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------|
| <code>type="1"</code> | Το αντικείμενο της λίστας αριθμείται με νούμερα (προρύθμιση)     |
| <code>type="A"</code> | Το αντικείμενο της λίστας αριθμείται με κεφαλαία γράμματα        |
| <code>type="a"</code> | Το αντικείμενο της λίστας αριθμείται με πεζά γράμματα            |
| <code>type="I"</code> | Το αντικείμενο της λίστας αριθμείται με κεφαλαία ρωμαϊκά νούμερα |
| <code>type="i"</code> | Το αντικείμενο της λίστας αριθμείται με πεζούς ρωμαϊκούς νούμερα |

Πίνακας 9.3. Το ιδιοχαρακτηριστικό `type` για την αλλαγή συμβόλων αταξινομήτης λίστας.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<body>
<h3>Αριθμητικά Ταξινομημένη Λίστα</h3>
<ol>
  <li>Α</li><li>Β</li><li>Γ</li><li>Δ</li>
</ol>
</body>
</html>
```

#### Αριθμητικά Ταξινομημένη Λίστα

1. Α
2. Β
3. Γ
4. Δ

**Εικόνα 9.14.**

### 9.7.4 Πίνακες

Οι πίνακες ορίζονται από το στοιχείο `<table>`. Χωρίζονται σε σειρές με την ετικέτα `<tr>` (table row) και οι σειρές χωρίζονται σε κυψέλες δεδομένων πίνακα (table data) με την ετικέτα `<td>`. Η ετικέτα `<th>` (table header). Οι ετικέτες `<td>` περικλείουν τα δεδομένα του πίνακα, μπορεί όμως να περιέχουν διάφορα άλλα στοιχεία όπως κείμενα, εικόνες, άλλους πίνακες κλπ.

| Ετικέτες για Πίνακες          |                                                                                            |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ετικέτα                       | Περιγραφή                                                                                  |
| <code>&lt;table&gt;</code>    | Ορίζει ένα πίνακα                                                                          |
| <code>&lt;th&gt;</code>       | Ορίζει μια κεφαλίδα                                                                        |
| <code>&lt;tr&gt;</code>       | Ορίζει μια σειρά σε ένα πίνακα                                                             |
| <code>&lt;td&gt;</code>       | Ορίζει μια κυψέλη δεδομένων σε μια σειρά ενός πίνακα                                       |
| <code>&lt;caption&gt;</code>  | Ορίζει μια λεζάντα πίνακα                                                                  |
| <code>&lt;colgroup&gt;</code> | Ορίζει a group of one or more columns in a table for formatting                            |
| <code>&lt;col&gt;</code>      | Specifies column properties for each column within a <code>&lt;colgroup&gt;</code> element |
| <code>&lt;thead&gt;</code>    | Ομαδοποιεί το περιεχόμενο της κεφαλίδας σε ένα πίνακα                                      |
| <code>&lt;tbody&gt;</code>    | Ομαδοποιεί το περιεχόμενο του σώματος σε ένα πίνακα                                        |
| <code>&lt;tfoot&gt;</code>    | Ομαδοποιεί το περιεχόμενο του υποσέλιδου σε ένα πίνακα                                     |

**Πίνακας 9.4.**

Τυπικός κώδικας HTML για ένα πίνακα με τρεις σειρές και τρεις κυψέλες δεδομένων για κάθε σειρά (3x3). Εκτός από τα βασικά στοιχεία χρησιμοποιείται η ετικέτα `<caption>` για λεζάντα που θα εμφανίζεται επάνω από τον πίνακα. Ο πίνακας εμφανίζεται όπως στην

**Εικόνα 9.15.**

```
<table>
<caption>Αυτός είναι ένας πίνακας</caption>
<tr>
<td>σειρά 01 - στήλη 01</em></td>
<td>σειρά 01 - στήλη 02</em></td>
<td>σειρά 01 - στήλη 03</em></td>
</tr>
<tr>
<td>σειρά 02 - στήλη 01</em></td>
<td>σειρά 02 - στήλη 02</em></td>
```

```

<td>σειρά 02 - στήλη 03</em></td>
</tr>
<tr>
<td>σειρά 03 - στήλη 01</em></td>
<td>σειρά 03 - στήλη 02</em></td>
<td>σειρά 03 - στήλη 03</em></td>
</tr>
</table>

```

|                          |                     |                     |
|--------------------------|---------------------|---------------------|
| Αυτός είναι ένας πίνακας |                     |                     |
| σειρά 01 - στήλη 01      | σειρά 01 - στήλη 02 | σειρά 01 - στήλη 03 |
| σειρά 02 - στήλη 01      | σειρά 02 - στήλη 02 | σειρά 02 - στήλη 03 |
| σειρά 03 - στήλη 01      | σειρά 03 - στήλη 02 | σειρά 03 - στήλη 03 |

Εικόνα 9.15.

|                          |                     |                     |
|--------------------------|---------------------|---------------------|
| Αυτός είναι ένας πίνακας |                     |                     |
| σειρά 01 - στήλη 01      | σειρά 01 - στήλη 02 | σειρά 01 - στήλη 03 |
| σειρά 02 - στήλη 01      | σειρά 02 - στήλη 02 | σειρά 02 - στήλη 03 |
| σειρά 03 - στήλη 01      | σειρά 03 - στήλη 02 | σειρά 03 - στήλη 03 |

|                          |                     |                     |
|--------------------------|---------------------|---------------------|
| Αυτός είναι ένας πίνακας |                     |                     |
| σειρά 01 - στήλη 01      | σειρά 01 - στήλη 02 | σειρά 01 - στήλη 03 |
| σειρά 02 - στήλη 01      | σειρά 02 - στήλη 02 | σειρά 02 - στήλη 03 |
| σειρά 03 - στήλη 01      | σειρά 03 - στήλη 02 | σειρά 03 - στήλη 03 |

|                          |                     |                     |
|--------------------------|---------------------|---------------------|
| Αυτός είναι ένας πίνακας |                     |                     |
| σειρά 01 - στήλη 01      | σειρά 01 - στήλη 02 | σειρά 01 - στήλη 03 |
| σειρά 02 - στήλη 01      | σειρά 02 - στήλη 02 | σειρά 02 - στήλη 03 |
| σειρά 03 - στήλη 01      | σειρά 03 - στήλη 02 | σειρά 03 - στήλη 03 |

Εικόνα 9.16.

Για τη διαμόρφωση του πίνακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ιδιοχαρακτηριστικά των στοιχείων, όπως το «colspan» (προεκτείνει ένα κελί σε περισσότερες από μία στήλες) και το «rowspan» (προεκτείνει ένα κελί σε περισσότερες από μία σειρές). Για τη μορφοποίηση του πίνακα (χρώματα, γραμμές, κλπ), θεωρείται καλή πρακτική η χρήση φύλλων CSS και όχι οι ιδιότητες των ετικετών HTML. Τα αποτελέσματα διαμορφώσεων του ίδιου πίνακα φαίνονται στην **Εικόνα 9.16**.



### 9.7.5 Εικόνες

Για την ενσωμάτωση εικόνων σε ιστοσελίδες χρησιμοποιείται το στοιχείο `<img>`. Η ετικέτα `<img>` είναι κενή, περιέχει μόνο ιδιοχαρακτηριστικά και δεν απαιτεί αντίστοιχη ετικέτα λήξης. Η τυπική σύνταξη είναι:

```

```

Το ιδιοχαρακτηριστικό `src` (από το `source` - πηγή) δηλώνει το URL του πόρου (εικόνας) και το `alt` ένα εναλλακτικό κείμενο, στην περίπτωση που δεν είναι εφικτή η προβολή της εικόνας. Το `alt` θεωρείται εφαρμογή καλής πρακτικής και επιβάλλεται χωρίς αυτό η σελίδα δεν θεωρείται έγκυρος κώδικας HTML.

Για τον ορισμό των διαστάσεων της εικόνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ιδιοχαρακτηριστικό `<style>` με τις τιμές να ορίζονται σε pixels.

```

```

Οι εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν σύνδεσμοι (links) με την χρήση της ετικέτας `<a>`:

```
<a href="mySite.html">  
  
</a>
```

### 9.7.6 Σύνδεσμοι

Οι σύνδεσμοι ή υπερσύνδεσμοι (hyperlinks) ορίζονται με την χρήση της ετικέτας `<a>`, όπως:

```
<a href="URL" target="_blank">Η συλλογή</a>
```

Το ιδιοχαρακτηριστικό `href` ορίζει το URL του συνδεδεμένου εγγράφου και το `target` ορίζει που θα ανοίξει το συνδεδεμένο έγγραφο HTML.

| Τιμή target            | Περιγραφή                                                 |
|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <code>_blank</code>    | άνοιγμα σε νέο παράθυρο ή καρτέλα                         |
| <code>_self</code>     | άνοιγμα στο ίδιο παράθυρο (προρύθμιση)                    |
| <code>_parent</code>   | άνοιγμα στο γονικό παράθυρο                               |
| <code>_top</code>      | άνοιγμα στην κορυφή του παραθύρου                         |
| <code>framename</code> | άνοιγμα του συνδεδεμένου εγγράφου σε ένα δηλωμένο πλαίσιο |

**Πίνακας 9.5.** Τιμές του ιδιοχαρακτηριστικού `target`.

Όταν ο δείκτης του ποντικιού περνά πάνω από ένα σύνδεσμο τυπικά μετατρέπεται σε μικρό χέρι και το κείμενο αλλάζει χρώμα. Η προ-ρύθμιση για όλες τις εφαρμογές περιήγησης είναι:

- ο σύνδεσμος που δεν έχει επισκεφτεί είναι υπογραμμισμένος με χρώμα μπλε.
- ο σύνδεσμος που έχει επισκεφτεί είναι υπογραμμισμένος με χρώμα μωβ.
- ο σύνδεσμος που είναι ενεργός είναι υπογραμμισμένος με χρώμα κόκκινο.

Τα χρώματα αυτά μπορούν να αλλάξουν με το στοιχείο `<style>`, όπως για παράδειγμα:

```
<style>
a:link
{color:green; background-color:transparent; text-decoration:none}
a:visited
{color:pink; background-color:transparent; text-decoration:none}
a:hover
{color:red; background-color:transparent; text-
decoration:underline}
a:active
{color:yellow; background-color:transparent; text-
decoration:underline}
</style>
```

## 9.8 HTML ΚΑΙ XHTML

Η γλώσσα XHTML (EXtensible HyperText Markup Language – Επεκτάσιμη Γλώσσα Σήμανσης Υπερκειμένου) είναι HTML γραμμένη ως XML. Η XML (Extensible Markup Language) είναι μια γλώσσα σήμανσης, όπως και η HTML, η οποία σχεδιάστηκε για να αποθηκεύει και να μεταφέρει δεδομένα· καθορίζει τους κανόνες για την κωδικοποίηση εγγράφων σε μία αναγνώσιμη διαμόρφωση για ανθρώπους αλλά και για μηχανές.

Η XHTML σε επίπεδο σήμανσης είναι σχεδόν παρόμοια με την HTML, έχει πιο αυστηρούς κανόνες σύνταξης και υποστηρίζεται από όλες τις εφαρμογές περιήγησης. Η τελευταία έκδοση είναι η XHTML5 και αναπτύσσεται παράλληλα με το πρότυπο HTML5. Σημαντικές διαφορές από την HTML, αφορούν στα παρακάτω:

### Δομή του Εγγράφου

- Η δήλωση DOCTYPE είναι υποχρεωτική.
- Οι ετικέτες <html>, <head>, <title> και <body> είναι υποχρεωτικές.

### Στοιχεία XHTML

- Πρέπει να είναι σωστά φωλιασμένα.
- Πρέπει να έχουν ετικέτες λήξης ή να κλείνουν μόνα τους.
- Πρέπει αν είναι γραμμένα με πεζούς χαρακτήρες.

### 9.8.1 Ιδιοχαρακτηριστικά XHTML

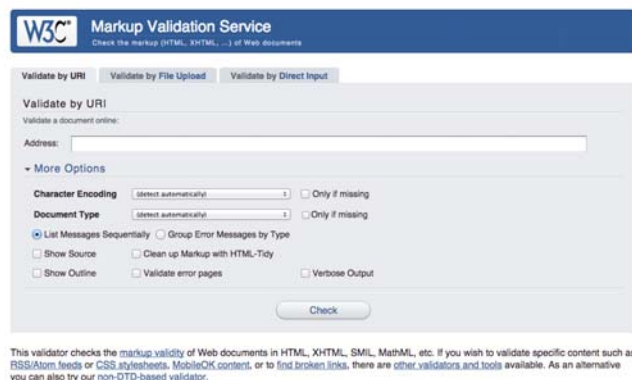
- Πρέπει αν είναι γραμμένα με πεζούς χαρακτήρες .
- Οι τιμές των χαρακτηριστικών πρέπει να περικλείονται σε εισαγωγικά.

### 9.8.2 Η Βασική Δομή ενός Εγγράφου XHTML

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
  <title>Τίτλος Εγγράφου</title>
</head>
<body>
  περιεχόμενο, περιεχόμενο, περιεχόμενο
</body>
</html>
```

## 9.9 DOCTYPE

Τα έγγραφα HTML και XHTML είναι σημαντικό να περιέχουν τη δήλωση **DTD** (Document Type Declaration). Ο λόγος είναι γιατί τα έγγραφα προσδιορίζονται όχι μόνο από την εκάστοτε εκδοχή της γλώσσας HTML (HTML 4.01 Strict, HTML 4.01 Transitional, XHTML 1.0 Strict, κ.ά.), στην οποία συμμορφώνονται, αλλά και από μια γλώσσα μηχανής η οποία προσδιορίζει την εγκυρότητα της δομής των στοιχείων HTML και των χαρακτηριστικών τους. Αυτός ο προσδιορισμός λέγεται Document Type Definition και δηλώνεται στην αρχή κάθε εγγράφου HTML μέσα στο πεδίο της ετικέτας `<html>` με το «!DOCTYPE» (Πίνακας 9.6).



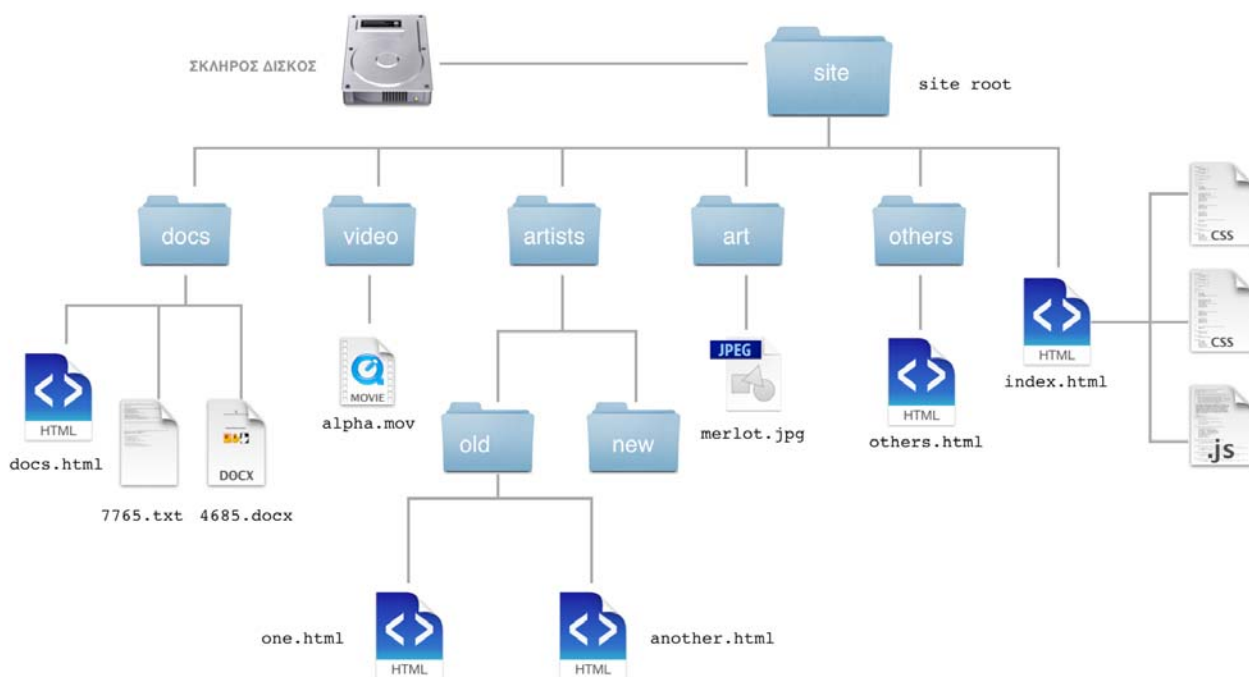
**Εικόνα 9.17.** Το GUI της δικτυακής εφαρμογής Markup Validation Service του οργανισμού W3C <sup>63</sup>.

Προγράμματα και εργαλεία που επεξεργάζονται έγγραφα HTML χρειάζεται να γνωρίζουν ποιο DTP χρησιμοποιείται. Ένα τέτοιο ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο είναι το πρόγραμμα που ελέγχει την εγκυρότητα του κώδικα σε έγγραφα HTML και προσφέρεται δωρεάν από τον οργανισμό W3C (**Εικόνα 9.17**).

| Δηλώσεις DTD σε έγγραφα HTML |                                                                                                                                              |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HTML 4.01                    | <code>&lt;!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd"&gt;</code>                    |
| HTML 4.01 (transitional)     | <code>&lt;!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd"&gt;</code>                    |
| HTML 4.01 (strict)           | <code>&lt;!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN" "http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd"&gt;</code>                                |
| XHTML 1.0                    | <code>&lt;!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd"&gt;</code> |
| HTML 5                       | <code>&lt;!DOCTYPE html&gt;</code>                                                                                                           |

**Πίνακας 9.6.** Δηλώσεις DOCTYPE για διαφορετικές εκδόσεις HTML στο στοιχείο `<html>`.

<sup>63</sup> (Πηγή: [http://validator.w3.org/#validate\\_by\\_uri+with\\_options](http://validator.w3.org/#validate_by_uri+with_options)), Copyright © 1994-2013 W3C® (MIT, ERCIM, KEIO, BEIHANG), All Rights Reserved, η εικόνα διανέμεται σύμφωνα με την άδεια: «Web Document License: <http://www.w3.org/Consortium/Legal/2015/doc-license>»)



**Εικόνα 9.18.** Τυπική δομή του αρχείου καταλόγων ενός ιστότοπου. Ο κατάλογος (φάκελος) πρώτου επιπέδου, που αποκαλείται και *site root* (μπορεί να έχει οποιοδήποτε όνομα) περιέχει όλους τους υποκαταλόγους, οι οποίοι με την σειρά τους περιέχουν όλους τους πόρους του ιστότοπου. Το πρώτο αρχείο έχει τυπικά την ονομασία «index» (ευρετήριο) και την κατάληξη «.html» (*index.html*).

## 9.10 ΜΟΝΟΠΑΤΙΑ ΚΑΙ URL

Κάθε ψηφιακός πόρος (αρχεία κειμένου, εικόνες, γραφικών, ήχου, βίντεο, κλπ.) βρίσκεται μέσα σε κάποιο κατάλογο αρχείων (ή αλλιώς φάκελο) του συστήματος αρχείων του υπολογιστή. Η ακριβής τοποθεσία του ενδιαφέρει να ορίζεται πάντοτε σε σχέση με τον αρχικό κατάλογο, δηλαδή τον κατάλογο πρώτου επιπέδου (λέγεται και κατάλογος ρίζα), αυτόν που περιέχει όλους τους υποκαταλόγους με τα αρχεία του υπολογιστή.

Η ακριβής θέση του αρχείου περιγράφεται από τη λεγόμενη **διαδρομή αρχείου** ή **μονοπάτι αρχείου (file path)**, η οποία δίνει ονομαστικά τη σειρά των φακέλων από τον κατάλογο ρίζα μέχρι και τον φάκελο όπου βρίσκεται το αρχείο και το όνομα του αρχείου. Τα ονόματα των φακέλων τυπικά διαχωρίζονται με μία κάθετη πλάγια μπάρα (ποικίλλει από λειτουργικό σε λειτουργικό)· η μπάρα που βρίσκεται στην αρχή αυτής της σειράς υποδηλώνει τον κατάλογο ρίζα. Η διαδρομή αρχείου που ορίζεται ως προς τον αρχικό κατάλογο περιέκτη (κατάλογο-ρίζα) λέγεται **απόλυτη διαδρομή αρχείου**. Αν η θέση του αρχείου οριστεί σε σχέση με κάποιον άλλον ενδιάμεσο φάκελο, τότε η διαδρομή αυτή λέγεται **σχετική διαδρομή αρχείου**.

Οι διαδρομές αρχείων στο σύστημα αρχείων ενός ιστότοπου καθορίζουν το URL του πόρου (βλ. 9.1.1 - URI και URL). Τυπικά τα URLs έχουν τρία μέρη.

- Το όνομα του πρωτοκόλλου επικοινωνίας των δεδομένων (HTTP).
- Το όνομα του εξυπηρετητή που φιλοξενεί τον πόρο (Domain Name Server).
- Την διαδρομή αρχείου του πόρου (file path).

Ανάλογα με τον τύπο της διαδρομής αρχείου που χρησιμοποιείται, δημιουργούνται τριών είδους URLs. Τα απόλυτα και τα σχετικά ως προς τη ρίζα και ως προς το έγγραφο.

Στην περίπτωση που σε ένα έγγραφο HTML θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα υπερσύνδεσμο (hyperlink) προς ένα πόρο που βρίσκεται στον ίδιο κατάλογο αρχείων (**Εικόνα 9.19**) με αυτό, χρησιμοποιούμε τη σχετική διαδρομή αρχείου, δηλαδή μόνο το όνομα του αρχείου, όπως: «another.html» ή «4685.docx» και το χαρακτηριστικό href της ετικέτας σύνδεσης <a> θα έχει την τιμή: 4685.docx ή another.html.

```
<a href="4685.docx"></a>, <a href=" another.html"></a>
```

Όταν θέλουμε να δημιουργήσουμε έναν σύνδεσμο προς ένα πόρο που βρίσκεται σε άλλο κατάλογο (**Εικόνα 9.20**), χρησιμοποιούμε το ανάλογο σχετικό μονοπάτι αρχείου, όπως: artists/old/another.html.

```
<a href="artists/old/another.html ">κείμενο συνδέσμου</a>
```

όπου το σύμβολο «/» δηλώνει την αλλαγή ενός επιπέδου καταλόγου στην ιεραρχία των φακέλων προς τα κάτω.

Όταν θέλουμε να δημιουργήσουμε έναν σύνδεσμο προς ένα πόρο που βρίσκεται σε ανώτερο επίπεδο καταλόγου (**Εικόνα 9.21**), χρησιμοποιούμε τη σχετική διαδρομή προς τα επάνω. Για τη δημιουργία συνδέσμου από την σελίδα «another» προς την σελίδα «index» το μονοπάτι αρχείου είναι «../index.html», όπως:

```
<a href="../../../index.html ">κείμενο συνδέσμου</a>
```

όπου το σύμβολο «../» δηλώνει την αλλαγή επιπέδου καταλόγου προς τα επάνω. Εφόσον το έγγραφο «another.html» βρίσκεται στον φάκελο «old» και το «index.html» στον κατάλογο-ρίζα του ιστότοπου (δύο επίπεδα πιο πάνω), χρησιμοποιούμε το σύμβολο «../» δύο φορές.

Η χρήση σχετικών διαδρομών αρχείων ως προς τη θέση του πόρου (**document-relative paths**) είναι η πιο συνηθισμένη· λέγονται και τοπικές συνδέσεις. Τυπικά, σε ένα πρόγραμμα συγγραφής ιστοσελίδων δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα να επιλέξει και έναν άλλο τύπο σχετικής διαδρομής, αυτής σε σχέση με τη ρίζα του ιστότοπου και όχι με τον κατάλογο του πόρου, η οποία λέγεται **site root-relative**. Συντάσσεται ξεκινώντας πάντοτε με μια πλάγια μπάρα η οποία υποδηλώνει τον κατάλογο ρίζα του ιστότοπου.

```
<a href="/artists/old/another.html">κείμενο συνδέσμου</a>
```

Τα σχετικά URL (αυτά δηλ. με σχετικά μονοπάτια αρχείων) είναι πρακτικά σε ότι αφορά την οικονομία συγγραφής του κώδικα HTML. Αυτά, πάντοτε μεταφράζονται σε απόλυτα URL για να είναι εφικτή η προσπέλαση στον πόρο που καταδεικνύουν μέσω διαδικτύου.

Όλα τα URL που αναφέραμε, παραπέμπουν στον πόρο αυτό καθαυτό αλλά όχι σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο μέσα στον ίδιο τον πόρο. Γι αυτό και οι τυπικές ιστοσελίδες εμφανίζονται πάντοτε από την αρχή και όχι από το τέλος τους ή κάποιο άλλο ενδιάμεσο σημείο. Αν θέλουμε να παραπέμπουμε σε ένα συγκεκριμένο σημείο της ιστοσελίδας, π.χ. κάποιας ενότητας ή κεφαλαίου κλπ., χρησιμοποιούμε στο τέλος της διαδρομής αρχείου μια δίσωση (#) η οποία αντιστοιχεί στη θέση αυτή. Η θέση σημαίνεται με την ετικέτα <a> (σημείο αγκύρωσης) στο εν λόγω σημείο του εγγράφου, ακολουθούμενη από το όνομα της θέσης (αγκύρωσης). Παράδειγμα:

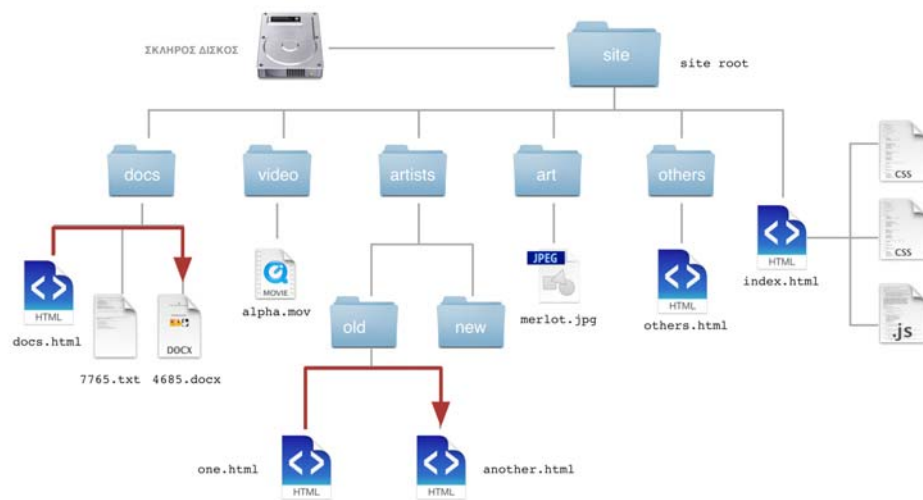
```
http://site.com/index.html#section_2
```

Η σήμανση της εν λόγω θέσης «section\_2» πρέπει να έχει τη μορφή (η τιμή «name» είναι το όνομά της):

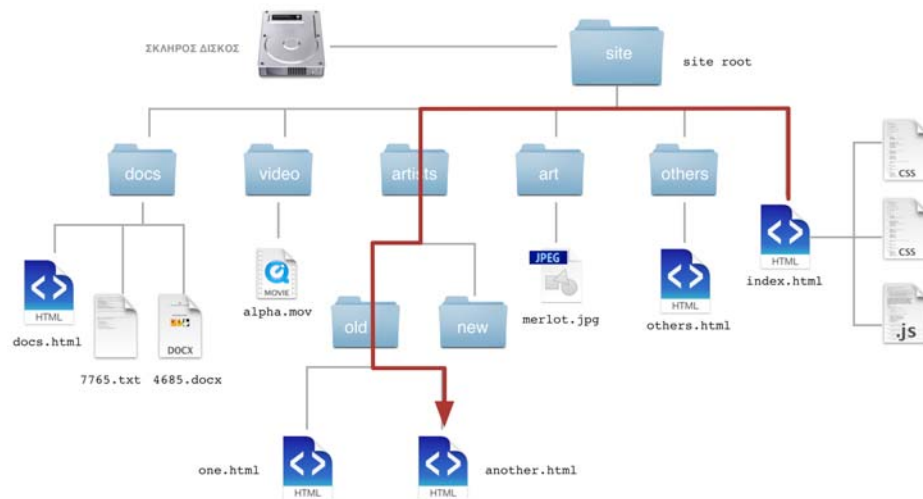
```
<a name="section_2">Κατάλογος Φωτογραφικών Έργων<a>
```

Τα URLs αυτού του τύπου λέγονται κατακερματισμένα (fragmented URLs) και μπορούν να χρησιμοποιούν απόλυτη ή σχετική διαδρομή-αρχείου (W3C n.d.).

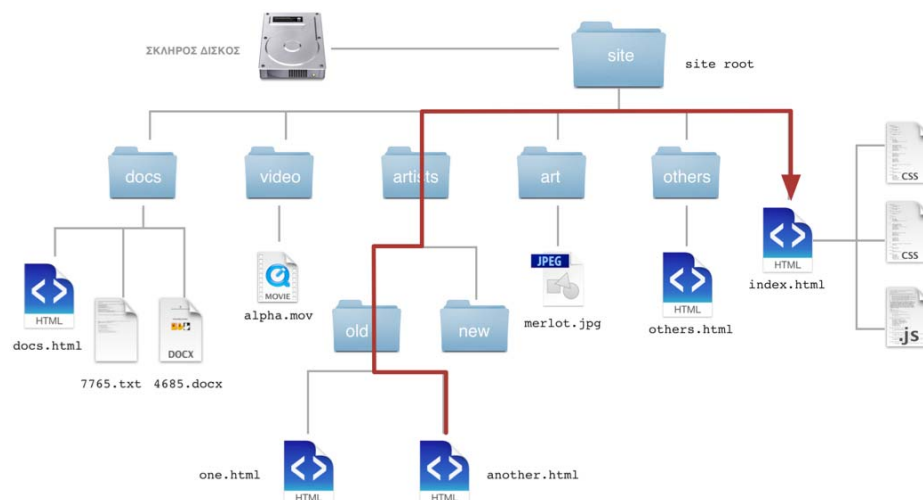




**Εικόνα 9.19.** Διαδρομές αρχείων στον ίδιο κατάλογο.



**Εικόνα 9.20.** Διαδρομή αρχείου σε πόρο άλλου καταλόγου που βρίσκεται δύο επίπεδα προς τα κάτω.



**Εικόνα 9.21.** Διαδρομή αρχείου σε πόρο άλλου καταλόγου που βρίσκεται δύο επίπεδα προς τα κάτω. Το `index.html` βρίσκεται στον κατάλογο-ρίζα του ιστότοπου.

## 9.11 ΧΡΩΜΑΤΑ HTML

Επειδή τα χρώματα μιας ιστοσελίδας προβάλλονται σε οθόνες υπολογιστών και επειδή οι οθόνες χρησιμοποιούν το χρωματικό μοντέλο RGB, αυτό που μας ενδιαφέρει είναι να επικοινωνήσουμε τις εντάσεις των τριών βασικών χρωμάτων, του Κόκκινου (R), Πράσινου (G) και Μπλε (B), δηλαδή τιμές RGB.

Τα χρώματα στη γλώσσα HTML μπορούν να οριστούν με αριθμούς που εκπροσωπούν τιμές RGB· κάποια χρώματα μπορούν να οριστούν και περιγραφικά με το όνομά τους. Οι αριθμοί μπορεί να είναι δεκαδικοί ή δεκαεξαδικοί.

### 9.11.1 Δεξαεξαδικά Χρώματα

Ένα δεκαεξαδικό χρώμα ορίζεται με το σχήμα #RRGGBB, όπου τα RR (Red), GG (Green) και BB (Blue) είναι δεκαεξαδικοί αριθμοί που ορίζουν τις αντίστοιχες εντάσεις των χρωμάτων. Όλες οι τιμές πρέπει να είναι ανάμεσα από το 00 και το FF.

Για παράδειγμα, η τιμή #FF0000 αποδίδεται ως Κόκκινο, γιατί το Κόκκινο έχει την ανώτερη τιμή του (FF), ενώ το Πράσινο και το Μπλε την ελάχιστη δυνατή (00). Η τιμή #000000 αποδίδεται ως μαύρο, ενώ η τιμή #FFFFFF ως λευκό. Οι δεκαεξαδικές χρωματικές τιμές υποστηρίζονται από όλες τις εφαρμογές περιήγησης.

|                                                                                     |         |                   |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|---------|
|    | #FF0000 | rgb (255,0,0)     | κόκκινο |
|    | #00FF00 | rgb (0,255,0)     | πράσινο |
|   | #0000FF | rgb (0,0,255)     | μπλε    |
|  | #FFFFFF | rgb (255,255,255) | λευκό   |
|  | #808080 | rgb (128,128,128) | γκρι    |
|  | #000000 | rgb (0,0,0)       | μαύρο   |

### 9.11.2 Χρώματα RGB

Μια χρωματική τιμή RGB ορίζεται με το σχήμα rgb (red, green, blue), όπου κάθε μια από τις τρεις παραμέτρους μπορεί να πάρει μια τιμή από 0-255. Αν και οι τρεις τιμές είναι 000 το χρώμα αποδίδεται ως μαύρο, αν και οι τρεις είναι 255 το χρώμα αποδίδεται ως λευκό. Αν και οι τρεις τιμές είναι 128 το χρώμα αποδίδεται ως μεσαίο γκρι. Ανάλογα με τις αναλογίες των εντάσεων προκύπτουν όλα τα χρώματα. Οι χρωματικές τιμές RGB υποστηρίζονται από όλες τις εφαρμογές περιήγησης.

### 9.11.3 Χρώματα RGBA

Παραλλαγή του RGB. Το σχήμα είναι rgb (red, green, blue, alpha). Η τέταρτη παράμετρος περιγράφει διαφάνεια (Alpha) και δέχεται τιμές από 0.0 (100% διαφάνεια) έως 1.0 (100% αδιαφάνεια).

### 9.11.4 Χρώματα με Όνομα

Όλες οι κύριες εφαρμογές περιήγησης υποστηρίζουν την απεικόνιση 140 ονομαστικών χρωμάτων. Τα 17 από αυτά είναι τα: aqua, black, blue, fuchsia, gray, grey, green, lime, maroon, navy, olive, purple, red, silver, teal, white και yellow.

Σύμφωνα με το σχήμα rgb(R,G,B) είναι δυνατή η περιγραφή 16.000.000 χρωμάτων. Από αυτά μπορούν απεικονιστούν σε οθόνες υπολογιστών περίπου 16.000. Το πραγματικό χρώμα που προκύπτει δεν μπορεί να είναι το ίδιο για κάθε συσκευή.

## 9.12 HTML 5

Η HTML5 είναι η πιο πρόσφατη εξέλιξη της γλώσσας HTML (η τελευταία έγινε το 1999). Αν και πρόκειται για εργασία σε εξέλιξη, υποστηρίζεται από το σύνολο σχεδόν των γνωστών εφαρμογών περιήγησης (Safari, Chrome, Firefox, Opera, Internet Explorer). Η ανάπτυξή της ξεκίνησε το 2006 από κοινού με το World Wide Web Consortium (W3C) και το Web Hypertext Application Technology Working Group (WHATWG). Βασικοί στόχοι ήταν η μείωση της εξάρτησης από εξωτερικά προγράμματα (plugins), όπως π.χ. το Adobe Flash, η μείωση της εξάρτησης από προγράμματα σεναρίων με την εισαγωγή νέων στοιχείων HTML, ο καλύτερος χειρισμός αστοχιών και σφαλμάτων, η μη εξάρτηση από συσκευές για την εφαρμογή της και η διαφάνεια της διαδικασίας ανάπτυξης. Όλα τα νέα χαρακτηριστικά της έκδοσης βασίζονται στην HTML, CSS, DOM και στην γλώσσα JavaScript (W3C 2014).

Τα πιο ενδιαφέροντα νέα στοιχεία της HTML5 είναι το στοιχείο canvas (για σχέδιο), τα στοιχεία video και audio, η καλύτερη υποστήριξη τοπικής αποθήκευσης, στοιχεία HTML που σχετίζονται με το είδος του περιεχόμενου μιας ιστοσελίδας και τα νέα στοιχεία για τον έλεγχο σε φόρμες υποβολής.

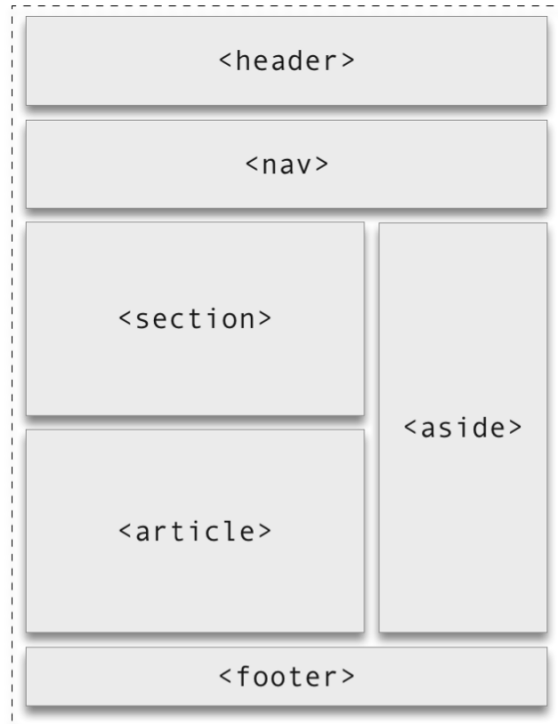
| Νέα στοιχεία HTML 5 για ψηφιακά μέσα |                                                                           |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Ετικέτα                              | Περιγραφή Στοιχείου                                                       |
| <audio>                              | Πολυμεσικό περιεχόμενο, ήχο, μουσική ή άλλες ροές ήχου                    |
| <video>                              | Για περιεχόμενο βίντεο ή άλλες ροές βίντεο                                |
| <source>                             | Για πόρους ψηφιακών μέσων, ορίζεται μέσα στα στοιχεία <video> και <audio> |
| <embed>                              | Για ενσωματωμένο περιεχόμενο, μέσω βοηθητικών εφαρμογών (plugin)          |
| <canvas>                             | Περιέκτης (πλαίσιο) για σχέδια μέσω JavaScript                            |

**Πίνακας 9.7.** Ετικέτες των νέων στοιχείων HTML για ψηφιακά μέσα.

### 9.12.1 Σημασιολογικά Στοιχεία HTML 5

Τα σημασιολογικά στοιχεία HTML είναι αυτά που περιγράφουν ξεκάθαρα το νόημά τους, τόσο στην εφαρμογή περιήγησης όσο και στον σχεδιαστή των ιστοσελίδων. Παραδείγματα μη σημασιολογικού στοιχείου HTML είναι το <div> και το <span>. Το <div> λειτουργεί απλά ως περιέκτης και μπορεί να περικλείει άλλα στοιχεία, όπως παραγράφους κειμένου κ.ά., με σκοπό την ομαδοποίησή τους ή τον ξεχωριστό χειρισμό τους από το υπόλοιπο περιεχόμενο της σελίδας. Το ίδιο κάνει και το στοιχείο <span> αλλά εφαρμόζεται σε περιεχόμενο εντός του μπλοκ περιεχομένου, π.χ. σε μια λέξη του κειμένου.

Παραδείγματα σημασιολογικών στοιχείων είναι τα: <form>, <table>, και <img>, τα οποία περιγράφουν ξεκάθαρα το περιεχόμενό τους. Τα σημασιολογικά στοιχεία HTML 5, υποστηρίζονται από όλες τις σύγχρονες εφαρμογές περιήγησης.



**Εικόνα 9.22.** Στοιχεία HTML5 που ορίζουν τη δομή ενός εγγράφου σημασιολογικά.

| Σημασιολογικά στοιχεία HTML 5 |                                                                                                           |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ετικέτα                       | Περιγραφή                                                                                                 |
| <article>                     | Ορίζει ένα δημοσιευμένο άρθρο.                                                                            |
| <aside>                       | Ορίζει περιεχόμενο στο πλάι του κυρίως περιεχόμενου της ιστοσελίδας.                                      |
| <details>                     | Ορίζει επιπρόσθετες λεπτομέρειες τις οποίες μπορεί αν δει ή να αποκρύψει.                                 |
| <figcaption>                  | Ορίζει μια λεζάντα για το στοιχείο <figure>.                                                              |
| <figure>                      | Ορίζει self-contained περιεχόμενο που αυτο-περιέχεται, όπως διαγράμματα, φωτογραφίες, λίστες κώδικα, κ.ά. |
| <footer>                      | Ορίζει ένα υποσέλιδο για το έγγραφο ή τμήμα του.                                                          |
| <header>                      | Ορίζει μια επικεφαλίδα για το έγγραφο ή για τμήμα του.                                                    |
| <main>                        | Ορίζει το κυρίως περιεχόμενο της σελίδας.                                                                 |
| <mark>                        | Ορίζει κείμενο με σήμανση.                                                                                |
| <nav>                         | Ορίζει συνδέσμους πλοήγησης.                                                                              |
| <section>                     | Ορίζει ένα τμήμα του εγγράφου.                                                                            |
| <summary>                     | Ορίζει μια ορατή επικεφαλίδα για το στοιχείο <details>                                                    |
| <time>                        | Ορίζει ημερομηνία/χρόνο.                                                                                  |

**Πίνακας 9.8.** Σημασιολογικά στοιχεία HTML 5.

## 9.13 ΗΧΟΣ ΚΑΙ HTML 5

Μέχρι τώρα δεν υπήρχε κάποιο πρότυπο για την αναπαραγωγή ήχου σε μια ιστοσελίδα και η πλειοψηφία των αρχείων ήχου απαιτούσε βοηθητικά προγράμματα (plugins) διάφορων κατασκευαστών τα οποία δεν ήταν προ-εγκαταστημένα. Η έκδοση HTML 5 καθορίζει αυτό το πρότυπο.

Το πρότυπο HTML 5 ορίζει για το στοιχείο `<audio>` μεθόδους DOM, ιδιότητες και συμβάντα. Αυτό επιτρέπει ελέγχους που αφορούν στη φόρτωση, εκτέλεση (play, pause), διάρκεια και στην ένταση του ήχου. Υπάρχουν επίσης και συμβάντα DOM που προειδοποιούν πότε αρχίζει μια εκτέλεση ήχου κ.ά. (W3C 2015).

Το στοιχείο `<audio>` υποστηρίζει (προς το παρόν) τρεις τύπους αρχείων ήχου: **Ogg Vorbis**, **MP3** και **WAV**.

### 9.13.1 Ο Κώδικας για το Στοιχείο Audio

```
<audio controls>
  <source src="horse.ogg" type="audio/ogg">
  <source src="horse.mp3" type="audio/mpeg">
  Your browser does not support the audio element.
</audio>
```



**Εικόνα 9.23.** Για να καλυφθούν προβλήματα συμβατότητας με διάφορες εφαρμογές περιήγησης μπορούν να προστεθούν πολλαπλά εναλλακτικά στοιχεία «source». Ένα από αυτά είναι συνήθως σε μορφή MP3, η οποία έχει καθολική υποστήριξη. Το χαρακτηριστικό «controls» ορίζει την μπάρα ελέγχου που θα εμφανιστεί με τα πλήκτρα play, pause, stop κλπ. Το κείμενο ανάμεσα στις ετικέτες `<audio>` και `</audio>` είναι ορατό όταν η εφαρμογή περιήγησης δεν υποστηρίζει το στοιχείο `<audio>`.

Άλλα ιδιοχαρακτηριστικά εκτός από το controls που μπορούν να προστεθούν στην ετικέτα `<audio>`, είναι τα: **autoplay**, **loop**, **muted**, **preload** και **src**.



| Ιδιοχαρακτηριστικά και Τιμές για το νέο στοιχείο <audio> (HTML 5) |                      |                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ιδιοχαρακτηριστικό                                                | Τιμή                 | Περιγραφή                                                                                      |
| autoplay                                                          | autoplay             | Ορίζει την (αυτόματη) εκτέλεση του ήχου μόλις μεταφορτωθούν όλα τα δεδομένα.                   |
| controls                                                          | controls             | Ορίζει τον πίνακα ελέγχου που θα εμφανιστεί με τα πλήκτρα play, pause, stop κλπ.               |
| loop                                                              | loop                 | Ορίζει την διαρκή αυτόματη επανεκτέλεση του ήχου.                                              |
| muted                                                             | muted                | Ορίζει ότι ο ήχος θα είναι σε πολύ χαμηλή ένταση.                                              |
| preload                                                           | auto, metadata, none | Αν υπάρχει, θα φορτωθεί με το άνοιγμα της ιστοσελίδας και θα είναι σε αναμονή για αναπαραγωγή. |
| src                                                               | url                  | Ορίζει το URL του πόρου.                                                                       |

**Πίνακας 9.9.** Ιδιοχαρακτηριστικά του στοιχείου HTML <audio> με τις αντίστοιχες τιμές.

## 9.14 ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΙ HTML 5

Όπως και με τον ήχο, τα περισσότερα βίντεο απαιτούν βοηθητικά προγράμματα (plugins) διάφορων κατασκευαστών τα οποία όμως δεν ήταν προ-εγκαταστημένα σε όλες τις εφαρμογές περιήγησης. Το στοιχείο video προδιαγράφει έναν πρότυπο τρόπο ενσωμάτωσης αρχείων βίντεο χωρίς την ανάγκη plugins. Προς το παρόν υποστηρίζονται τρεις μορφότυποι αρχείων βίντεο:

- Ogg / Αρχεία Ogg με Theora codec για το βίντεο και Vorbis audio για τον ήχο.
- MPEG4 / Αρχεία MPEG 4 με H.264 codec για το βίντεο και AAC για τον ήχο.
- WebM / Αρχεία WebM με VP8 codec για το βίντεο και Vorbis για τον ήχο.

### 9.14.1 Ο Κώδικας για το Στοιχείο Video

```
<!DOCTYPE html><html>
<body>
<video width="320" height="240" controls>
  <source src="myMovie.mp4" type="video/mp4">
  <source src="myMovie.ogg" type="video/ogg">
  Your browser does not support the video tag.
</video>
</body>
</html>
```

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<body>

<video width="320" height="240" controls>
  <source src="myMovie.mp4" type="video/mp4">
  <source src="myMovie.ogg" type="video/ogg">
  Your browser does not support the video tag.
</video>

</body>
</html>

```



**Εικόνα 9.24.** Το ιδιοχαρακτηριστικό «controls» ορίζει την μπάρα ελέγχου που θα εμφανιστεί με τα πλήκτρα play, pause, stop, ένταση ήχου κλπ.. Σημαντικές είναι και οι ιδιότητες «width» και «height» της ετικέτας «source» που ορίζουν τις διαστάσεις προβολής του βίντεο. Το κείμενο ανάμεσα στις ετικέτες <video> και </video> είναι ορατό όταν η εφαρμογή περιήγησης δεν υποστηρίζει το στοιχείο <video>.

| Ιδιοχαρακτηριστικά του στοιχείου <video> (HTML 5) |          |                                                                                                |
|---------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ιδιοχαρακτηριστικό                                | Τιμή     | Περιγραφή                                                                                      |
| audio                                             | muted    | Προρύθμιση του ήχου. Προς το παρόν επιτρέπεται μόνο η τιμή «muted».                            |
| autoplay                                          | autoplay | Αυτόματη έναρξη του βίντεο.                                                                    |
| controls                                          | controls | Αν υπάρχει, εμφανίζει την μπάρα ελέγχου (play, stop, κλπ)                                      |
| height                                            | pixels   | Το μήκος του ύψους της οθόνης του βίντεο σε pixels.                                            |
| loop                                              | loop     | Ορίζει την διαρκή αυτόματη επανεκτέλεση του ήχου.                                              |
| poster                                            | url      | Το URL μιας εικόνας που αναπαριστά το βίντεο.                                                  |
| preload                                           | preload  | Αν υπάρχει, θα φορτωθεί με το άνοιγμα της ιστοσελίδας και θα είναι σε αναμονή για αναπαραγωγή. |
| src                                               | url      | Το URL του πόρου (αρχείο βίντεο)                                                               |
| width                                             | pixels   | Το μήκος του πλάτους της οθόνης του βίντεο σε pixels.                                          |

**Πίνακας 9.10.** Ιδιοχαρακτηριστικά του στοιχείου <video>

## 9.15 Σύνοψη

- Τα έγγραφα HTML είναι έγγραφα κειμένου γραμμένα στην γλώσσα HTML.
- Η HTML είναι μια γλώσσα σήμανσης κειμένου. Ένα έγγραφο HTML είναι ένα αρχείο απλού κειμένου με σήμανση HTML.
- Οι ιστοσελίδες είναι η απεικόνιση εγγράφων HTML μέσω εφαρμογών περιήγησης (browsers).
- Μια εφαρμογή περιήγησης μπορεί να απεικονίσει ένα έγγραφο HTML διαβάζοντας τις ετικέτες σήμανσης.
- Ένα έγγραφο HTML μπορεί να δημιουργηθεί με μια απλή εφαρμογή κειμενογράφου ή με μια εφαρμογή δημιουργίας ιστοσελίδων.
- Η XHTML (Extensible Hypertext Markup Language) είναι μια γλώσσα σήμανσης υπερκειμένου. Είναι σχεδόν ίδια με την HTML αλλά έχει αυστηρούς όρους σύνταξης.
- Τα φύλλα CSS επιτρέπουν την διαμόρφωση απεικόνισης των στοιχείων HTML. Πολλαπλά φύλλα CSS μπορούν να συνδυαστούν σε ένα.
- Η JavaScript είναι μια γλώσσα σεναρίων-εντολών για ιστοσελίδες. Μπορεί να δημιουργήσει περιεχόμενο βάσει επιλογών του χρήστη. Η Δυναμική HTML (DHTML) είναι ένας συνδυασμός HTML, CSS, και JavaScript. Όταν η JavaScript συνδυάζεται με φύλλα CSS μπορεί να ορίσει δυναμικά ιδιότητες όπως το στυλ κειμένου, το χρώμα, την ορατότητα και τη θέση των στοιχείων HTML.
- Το URL (Μοναδικός Εντοπιστής Πόρου) χρησιμοποιείται για να δηλώσει τη θέση των πόρων στον Παγκόσμιο Ιστό.
- Οι ετικέτες HTML χρησιμοποιούνται σε ζεύγη, όπως `<p></p>` ή `<body></body>`
- Τα ιδιοχαρακτηριστικά των ετικετών καθορίζουν τις ιδιότητες του στοιχείου HTML.
- Ένα έγγραφο XHTML έχει την ίδια βασική δομή με ένα έγγραφο HTML, συμπεριλαμβάνει όμως και την δήλωση DOCTYPE.
- Σε ένα έγγραφο HTML μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρεις τύποι διαδρομών-αρχείων: απόλυτες διαδρομές (προς εξωτερικούς πόρους στο διαδίκτυο), σχετικές διαδρομές ως προς ένα έγγραφο του ιστοτόπου (document-relative) και σχετικές διαδρομές ως προς τη ρίζα του ιστότοπου (site root-relative).
- Τα χρώματα σε ένα έγγραφο HTML περιγράφονται με δεκαεξαδικούς αριθμούς.
- Η HTML 5 επιτρέπει την ενσωμάτωση ήχου και εικόνας βίντεο χωρίς τη χρήση βοηθητικών προγραμμάτων (plugins).

## 9.16 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ΕΛΟΤ. ΕΛΟΤ 996.05 Τεχνολογία Πληροφοριών – Λεξιλόγιο – Μέρος 5: Παράσταση των δεδομένων. 2. ΕΛΟΤ, 2011.
- Δημήτριος, Νταβέλης. «Ανάλυση Μήτρας Εικονοστοιχείων, Τεχνολογίας Πυριτίου.» Βιβλιοθήκη Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. 2010. <http://goo.gl/4Y2OMH> (πρόσβαση 2015).
- Κατσουλίδης, Τάκης. *Το Σχέδιο του Γράμματος*. Ιδιωτική Έκδοση, 2000.
- Adams, Richard M. & Weisberg, Joshua B. *The GATF Practical Guide to Color Management*. GAFT PRESS, 2000.
- Adobe. «Extensible Metadata Platform (XMP).» *Adobe Systems*. 2015. <http://www.adobe.com/products/xmp.html> (πρόσβαση 2015).
- Adobe Systems Inc. «Digital Negative (DNG) Specification.» *Adobe Systems*. 2012. [http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/products/photoshop/pdfs/dng\\_spec\\_1.4.0.0.pdf](http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/products/photoshop/pdfs/dng_spec_1.4.0.0.pdf) (πρόσβαση 2015).
- Adobe Systems Inc. «The Lab Color Mode in Photoshop.» *Adobe*. 2007. <http://www.adobe.com/cfusion/knowledgebase/index.cfm?id=310838> (πρόσβαση 2015).
- Adobe Systems Incorporated. «Type 1 Specification.» *Adobe Type 1 Font Format*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Menlo Park, California, 1990.
- Apple Inc. «Final Cut Pro 7.» *Apple Help Library*. 2015. <http://documentation.apple.com/> (πρόσβαση 2015).
- . *HTML Scripting Guide for QuickTime*. 20 01 2010. [https://developer.apple.com/library/safari/documentation/QuickTime/Conceptual/QTScripting\\_HTML/QTScripting\\_HTML\\_Document/ScriptingHTML.html](https://developer.apple.com/library/safari/documentation/QuickTime/Conceptual/QTScripting_HTML/QTScripting_HTML_Document/ScriptingHTML.html) (πρόσβαση 2015).
- . «QuickTime File Format Specification.» *Mac Developer Library*. 2015. <https://developer.apple.com/library/mac/documentation/QuickTime/QTFF/qtff.pdf> (πρόσβαση 2015).
- Audacity. «Digital Audio Fundamentals.» *Audacity 2.1.1 Manual*. 2015. <http://manual.audacityteam.org/o/index.html> (πρόσβαση 2015).
- . *Digital Audio Fundamentals*. 2015. [http://manual.audacityteam.org/o/man/digital\\_audio.html](http://manual.audacityteam.org/o/man/digital_audio.html) (πρόσβαση 2015).
- B. Vassiliadis, V. Fotopoulos, A. Ilias, A.N. Skodras. «Protecting intellectual property rights and the JPEG2000 coding standard.» *academia*. 2005. [https://www.academia.edu/3036373/Protecting\\_intellectual\\_property\\_rights\\_and\\_the\\_JPEG2000\\_coding\\_standard](https://www.academia.edu/3036373/Protecting_intellectual_property_rights_and_the_JPEG2000_coding_standard) (πρόσβαση 2015).
- Ballora, Mark. *Essentials of Music Technology*. NJ: Prentice Hall, 2002.
- BBC. «BBC Technical Standards for Network Television Delivery.» *BBC Archive*. 2009. [http://web.archive.org/web/20100331085936/http://www.bbc.co.uk/guidelines/dq/pdf/tv/tv\\_standards\\_london.pdf](http://web.archive.org/web/20100331085936/http://www.bbc.co.uk/guidelines/dq/pdf/tv/tv_standards_london.pdf) (πρόσβαση 2015).
- Berners-Lee, T. «RFC 3986-URI Generic Syntax .» *IETF Tools*. 2005. <https://tools.ietf.org/html/rfc3986> (πρόσβαση 2015).
- . «Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax.» *IETF Tools* . The Internet Society. Ιανουάριος 2005. <http://tools.ietf.org/html/rfc3986> (πρόσβαση 2015).
- Berners-Lee, Tim. (*URL*). 1994. <http://www.w3.org/Addressing/URL/url-spec.txt> (πρόσβαση 2015).
- . «HyperText and CERN.» *World Wide Web Consortium*. Μάιος 1990. <http://www.w3.org/Administration/HTandCERN.txt> (πρόσβαση 2015).
- Bringhurst, Robert. *The elements of typographic style*. Hartley & Marks, 1996.
- Cheng, Karen. *Designing Type*. Yale University Press, 2005.

- «Crossfade.» *Τμήμα Φωτογραφίας και Οπτικοακουστικών*. 2010.  
<http://photography.teiath.gr/js/crossfade.js> (πρόσβαση 2015).
- Dublin Core Initiative. «Dublin Core Metadata Element Set.» *Dublin Core*. 2012.  
<http://dublincore.org/documents/dces/> (πρόσβαση 2015).
- EBU. «Safe areas for 16:9 television production.» *EBU*. 2008. <https://tech.ebu.ch/docs/r/r095.pdf> (πρόσβαση 2015).
- Ed. John Sturge, Vivian Walworth, Allan Shepp. *Imaging processes and materials*. NY: Wiley, 1989.
- Felici, James. *The Complete Manual of Typography*. Adobe Press, 1st edition,, 2002.
- Fraser, Bruce. *Image Sharpening*. Berkeley: Peachpit Press, 2007.
- Furia, Steve De. *The MIDI Resource Book*. NJ: Third Earth Publishing Inc , 1987.
- Gamal, A. El. «Introduction to Image Sensors.» *Washington University in St. Louis*. 2001.  
[http://www.cse.wustl.edu/~vgruev/cse/568/ch7\\_IntroImageSensors.pdf](http://www.cse.wustl.edu/~vgruev/cse/568/ch7_IntroImageSensors.pdf) (πρόσβαση 2015).
- Green, P. P. *Green, Understanding Digital Color*. GATFPRESS, 1999.
- Hass, Jeffrey. *Introduction to Computer Music*. 2013.  
<http://www.indiana.edu/~emusic/etext/toc.shtml> (πρόσβαση 2015).
- Hunt, R.W.G. *The Reproduction of Colour in Photography, Printing and Television*. Tolworth: Fountain Press, 1995.
- ISO. «ISO 15836:2009.» *ISO*. 2009.  
[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=52142](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=52142) (πρόσβαση 2015).
- . «ISO 3664:2009 - Graphic technology and photography - Viewing conditions.» *ISO*. 2009.  
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:3664:ed-3:v1:en> (πρόσβαση 2015).
- ITU. «RECOMMENDATION ITU-R BT.601-6.» *ITU*. 01 2007.  
[https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.601-6-200701-S!!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.601-6-200701-S!!PDF-E.pdf) (πρόσβαση 2015).
- Katz, Mark. *Capturing Sound - rev edition*. SF: University of California Press, 2011.
- Kerr, Douglas A. «dougkerr.net.» *Dougkerr.net*. 2012.  
<http://dougkerr.net/Pumpkin/articles/Subsampling.pdf> (πρόσβαση 2015).
- Korpela, Jukka. *Unicode Explained*. O'Reilly, 1st edition, , 2006.
- Lambrecht, Christian J. van den Branden. *Vision Models and Applications to Image and Video Processing*. Springer, 2001.
- Lawler, Brian P. *Print Publishing Guide: The Essential Resource for Design, Production, and Prepress*. Berkeley: Adobe Press, 2006.
- Levkowitz, Haim. *Color Theory and Modeling for Computer Graphics, Vizualization and Multimedia Applications*. Lowel: Kluwer Academic Publishers, 1977.
- Library of Congress. «How to View.» *American Memory*.  
<https://memory.loc.gov/ammem/help/compression.html> (πρόσβαση 2015).
- Lu, Di. «The CMOS Active Pixel Image Sensor.» *Stanford University*. 2012.  
<http://large.stanford.edu/courses/2012/ph250/lu2/> (πρόσβαση 2015).
- Mackenzie, Charles E. *Coded Character Sets, History and Development*. Addison-Wesley, 1980.
- Microsoft . *Microsoft Typography*. 17 Μάρτιος 2015.  
<https://www.microsoft.com/typography/otspec/default.htm> (πρόσβαση Απρίλιος 23, 2015).
- Microsoft. «TrueType fundamentals.» *Microsoft Typography*. 16 Νοέμβριος 1997.  
<http://www.microsoft.com/typography/otspec/TTCH01.htm> (πρόσβαση Απρίλιος 23, 2015).
- MIDI MA Inc. *The Technology of MIDI*. 2015. [http://www.midi.org/aboutmidi/tut\\_techomidi.php](http://www.midi.org/aboutmidi/tut_techomidi.php) (πρόσβαση 2015).
- MPEG. «MPEG-1.» *MPEG*. 2015. <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-1/video> (πρόσβαση 2015).
- . «MPEG-2.» *MPEG*. 2015. <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-2/video> (πρόσβαση 2015).



- . «MPEG-4.» *MPEG*. 2015. <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/video> (πρόσβαση 2015).
- . «MPEG-4 AVC.» *MPEG*. 2005. <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/advanced-video-coding> (πρόσβαση 2015).
- Nigel Chapman, Jenny Chapman. *Digital Multimedia*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd, 2009.
- NISO. «Understanding Metadata.» *National Information Standards Organization*. 2004. <http://www.niso.org/publications/press/UnderstandingMetadata.pdf> (πρόσβαση 2015).
- Pohlmann, Ken C. *Principles of Digital Audio*. 4. NY: McGraw-Hill, 2000.
- . *Principles of Digital Audio*. NY: McGraw-Hill, 2000.
- Pohlmann, Ken. *Principles of Digital Audio*. NY: Mac Graw-Hill, 2011.
- Poynton, Charles A. *Digital Video and HDTV: Algorithms and Interfaces*. Elsevier Science, 2003.
- Richard, Gillam. *Unicode Demystified: A Practical Programmer's Guide to the Encoding Standard*. Addison-Wesley, 2002.
- Sassoon, Rosemary. *Computers and Typography: Volume 1 (v. 1)*. Intellect Ltd, 1993.
- SMPTE. «Specifications for Safe Action and Safe Title Areas for Television Systems.» *SMPTE*. 2009. <http://standards.smpte.org/content/978-1-61482-229-5/rp-218-2002/SEC1.body.pdf+html> (πρόσβαση 2015).
- Strizver, Ilene. *Type Rules: The Designer's Guide to Professional Typography*. Τόμ. 3. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.
- Tekalp, A.M. *Digital video processing*. Prentice Hall, 1995.
- Type Classification*. 2011. <http://www.designhistory.org> (πρόσβαση Μάιος 20, 2015).
- Unicode, Consortium. 2015. <http://www.unicode.org/> (πρόσβαση Ιούνιος 10, 2015).
- Vakulenko, Alex. *DTP & Graphics*. 2000. <http://www.oberonplace.com/> (πρόσβαση 2015).
- Vox-ATypeI classification*. 21 Ιούνιος 2015. [https://en.wikipedia.org/wiki/Vox-ATypeI\\_classification](https://en.wikipedia.org/wiki/Vox-ATypeI_classification) (πρόσβαση Αύγουστος 13, 2015).
- W3C. *A Little History of the World Wide Web*. 2000. [www.w3.org/History.html](http://www.w3.org/History.html) (πρόσβαση 2015).
- . «Doctype.» W3C. 20 Σεπτέμβριος 2013. <http://www.w3.org/QA/Tips/Doctype> (πρόσβαση 2015).
- . *Glossary of Web Services*. 2003. <http://www.w3.org/2003/glossary/subglossary/ws-gloss.rdf/> (πρόσβαση 2015).
- . «HTML and URLs.» W3C. <http://www.w3.org/TR/WD-html40-970708/htmlweb.html> (πρόσβαση 2015).
- . «HTML Audio/Video DOM Reference.» *W3C Schools*. 2015. [http://www.w3schools.com/tags/ref\\_av\\_dom.asp](http://www.w3schools.com/tags/ref_av_dom.asp) (πρόσβαση Απρίλιος 23, 2015).
- . «HTML5 A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML.» W3C. 28 Οκτώβριος 2014. <http://www.w3.org/TR/html5/embedded-content-0.html> (πρόσβαση 2015).
- . «HTML5 Differences from HTML4.» W3C. 2014. <http://www.w3.org/TR/html5-diff/> (πρόσβαση 2015).
- . *The HTML DOM Document Object*. 2015. [http://www.w3schools.com/jsref/dom\\_obj\\_document.asp](http://www.w3schools.com/jsref/dom_obj_document.asp) (πρόσβαση 2015).
- . *URL Encoding*. 2011. [http://www.w3schools.com/html/html\\_urlencode.asp](http://www.w3schools.com/html/html_urlencode.asp) (πρόσβαση 2015).
- WWW Consortium. *Architecture of the World Wide Web*. 15 Δεκέμβριος 2004. <http://www.w3.org/TR/webarch/> (πρόσβαση 2015).
- Zettl, Herbert. *Video Basics 7*. SF: Cengage Learning, 2012.

## Ευρετήριο Όρων

|                                   |             |                               |          |                               |             |
|-----------------------------------|-------------|-------------------------------|----------|-------------------------------|-------------|
| Absolute Colorimetric .....       | 120         | DOCTYPE.....                  | 264      | lightness.....                | 34          |
| ADC .....                         | 24, 133     | Document Size.....            | 88       | lossless, compression .....   | 139         |
| Adobe RGB (1998) .....            | 43          | Drop Frame.....               | 186      | lossy, compression .....      | 139         |
| Advanced Video Coding .....       | 198         | Dublin Core .....             | 48       | Low Key .....                 | 91          |
| aliasing .....                    | 23, 70, 135 | em .....                      | 225      | low pass filters.....         | 166         |
| amount (sharpen).....             | 111         | fade, in-out .....            | 165      | low-pass filter.....          | 135         |
| amplitude.....                    | 130         | field.....                    | 175      | master file .....             | 84          |
| Analog to Digital Converter ..... | 133         | field recording.....          | 159      | mega .....                    | 16          |
| analog to digital converters..... | 24          | fonts.....                    | 214      | MIDI .....                    | 140         |
| anti-aliasing.....                | 135         | Fourier, μετασχηματισμοί..... | 131      | MIDI Files .....              | 144         |
| ASCII.....                        | 207         | fps .....                     | 173      | MIDI IN.....                  | 144         |
| Audacity.....                     | 161         | frame rate .....              | 170      | MIDI OUT .....                | 144         |
| AVI.....                          | 199         | frames.....                   | 170      | MIDI, μηνύματα.....           | 141         |
| bayer, πλέγμα .....               | 109         | gain .....                    | 158      | mono .....                    | 155         |
| Bezier.....                       | 69          | gamma .....                   | 94       | MPEG .....                    | 194         |
| Bicubic Sharper.....              | 86          | gamma slider.....             | 94       | MPEG-4.....                   | 197         |
| Bicubic Smoother .....            | 86          | General MIDI .....            | 142      | MPEG-4 Part 10 .....          | 198         |
| bicubic, interpolation.....       | 86          | GIF.....                      | 115      | nearest neighbor.....         | 86          |
| bilinear, interpolation .....     | 86          | giga .....                    | 16       | Notation Software .....       | 146         |
| binary digit .....                | 16          | Group of Pictures .....       | 194, 195 | NTSC .....                    | 171         |
| bit .....                         | 16          | H.264.....                    | 198      | openType.....                 | 238         |
| bit depth.....                    | 24, 59, 60  | High Key.....                 | 92       | optical low pass filter ..... | 64          |
| bitmap fonts .....                | 236         | high pass filters .....       | 166      | outline fonts .....           | 236         |
| bitmap graphics .....             | 56          | Histogram.....                | 90       | Output Levels.....            | 97          |
| bitrate .....                     | 137         | HSB, χρωματικό μοντέλο.....   | 39       | overscan.....                 | 176         |
| blending mode .....               | 73          | HTML 5 .....                  | 269      | PAL.....                      | 171         |
| byte .....                        | 16          | HTML 5, βίντεο.....           | 272      | PAR .....                     | 184         |
| Channels .....                    | 73          | HTML 5, ήχος.....             | 271      | PAR, διόρθωση .....           | 185         |
| charset .....                     | 206         | HTML, έγγραφα.....            | 247      | paths .....                   | 69          |
| CLUT .....                        | 46          | HTML, ετικέτες.....           | 258      | Perceptual.....               | 120         |
| CMY, χρωματικό μοντέλο .....      | 38          | HTML, η γλώσσα .....          | 247      | picture elements .....        | 58          |
| codec.....                        | 25, 139     | HTML, στοιχεία .....          | 247      | pillarboxing .....            | 183         |
| coded character set.....          | 206         | HTML, χρώματα .....           | 268      | pixel dimensions.....         | 59, 87      |
| Color Balance.....                | 102         | HTTP .....                    | 244      | pixel resolution .....        | 59          |
| Color Balance, tool.....          | 101         | Hue/Saturation .....          | 101, 105 | pixels .....                  | 58          |
| color depth .....                 | 59          | indexed color .....           | 46       | PNG.....                      | 115         |
| color mode.....                   | 45          | interpolation .....           | 86       | posterization .....           | 106         |
| Color Rendereing Index .....      | 82          | intraframes .....             | 195      | progressive download.....     | 200         |
| component, video.....             | 178         | IPTC.....                     | 47       | ProPhoto RGB .....            | 44          |
| composite, video.....             | 178         | IPTC Core .....               | 48       | Pulse Code Modulation.....    | 133         |
| Constrain Proportions.....        | 87          | ISO 10646 .....               | 211      | quantization .....            | 59, 136     |
| CSS.....                          | 251         | ISO 8859 .....                | 208      | quantizing.....               | 22          |
| CSS, φύλλα .....                  | 252         | ISO 8859-7.....               | 208      | Quick Mask.....               | 114         |
| Curves .....                      | 92, 99      | Javascript, η γλώσσα .....    | 250      | QuickMask Mode.....           | 114         |
| DAC .....                         | 133         | jitter .....                  | 135      | radius (sharpen) .....        | 111         |
| data streaming.....               | 200         | JPEG .....                    | 27, 115  | raw .....                     | 64, 65      |
| DCT .....                         | 27          | key frames.....               | 193      | Relative Colorimetric.....    | 120         |
| De-Essing, φίλτρα .....           | 167         | kilo.....                     | 16       | Rendering Intent .....        | 120         |
| demosaicing .....                 | 64          | $L^*a^*b^*$ .....             | 41       | Resample Image.....           | 88          |
| dictaphones .....                 | 159         | $L^*u^*v^*$ .....             | 41       | resampling.....               | 85          |
| Digital to Analog Converters..... | 133         | Lanczos3 .....                | 87       | RGB, χρωματικό μοντέλο .....  | 37          |
| Dirac.....                        | 198         | Layers .....                  | 72       | RLE .....                     | 25, 192     |
| dithering .....                   | 137         | letterboxing .....            | 183      | Run Length Encoding.....      | 192         |
| DNG .....                         | 76          | Levels.....                   | 92, 103  | sampling .....                | 22, 58, 133 |

|                                   |                         |                                   |             |                                     |         |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------------------------------|---------|
| sampling frequency .....          | 22, 133                 | γραμματοσειρά, μέγεθος .....      | 223         | μέγεθος αρχείου.....                | 189     |
| sampling rate.....                | 155                     | γραμματοσειρές, ταξινόμηση.....   | 228         | μέγεθος, βίντεο .....               | 189     |
| saturation.....                   | 34, 120                 | γραφικά πλέγματος.....            | 56          | μέγεθος, ψηφιακής εικόνας .....     | 85      |
| scan lines.....                   | 170                     | γωνία οπτικού πεδίου .....        | 65          | Μετασχηματισμός Διακριτού           |         |
| SECAM .....                       | 171                     | δεδομένα, ψηφιακά .....           | 15, 47      | Συνημιτόνου .....                   | 27      |
| sequencers .....                  | 145                     | δειγματοληψία .....               | 22, 58, 133 | μέτρο .....                         | 233     |
| Standard Definition, video.....   | 187                     | δειγματοληψία .....               | 4           | μικρόφωνα.....                      | 150     |
| TCP/IP .....                      | 244                     | δεκαεξαδικό σύστημα .....         | 19          | μικρόφωνα, πανκατευθυντικά.....     | 153     |
| temporal compression .....        | 193                     | διαδίκτυο .....                   | 244         | μικρόφωνα, πυκνωτικά.....           | 151     |
| threshold (sharpen) .....         | 111                     | διαδρομή αρχείου .....            | 265         | μικρόφωνα, τύποι .....              | 150     |
| threshold .....                   | 103                     | διαδρομή αρχείου, σχετική.....    | 266         | μικρόφ., χαρακτηριστικά.....        | 152     |
| timbre.....                       | 130                     | διανυσματικά γραφικά.....         | 68          | μικρόφ., κατευθυντικότητα .....     | 153     |
| timecode .....                    | 186                     | διανυσματικές εικόνες .....       | 68          | μονοπάτια.....                      | 69      |
| tracking.....                     | 231                     | διαπλεκόμενη σάρωση .....         | 175         | μουαρέ.....                         | 109     |
| trueType.....                     | 238                     | διάστιχο .....                    | 232         | Ντεσιμπέλ.....                      | 130     |
| type 1 .....                      | 237                     | διγραμμική παρεμβολή.....         | 86          | οξύτητα.....                        | 107     |
| Unicode.....                      | 210                     | δικυβική παρεμβολή.....           | 86          | παράθυρο εργασίας.....              | 161     |
| unsharp mask.....                 | 108, 111                | δυναμικές αναπαραστάσεις.....     | 32          | παραμετρική επεξεργασία .....       | 82      |
| URI .....                         | 245                     | δυναμικό σύστημα .....            | 18          | παρεμβολή.....                      | 86      |
| URL .....                         | 245                     | δυναμικό σύστημα αρίθμησης .....  | 18          | πεδίο .....                         | 175     |
| USB, μικρόφωνα .....              | 155                     | δυναμική κλίμακα.....             | 136         | πίκα.....                           | 223     |
| UTF-8.....                        | 211                     | δυφίο .....                       | 16          | πληροφορία, αναλογική .....         | 14      |
| vector graphics.....              | 56                      | εικόνες, διανυσματικές .....      | 33, 56      | ποσοτικοποίηση.....                 | 22, 59  |
| video streaming .....             | 200                     | εικόνες, ψηφιογραφικές.....       | 33          | προοδευτική μεταφόρτωση .....       | 201     |
| voices, MIDI.....                 | 142                     | εικονοστοιχεία .....              | 56, 58      | ραστεροποίηση .....                 | 70      |
| x, ύψος.....                      | 226                     | εικονοστοιχεία, λογικά .....      | 33          | ρυθμός ανανέωσης κάδρου .....       | 173     |
| x-height.....                     | 223                     | εμπέδηση .....                    | 152         | ρυθμός δεδομένων .....              | 137     |
| XMP .....                         | 50                      | επαναδειγματοληψία .....          | 85          | ρυθμός δειγματοληψίας.....          | 180     |
| XTML, η γλώσσα.....               | 249                     | επεξεργασία, μη καταστροφική..... | 83          | σάρωση .....                        | 170     |
| XYZ, χρωματικό μοντέλο.....       | 40                      | επεξεργασία, καταστροφική .....   | 83          | σάρωση, διαπλεκόμενη.....           | 175     |
| YCbCr .....                       | 178                     | επεξεργασία, παραμετρική .....    | 82          | σάρωση, προοδευτική.....            | 176     |
| YUV.....                          | 178                     | επεξεργασία, παραμετρική .....    | 83          | σημεία αγκύρωσης.....               | 69      |
| αλγόριθμοι συμπίεσης .....        | 192, 193, 194, 202, 203 | ευκρίνεια.....                    | 107         | στάθμες εξόδου.....                 | 97      |
| αλγόριθμος κωδικοποίησης μήκους   |                         | εύρος δείγματος.....              | 24          | στάθμες ποσοτικοποίησης .....       | 136     |
| διαδρομής .....                   | 25                      | ηχηρότητα .....                   | 130         | στάθμες φωτεινότητας .....          | 94      |
| αναδίπλωση.....                   | 23, 70, 135             | ηχογράφιση .....                  | 155         | στερεοφωνία .....                   | 131     |
| αναλογία κάδρου βίντεο.....       | 182                     | ηχογράφιση, στάθμη.....           | 157         | στιγμή .....                        | 223     |
| αναλογική συσκευή .....           | 15                      | ήχος, φαινόμενο.....              | 126         | στοίχιση .....                      | 234     |
| αναλογικό σήμα.....               | 14                      | ηχώ .....                         | 127         | στρώσεις .....                      | 72, 73  |
| ανάλυση .....                     | 56, 107                 | θεώρημα Δειγματοληψίας.....       | 23, 134     | συμπίεση .....                      | 25, 192 |
| ανάλυση, ψηφιακής εικόνας.....    | 59                      | θολή μάσκα .....                  | 108, 111    | συμπίεση, απωλεστική .....          | 25      |
| αντήχηση .....                    | 127                     | θόρυβος, εσωτερική στάθμη .....   | 152         | συμπίεση, διαπλασιακή.....          | 194     |
| απεικόνιση, φασματική.....        | 163                     | ίντερνετ.....                     | 244         | συμπίεση, ενδοπλαισιακή.....        | 194     |
| αποθορυβοποίηση .....             | 165                     | ιστόγραμμα.....                   | 90          | συμπίεση, μη απωλεστική.....        | 25      |
| απόχρωση .....                    | 33                      | κάδρα κλειδιά.....                | 193         | συμπίεση. αλγόριθμοι .....          | 192     |
| Απόχρωση/Κορεσμός .....           | 101                     | κάδρο, αναλογία.....              | 183         | συσκευές, ηχογράφησης φορητές       | 159     |
| αποψηφίδοποίηση .....             | 64                      | κάδρο, βίντεο .....               | 181         | συχνότητα Nyquist .....             | 23, 134 |
| αρχεία raw .....                  | 65                      | καμπύλες Bezier.....              | 69          | συχνότητα αναδίπλωσης.....          | 135     |
| αρχείο αναφοράς .....             | 84                      | κανάλι, σύνθετο.....              | 74          | συχνότητα δειγματοληψίας.....       | 22, 59  |
| ασύμμετρη συμπίεση.....           | 25                      | κανάλια .....                     | 73          | συχνότητα δειγματοληψίας.....       | 62      |
| βάθος πεδίου .....                | 64                      | κβαντισμός .....                  | 22, 58, 59  | συχνότητα, κύματος .....            | 129     |
| βάθος χρώματος .....              | 24, 59, 60, 180         | κειμενικές αναπαραστάσεις .....   | 32          | υπερκείμενο.....                    | 249     |
| βίντεο κανονικής ευκρίνειας.....  | 172                     | κέρδος ισχύος.....                | 158         | φαινόμενο εγγύτητας .....           | 157     |
| βίντεο υψηλής ευκρίνειας.....     | 172                     | κλιμάκωση.....                    | 85          | φίλτρα .....                        | 166     |
| γραμματοσειρές, οικογένειες ..... | 227                     | κοντινότερος γείτονας .....       | 86          | φίλτρα ισοστάθμισης .....           | 167     |
| γραμματοσειρά .....               | 214                     | κορεσμός.....                     | 33          | φίλτρα χαμηλής διέλευσης.....       | 64      |
| γραμματοσειρά, βάρος.....         | 222                     | κυματομορφή.....                  | 127         | φυσικά εικονοστοιχεία, φυσικά ..... | 33      |
|                                   |                         | κωδικοί παράστασης.....           | 206         | φωτεινότητα .....                   | 33      |

---

|                                 |     |                                 |          |                       |     |
|---------------------------------|-----|---------------------------------|----------|-----------------------|-----|
| χρονική συμπίεση .....          | 193 | χρωμ. σύνθεση, προσθετική ..... | 34       | χρωματικός χώρος..... | 42  |
| χρώμα καταλόγου .....           | 46  | χρωματικό μοντέλο.....          | 37       | χωρική συμπίεση.....  | 193 |
| χρωματική γκάμα .....           | 42  | χρωματικοί χώροι εργασίας ..... | 43       | ψηφιοποίηση .....     | 22  |
| χρωμ. σύνθεση, αφαιρετική ..... | 35  | χρωματικός κύκλος .....         | 101, 102 |                       |     |

---

η σελίδα παραμένει εσκεμμένα κενή



## **ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΕΣΑ ΣΤΙΣ ΟΠΤΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΕΣ**

*ένας εισαγωγικός οδηγός*

Συγγραφή: Κων/νος Θ. Κολοκυθάς  
Κριτικός αναγνώστης : Αθανάσιος Αραβαντινός  
Γλωσσική Επιμέλεια: Βασίλειος Παππάς  
Γραφιστική Επιμέλεια: Κων/νος Θ. Κολοκυθάς  
Φωτογραφίες, γραφήματα: © Κ. Κολοκυθάς 2015  
(εκτός αν αλλιώς αναφέρεται)

ISBN: 978-960-603-230-1

Copyright © ΣΕΑΒ, 2015



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 3.0.

ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου

[www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr)