
ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

Δημιουργία, Επεξεργασία και Διαχείριση.

ΑΝΤΩΝΗΣ ΚΑΡΥΔΗΣ
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων,
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
ΑΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο

Στη Χαρούλα και τη Μυρτώ που ομορφαίνουν τις εικόνες μου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Raison d' etre	5
2	Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	8
3	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ.....	12
3.1	Από τον Αναλογικό Κόσμο στον Ψηφιακό.....	12
3.2	Bits, Bytes και Pixels.....	16
3.3	Ανατομία της Ψηφιακής Εικόνας.....	18
3.4	Ψηφιοποίηση	20
3.4.1	Δειγματοληψία – Sampling	21
3.4.2	Κβαντισμός	24
3.4.3	Ανύσματα (vectors) και bitmaps.....	25
3.5	Ανάλυση (Resolution).	27
3.5.1	SPI, PPI, DPI και LPI.	31
3.6	Βάθος Εικονοστοιχείων (Pixel Depth και Bit Depth).....	35
3.7	Η Έγχρωμη Εικόνα και το χρώμα στον Υπολογιστή.	37
3.7.1	“Έγχρωμη Όραση”, ο τρόπος που βλέπουμε χρώματα.....	37
3.7.2	Χρωματικά Μοντέλα.....	39
3.7.3	Το χρωματικό μοντέλο RGB	40
3.7.4	Το χρωματικό μοντέλο CMYK.....	41
3.7.5	Το χρωματικό μοντέλο CIELAB	44
3.7.6	Ψηφιακή Αποτύπωση Χρώματος και Βάθος Χρώματος.	45
3.8	Σύλληψη της Ψηφιακής Εικόνας.....	48
3.8.1	Σαρωτές (Scanners)	51
3.8.2	Ψηφιακές Μηχανές Λήψης (Digital Cameras)	52
3.8.3	Ψηφιακές Πλάτες Λήψης (Digital Scanning Backs).....	53
3.8.4	Scanning.....	53
3.9	Τελικός Προορισμός – Output.....	55
3.9.1	Desktop.....	57
3.9.2	Εκτυπώσεις σε χαρτί ή Film.	58
3.9.3	Λιθογραφική (offset) Εκτύπωση.	58
3.9.4	Χρωματική επεξεργασία και Ρυθμίσεις.....	59
3.9.5	Ψηφιακή εικόνα και φωτογραφίες στο Web.	59
3.10	Μεγέθη και Φυσικές Διαστάσεις.	60
3.10.1	Εκτύπωση σε δεδομένο Φυσικό Μέγεθος	61
3.10.2	Εκτύπωση από αρχείο δεδομένου μεγέθους	61
3.10.3	Εκτύπωση σε δεδομένη ανάλυση	61
3.10.4	Μεγέθη Αρχείων.	62
3.11	Διαχείριση Χρώματος.	63

3.11.1	Τι είναι ένα Σύστημα Διαχείρισης Χρώματος;	63
3.11.2	Η ανάγκη για Διαχείριση Χρώματος	63
3.11.3	Στο Χρώμα, WYS δεν αντιστοιχεί σε WYG	64
3.11.4	Χρώμα ανεξάρτητο από συσκευές	66
3.12	Μοντέλα Διαχείρισης Χρώματος	67
3.12.1	Το Μοντέλο Διαχείρισης Χρώματος ICC	67
4	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	69
4.1	Ανάλυση και Αξιολόγηση της Εικόνας	69
4.1.1	Αξιολόγηση Εικόνας με το Ιστόγραμμα	71
4.2	Βελτίωση Εικόνας	78
4.2.1	Βασικά Εργαλεία Επεξεργασίας Εικόνας	79
4.2.2	Επεμβάσεις στη Φωτεινότητα (Brightness), την Αντίθεση (Contrast) και καμπύλη γ.	81
4.2.3	Φωτεινότητα (Brightness), Αντίθεση (Contrast) και καμπύλη γ. 83	
4.2.4	Διόρθωση Χρώματος	85
4.2.5	Το gamma στο ιστόγραμμα	87
4.2.6	Τεχνολογίες Βελτίωσης Ευκρίνειας - Sharpening	87
5	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ	89
5.1	Αποθήκευση, File types και Τεχνολογίες Συμπίεσης Ψηφιακών Εικόνων	89
5.1.1	Κύρια Πρότυπα	89
5.1.2	Εναλλακτικά Πρότυπα	89
5.1.3	Επιλέγοντας το σωστό Format	90
5.2	Χαρακτηρισμός, Αρχαιοθέτηση και Καταλογοποίηση Ψηφιακών Εικόνων	90
5.2.1	Προσεγγίσεις στην Αρχαιοθέτηση	91
5.3	Διανομή Ψηφιακών Εικόνων	92
5.3.1	Μεταφερόμενα και Αφαιρούμενα μέσα	92
5.3.2	Με ειδικές εφαρμογές παρουσίασης (viewers)	92
5.3.3	Με στατικές HTML σελίδες	92
5.3.4	Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και Internet – Λύσεις e-commerce	92
6	ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	93
6.1	Βασικός Εξοπλισμός	93
6.1.1	Υπολογιστικός Εξοπλισμός (Hardware)	93
6.1.2	Λογισμικό Επεξεργασίας Εικόνας (Software)	93
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	94

1 Raison d'etre

Έχοντας ξεπεράσει τα 15 χρόνια με το ένα πόδι μου στην ερευνητική δραστηριότητα και το άλλο στην αμειλίκτη αρένα της αγοράς σαν προμηθευτής προηγμένων και υψηλής τεχνολογίας συστημάτων δημιουργίας και επεξεργασίας ψηφιακής εικόνας για κινηματογράφο, βίντεο και τηλεόραση, πιστεύω πως αν έμαθα κάτι, αυτό είναι το να μπορώ να καθορίζω τη λεπτή ισορροπία ανάμεσα σε δύο διαφορετικές κατηγορίες “γνώσης”: Από η μία, τη γνώση εκείνη που είναι θεωρητικά προκλητική και ερευνητικά ενδιαφέρουσα, που ανοίγει νέους δρόμους, που μας κάνει περήφανους και ακονίζει το μυαλό μας, που επικυρώνεται σε συνέδρια και με δημοσιεύσεις. Από την άλλη, τη γνώση που δεν είναι λιγότερο απαιτητική, αλλάζει συνέχεια ώστε όλο να την κυνηγάς και ποτέ να μη νοιώθεις πραγματικά ασφαλής, που συμπληρώνεται και εμπλουτίζεται με “παθήματα” (μας παρηγορεί να τα λέμε “εμπειρία”) αλλά είναι κατ’ ελάχιστο απαραίτητη για την επιβίωση από μέρα σε μέρα σε μια αγορά που η δόξα έχει αντίκρισμα σε χρήμα, όπου πληρώνεται όχι η ιδέα ή οι προθέσεις αλλά το προϊόν και μάλιστα μόνο εφόσον “δουλεύει”. Αυτή την ισορροπία δεν την πήρα από τις σπουδές μου και κανένας δεν την παίρνει. Όπως και στην περίπτωση μου περνάνε πολλά χρόνια για να περάσουμε από την μια γνώση στην άλλη, μερικές φορές έχοντας ζήσει και μερικές επίπονες περιπέτειες στο δρόμο μας. Όταν λοιπόν πριν μερικά χρόνια μου προτάθηκε να διδάξω στο ΤΕΙ Κρήτης, ενθουσιάστηκα με την ιδέα πως θα μου δινόταν πιθανόν μια ευκαιρία να εισάγω μια δόση από αυτή την ισορροπία στα μαθήματά μου. Με τον τρόπο αυτό, οι φοιτητές μου θα έπαιρναν από ένα “σκληροτράχηλο” της αγοράς κάποια μαθήματα για το τι τους περίμενε “εκεί έξω”, ώστε να βγουν πιο προετοιμασμένοι.

Όταν ανέλαβα να διδάξω για πρώτη φορά το μάθημα της Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας στους φοιτητές του Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων, η αποστολή μου αναμενόταν εύκολη. Εξάλλου, είχα να κάνω με “προχωρημένα εξάμηνα”, σχεδόν τελειόφοιτους, έτοιμους να βγουν στο επάγγελμα. Δυστυχώς, από τις πρώτες κιόλας ώρες μια διαφορετική πραγματικότητα άρχισε να γίνεται προφανής: Οι φοιτητές και οι φοιτήτριές μου ήταν έξυπνοι, είχαν όρεξη, έπαιζαν τα PC στα δάκτυλά τους είχαν και κάπως ψάξει κάμποσα προγράμματα επεξεργασίας εικόνας, ανάμεσά τους και δύο-τρία που τους βοηθούσαν να αλλοιώσουν κατά βούληση την εμφάνιση των φίλων τους, αλλά κατά βάθος έπαιζαν χωρίς να καταλαβαίνουν τι κάνουν. Οι μέχρι τότε σπουδές τους, τους είχαν εκπαιδεύσει πολύ καλά σε άλλους τομείς αλλά όσον αφορά το θέμα εικόνα δεν υπήρχε καμία σύνδεση ανάμεσα σε ότι θεωρητικό είχαν μέχρι τότε διδαχτεί και την ουσία του γιατί το είχαν διδαχθεί και που θα το χρησιμοποιούσαν. Τη θεωρία του Shannon την είχαν μάθει και Fast Fourier Transforms είχαν συναντήσει σε περισσότερα από ένα μαθήματα. Τι σχέση όμως μπορεί να είχαν αυτά με την δημιουργία ενός Ημερολογίου για το 2003 με σκαναρισμένες εικόνες ιδέα δεν είχαν. Αναμασούσαν ότι διάβαζαν στα

προσπέκτους των συσκευών, χωρίς να καταλαβαίνουν τους όρους και τις προδιαγραφές (που κατά βάθος ήξεραν!), πιστεύοντας πως “για να το λένε αυτοί κάτι ξέρουν”.

Μετά, άρχισα να παρατηρώ πως και στην αγορά των επαγγελματιών της εικόνας τα πράγματα δεν ήταν καλύτερα. Άσχετα αν στο Broadcasting Video τα ψηφιακά συστήματα μας ήταν οικεία από το 1991, στην φωτογραφία, η ψηφιακές τεχνολογίες ήρθαν πολύ πρόσφατα και βρήκαν μπροστά τους ένα κοινό από επαγγελματίες και ερασιτέχνες που απλά μιλούσαν μια άλλη γλώσσα. Τους είπαν να πάρουν ψηφιακές μηχανές και να σκανάρουν τα παλιά αρνητικά και τις διαφάνειές τους και αυτοί σε μεγάλο βαθμό το ακολούθησαν. Πήραν και laptop και Photoshop και εκτυπωτή Inkjet. Όμως κανένας δε βρέθηκε να τους εξηγήσει τι είναι όλα εκείνα τα tiff και jpeg και PPI και DPI και τι είναι η ανάλυση και ποιο νούμερο έχει σημασία όταν αγοράζουμε scanner κλπ, κλπ. Προβληματίστηκαν με πολλές σοφίες και σοφιστείες και αποδέχτηκαν περιορισμούς του τύπου: “αυτή η μηχανή δεν κάνει για σαλόνια” (όχι των σπιτιών, προφανώς αλλά των περιοδικών, όπως ελπίζω να καταλαβαίνουν όλοι οι αναγνώστες). Βρέθηκα να δίνω μακροσκελέστατες επεξηγηματικές απαντήσεις σε απλές ερωτήσεις που θα ήταν προφανείς αν υπήρχε ένα ελάχιστο γνωστικό υπόβαθρο που θα επέτρεπε τη σύνδεση της θεωρίας με την πράξη, των προδιαγραφών με το αποτέλεσμα.

Αποφάσισα τότε πως ήρθε η ώρα για ένα βιβλίο που θα ασχολιόταν πραγματικά με την ουσία της ψηφιακής εικόνας: Ποια είναι η φύση της, από τι αποτελείται, πως τη δημιουργούμε, πώς την αποθηκεύουμε πώς τη μεταφέρουμε, πώς την χειριζόμαστε. Ποιοι είναι οι παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητά της, πως αυτή επηρεάζεται από τα διαφορετικά χαρακτηριστικά της. Πως την αξιολογούμε, πώς τη βελτιώνουμε, πώς την αξιοποιούμε. Θα παρουσίαζε με όσο πιο κατανοητό τρόπο μπορούσε τα προβλήματα τους περιορισμούς αλλά και τα πλεονεκτήματα και προτερήματά της ψηφιακής εικόνας. Θα έδειχνε τι να επιδιώκουμε και τι να αποφεύγουμε, πώς να αποφασίζουμε και τι να περιμένουμε. Θα μας μάθαινε “να προσέχουμε για να έχουμε”, όπως έλεγε παλιότερα ένα διαφημιστικό.

Και όλα τα παραπάνω, το βιβλίο αυτό δεν θα τα παρουσίαζε απαραίτητα συνδεδεμένα με ένα ορισμένο πρόγραμμα επεξεργασίας και κάποια υπολογιστικά συστήματα και περιφερειακές συσκευές, μια και όσα θα περιείχε θα ίσχυαν ανεξάρτητα από τον τομέα εφαρμογής, το πρόγραμμα ή τη διαθέσιμη υποδομή.

Θα χρησιμοποιούσε έντονα και με τρόπο την τεχνική της επανάληψης, ώστε ορισμένες έννοιες να επαναλαμβάνονται καθώς το βιβλίο θα αναπτύσσονταν ενώ παράλληλα σε κάθε επανάληψη θα ερχόταν να προστεθεί κάποια επιπλέον πληροφορία. Με τον τρόπο αυτό, μια έννοια θα την συναντούσαμε ξανά και ξανά και ξανά, ώστε να μας γίνει τελικά βίωμα. Και κάθε φορά θα την βλέπαμε και από μια κάπως διαφορετική σκοπιά, με κάποια παραπάνω λεπτομέρεια.

Τι δεν θα έκανε το βιβλίο;

Καθώς κανένας δε χρειαζόταν ένα ακόμα “μάθετε το Photoshop στη διάρκεια των διακοπών σας” δεν θα προσπαθούσε να γίνει ένα εγχειρίδιο εκμάθησης λογισμικού. Δεν θα παρουσίαζε τις πέντε-δέκα τεχνικές “ψηφιακού σκοτεινού θαλάμου” που τυχαίνει να αρέσουν σε μένα και επομένως θα ήταν εύκολο και να τις περιγράψω. Ούτε όμως και θα ανέλυε τις μαθηματικές εξισώσεις και τη διαδικασία σχεδιασμού γραμμικών φίλτρων συνέλιξης και φίλτρων βελτίωσης περιγραμμάτων αντικειμένων.

Δεν θα μας δίδασκε την αισθητική της εικόνας αλλά θα μας έδειχνε μερικούς από τους κανόνες που οδηγούν σε μια τεχνικά σωστή ψηφιακή εικόνα, ώστε να ξέρουμε με ποιο τρόπο να τους παραβούμε όταν αυτό επιθυμούμε. Γιατί τελικά, σε πείσμα πολλών, σχεδόν πάντα, μια “λάθος” εικόνα δείχνει ξεκάθαρα λάθος όταν την εξετάσουμε προσεκτικά και διαφέρει πολύ από μια εικόνα που φτιάχτηκε επίτηδες για να δώσει κάποιο επιθυμητό αποτέλεσμα. Πολλές μουσικές αδυναμίες που έμεναν κρυφές και ασφαλείς στον σκοτεινό θάλαμο αποκαλύπτονται σε όλη τη γύμνια τους (και συχνά και αυτή των δημιουργών τους) στον “φωτεινό θάλαμο” της ψηφιακής εικόνας.

Το αποτέλεσμα θα ήταν το βιβλίο αυτό να αγαπηθεί με πάθος από δεδομένες όσο και διαφορετικές ομάδες αναγνωστών, όπως:

- Τους φοιτητές ΑΕΙ, ΑΤΕΙ, και σχολών και ειδικοτήτων σχετικών με δημιουργία και επεξεργασία εικόνας, τεχνολογίες και εφαρμογές πολυμέσων αλλά και γραφικών τεχνών, που έρχονται σε επαφή με εφαρμογές και τεχνικές της ψηφιακής εικόνας πριν καν κάποιος τους εξηγήσει τα βασικά, για να μάθουν με τι έχουν να κάνουν και τελικά πώς να κατακτούν την ψηφιακή ποιότητα.
- Τους επαγγελματίες και ερασιτέχνες φωτογράφους που είτε ήδη χρησιμοποιούν ψηφιακές τεχνολογίες είτε σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν στο άμεσο μέλλον, για να καταλάβουν επιτέλους τι είναι όλα αυτά με τα οποία τους έχουν μπερδέψει, να καταλάβουν ποια είναι η ουσία κάθε θέματος, όρου και χαρακτηριστικού που μέχρι σήμερα αντιμετωπίζουν στα τυφλά και τελικά, για να ξέρουν τι να ζητάνε και τι να περιμένουν.
- Κάθε επαγγελματία ή ερασιτέχνη που επιθυμεί να εμπλακεί στην ψηφιακή φωτογραφία και νοιώθει αδύναμη τη γνώση του σχετικά με τις τεχνολογίες υποδομής, για να καταλαβαίνει την ουσία το νόημα και την αξία των προδιαγραφών, να μην την πατήσει όταν θα πρέπει αποφασίσει τι θα αγοράσει και να μην τον κοροϊδέψουν τα φυλλάδια και οι διαφημίσεις.

Από εκεί ξεκίνησε το βιβλίο. Το που έφτασε θα το κρίνετε εσείς.

2 Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Τα τελευταία χρόνια γινόμαστε μάρτυρες μίας μοναδικής ανάπτυξης και εξάπλωσης των ψηφιακών μέσων σε όλους τους τομείς της ζωής μας. Μετά από την πλήρη ουσιαστικά επικράτηση του ψηφιακού ήχου τη δεκαετία του 90 με την ευρεία αποδοχή του CD (44.1KHz) σαν de-facto standard διακίνησης ηχητικών έργων (μουσικής κλπ) σε καταναλωτικό επίπεδο και παράλληλα την επικράτηση ψηφιακών τεχνολογιών ανώτερης ποιότητας στον επαγγελματικό τομέα (π.χ. DAT των 48KHz), η πρώτη δεκαετία του 21^{ου} αιώνα, φαίνεται πως θα σηματοδοτήσει την επικράτηση και της ψηφιακής εικόνας τόσο στον καταναλωτικό όσο και τον επαγγελματικό τομέα.

Η Ψηφιακή εικόνα βρίσκεται σήμερα παντού γύρω μας. Από το web, τις εφαρμογές πολυμέσων, τα κινητά τηλέφωνα τελευταίας γενιάς μέχρι εξαιρετικά πολύπλοκες εφαρμογές ιατρικής και επιστημονικής απεικόνισης. Για περισσότερο από μία δεκαετία, σχεδόν το σύνολο των εκτυπωτικών και εκδοτικών εργασιών εκτελείται σε συστήματα που στο μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι ψηφιακά. Με ασφάλεια μπορούμε να πούμε πως άσχετα με το μέσον ή τον τρόπο που δημιουργείται μια εικόνα σήμερα, σε κάποιο στάδιο της επεξεργασίας, διαχείρισης ή διακίνησής της θα μετατραπεί σε ψηφιακή μορφή. Αρχικά, τα τελικά στάδια εκτύπωσης μετατράπηκαν σε ψηφιακά. Κατόπιν, η αποθήκευση και διακίνηση της εικόνας ενσωμάτωσε ψηφιακές τεχνολογίες. Με το πέρασμα του χρόνου, βλέπουμε το ψηφιακό κύμα να εξαπλώνεται προς την πλευρά της πηγής της εικόνας, έχοντας σήμερα γίνει το de-facto standard στην λήψη εικόνας για τις περισσότερες επαγγελματικές εφαρμογές (φωτορεπορτάζ, φωτογραφία μόδας κλπ). Οι μοναδικές ευκολίες σε πολλές περιπτώσεις και η ασύλληπτη ταχύτητα διεκπεραίωσης που προσφέρει η ψηφιακή λήψη σε πολλούς τομείς έχει ξεπεράσει τους όποιους ενδοιασμούς και αμφισβητήσεις που επικεντρώνονται στην ποιότητα της εικόνας αυτής καθαυτής που παράγεται με τις τεχνολογίες αυτές.

Η ποιότητα όμως, όπως θα δούμε με λεπτομέρειες σε επόμενα κεφάλαια δεν είναι πάντα μια αξία αντικειμενική και απόλυτη αλλά πλήρως συνδεδεμένη με την εφαρμογή, την προγραμματιζόμενη χρήση της κάθε εικόνας. Αυτό είναι ένα γεγονός που μέχρι σήμερα, στον κόσμο του φιλμ δεν είχε απασχολήσει στην πραγματική του ουσία τους επαγγελματίες καθώς το χρησιμοποιούμενο μέσον καταγραφής, το φιλμ σε όλες τις μορφές του, προσέφερε αφειδώς μια ποιότητα αποτύπωσης που στην πλειοψηφία των περιπτώσεων ξεπερνούσε υπερβολικά κάθε πιθανή απαίτηση εφαρμογής. Οι επαγγελματίες αλλά και οι ψαγμένοι ερασιτέχνες περιορίστηκαν στην σύγκριση και αντιπαράθεση διαφορετικών φορμά φιλμ, με κύριο σημείο σύγκρισης το μέγεθος της επιφάνειας αποτύπωσης αλλά και άλλων χαρακτηριστικών όπως ο κόκκος, τα χαρακτηριστικά αποτύπωσης χρώματος, η εξισορρόπηση του κάθε φιλμ για διαφορετικές συνθήκες φωτισμού κλπ. Στις περισσότερες όμως των περιπτώσεων οι συγκρίσεις αυτές περιείχαν μεγάλο βαθμό υποκειμενικής αντίληψης με την ποιότητα της αποτύπωσης, τουλάχιστον από τεχνικής πλευράς να διατηρείται πάντα σε ούτως ή άλλως υψηλά επίπεδα.

Στην ψηφιακή εικόνα, τα περισσότερα από τα παραπάνω σημεία αντιπαράθεσης χάνουν την ουσία τους. Εδώ πλέον έχουμε να αντιμετωπίσουμε αντικειμενικά κριτήρια που με σαφή και αναντίρρητο τρόπο καθορίζουν το εύρος χρήσης και χρηστικότητα μιας εικόνας. Στην περίπτωση της αναλογικής εικόνας, αν θέλουμε να είμαστε αντικειμενικοί, η συντριπτική πλειοψηφία των χρήσεων υπο-χρησιμοποιούσε την καταγεγραμμένη στο μέσο (φίλμ) πληροφορία που παρεχόταν πλουσιοπάροχα και σε πλεονασμό. Αρκεί να θυμηθούμε πως πολύ συχνά, εξαιρετικά λεπτόκοκκα φιλμ με εξαιρετικές δυνατότητες καταγραφής οπτικής πληροφορίας, χρησιμοποιούνται για να τυπωθούν φωτογραφίες σε μεγέθη μεταξύ 10x15 εκ ή 20x25εκ. Αντίθετα, στην περίπτωση της ψηφιακής εικόνας, η ύπαρξη πληροφορίας αυτής σε ικανοποιητική ποσότητα δεν είναι αυτονόητη. Κατά συνέπεια, η ποσότητα αυτή έχει αναγορευτεί (ίσως όχι πάντα δικαιολογημένα) σε πρωταρχικό κριτήριο ποιότητας, καθώς επηρεάζει δραστικά πολύ βασικά στοιχεία αξιοποίησης της εικόνας, όπως είναι για παράδειγμα, το μέγιστο μέγεθος αναπαραγωγής χωρίς απώλεια ευκρίνειας.

Σήμερα το επίπεδο της ποιότητας που προσφέρει η ψηφιακή εικόνα, τουλάχιστον όπως αυτό εκφράζεται από το ποσό της αποθηκευόμενης πληροφορίας, έχει αρχίσει να γίνεται αρκούντως υψηλό ώστε να καλύπτει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών της εικόνας, όπως αυτές που αναφέραμε μερικές παραγράφους πιο πριν. Μια και είμαστε ακόμα στην εισαγωγή του βιβλίου δεν θα προσπαθήσουμε εδώ να δικαιολογήσουμε αν τα παραπάνω είναι αποδεκτά, λογικά ή όχι ούτε και θα μπούμε στη διαδικασία ποιοτικής αξιολόγησης της ψηφιακής τεχνολογίας. Σε επόμενα κεφάλαια όλα αυτά τα θέματα θα αναπτυχθούν με λεπτομέρειες ώστε ο αναγνώστης να αποκτήσει τη δυνατότητα να αξιολογεί, να κρίνει και να αποφασίζει μόνος και ανεπηρέαστος από διαφημιστικά τερτίπια και παγίδες. Η ποιότητα αυτή, συνδυαζόμενη με την αυξημένη ευκρίνεια και καθαρότητα που είναι εγγενή χαρακτηριστικά των ψηφιακών εικόνων, το σημερινό επίπεδο επιτρέπει την αξιόπιστη χρήση της ψηφιακής εικόνας σε εφαρμογές που ακόμα και πρόσφατα τις θεωρούσαμε ισχυρά οχυρά της αναλογικής τεχνολογίας.

Η εξάπλωση της Ψηφιακής εικόνας δημιούργησε και αυξημένες απαιτήσεις για δυνατότητες όχι μόνο δημιουργίας και αποθήκευσης της αλλά επιπλέον, διαχείρισής της, διανομής της και κυρίως, επεξεργασίας της. Σήμερα, ευτυχώς μέσα από την ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων, εξαιρετικά προηγμένες τεχνολογίες και πανίσχυρα εργαλεία επεξεργασίας και διαχείρισης ψηφιακής εικόνας είναι ευρέως διαθέσιμα σε προσωπικούς υπολογιστές. Με την εξάπλωση των σχετικών τεχνολογιών, όλο και περισσότεροι επαγγελματίες αντιμετωπίζουν την υποχρέωση και την ανάγκη βαθύτερης γνώριμης και ενασχόλησης με την τέχνη της επεξεργασίας εικόνας. Οι ανάγκες αυτές σε μεγάλο βαθμό καλύπτονται μέσα από πληθώρα πηγών και βοηθημάτων και μια εκτεταμένη ειδική βιβλιογραφία.

Ενώ η ειδική βιβλιογραφία καλύπτει τις απαιτήσεις εκμάθησης των εργαλείων επεξεργασίας αφήνει ένα μεγάλο κενό όσον αφορά τα μυστικά της ίδιας της ψηφιακής εικόνας: Τα χαρακτηριστικά της γνωρίσματα, τις ιδιότητές

της, τον τρόπο δημιουργίας, αποθήκευσης, διαχείρισης και διανομής της. Σαν αποτέλεσμα ορολογίες και μονάδες αναφέρονται χωρίς να διευκρινίζονται και καταλήγουν να αναπαράγονται και να χρησιμοποιούνται από τους εμπλεκόμενους τις περισσότερες φορές χωρίς να είναι κατανοητή ούτε η φύση ούτε η σημασία τους. Από την άλλη πλευρά μια σειρά καθαρά ακαδημαϊκών βιβλίων εμβαθύνει στην καθαρά θεωρητική πλευρά της ψηφιακής εικόνας μέσα από την παράθεση πολύπλοκων και πολυσύνθετων μαθηματικών τύπων και αναλύσεων. Χωρίς να μειώνουμε την αξία των βοηθημάτων αυτών σε καθαρά ερευνητικό ή θεωρητικό επίπεδο πρέπει να μας επιτραπεί να αμφιβάλουμε για την πρακτική αξία που έχει για τον επαγγελματία ή τον φοιτητή η σε βάθος γνώση των μαθηματικών τύπων που δε συνοδεύεται από την ανάπτυξη κριτηρίων εφαρμογής τους ή επιλογής των παραμέτρων τους. Χωρίς, όπως τα τελευταία έχει γίνει της μόδας να αναφέρεται, “best practice”!

Η γνώση της ψηφιακής εικόνας σε βάθος αναμφισβήτητα ανοίγει νέους ορίζοντες σε όποιον ασχολείται μαζί της. Επιτρέπει την βελτίωση διαδικασιών, εξοικονόμηση πόρων και χρόνου, καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων συστημάτων και υποδομών και τελικά οδηγεί στην βελτιστοποίηση του τελικού αποτελέσματος.

Στο βιβλίο αυτό θα αναφερθούμε και θα αναλύσουμε τις διαθέσιμες διαδικασίες και πρακτικές επεξεργασίας της ψηφιακής εικόνας, τις περιπτώσεις που αυτές χρησιμοποιούνται και τα προβλήματα που καλούνται να λύσουν.

Ενώ θα αναφερθούμε στον εξοπλισμό και τις περιφερειακές συσκευές που θα συναντήσουμε στην αλυσίδα διαχείρισης της ψηφιακής εικόνας θα αποφύγουμε να μιλήσουμε για δεδομένες συσκευές, μοντέλα και προδιαγραφές, με την απόλυτη πεποίθηση πως με την ταχύτητα που εξελίσσεται η τεχνολογία των υπολογιστικών συστημάτων, όταν το βιβλίο φτάσει στα χέρια των αναγνωστών του, τόσο τα μοντέλα όσο και οι προδιαγραφές του θα δείχνουν ξεπερασμένα. Ακόμα και σε τομείς όπως είναι οι φωτογραφικές μηχανές, που οι συμβατικές (αναλογικές) συσκευές φημιζόταν για την μεγάλη διάρκεια ζωής τους, η ψηφιακή τεχνολογία οδήγησε σε αντίστοιχες συσκευές που αντικαθίσταται με συχνότητα μηνών.

Ας μας επιτραπεί να αιτιολογήσουμε μια επιλογή μας που είναι η παράλληλη παράθεση όσο πιο συχνά αυτό ήταν δυνατόν τόσο των Ελληνικών όσο και των ξενόγλωσσων, (συνήθως στην αγγλική) όρων που χρησιμοποιούνται. Προφανώς δεν κρύβεται καμία ξενομανία πίσω από την απόφαση αυτή ούτε και δείχνει μια αναποφασιστικότητα στο να πάρουμε μια θέση. Η επιλογή μας βασίστηκε, όπως είναι και όλη η φιλοσοφία του βιβλίου στην αποδεκτή και αποδοτική πρακτική: Πέρα από τις φιλοσοφικές και ακαδημαϊκές απόψεις και άσχετα με το τι επικρατεί σε θεωρητικούς κύκλους, η πραγματικότητα είναι πως αφενός οι ξένοι όροι είναι ευρέως αποδεκτοί, κατανοητοί και χρησιμοποιούμενοι στην αγορά αφετέρου σε πολλές περιπτώσεις οι αντίστοιχοι Ελληνικοί είναι εντελώς αδόκιμοι και εκτός από το ότι “ξενίζουν” σπάνια χρησιμοποιούνται.

Ο στόχος του βιβλίου είναι, μέσα από την καλύτερη κατανόηση των διαδικασιών, χαρακτηριστικών και τον εμπλουτισμό της γνώσης των αναγνωστών, να οδηγήσει σε καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων μέσων και τεχνολογιών, ώστε τελικά να πετύχουμε καλύτερες ψηφιακές εικόνες.

Όσο για το πώς αντιλαμβανόμαστε τον χαρακτηρισμό “καλύτερη”, ας μην ξεχνάμε πως μια εικόνα πρέπει πάντα να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του τελικού αποδέκτη που σε πολλές περιπτώσεις είναι ο πελάτης.

3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ

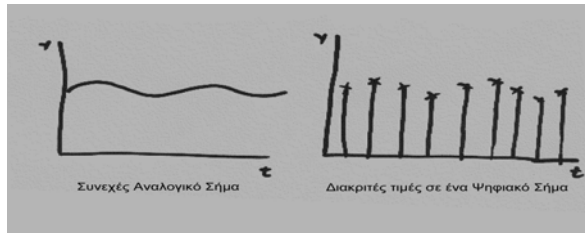
3.1 Από τον Αναλογικό Κόσμο στον Ψηφιακό.

Ο πραγματικός κόσμος, ο κόσμος που ζούμε είναι ένας αναλογικός κόσμος. Ένας κόσμος αδιάλειπτος, με συνέχεια. Ένας κόσμος στον οποίο εξελίσσονται συνεχή φαινόμενα και εμείς τα παρατηρούμε, τα αισθανόμαστε, τα καταγράφουμε και τα εξηγούμε με συνεχή τρόπο. Η έννοια του αναλογικού είναι επομένως μια έκφραση του αδιάλειπτου, της συνέχειας. Αναλογικός σημαίνει, εκτός των άλλων και συνεχής. Για παράδειγμα, στην πραγματικότητα, ο χρόνος κυλάει συνεχώς και ομαλά. Για την ευκολία μας στην παρατήρηση, τη μέτρηση, την επεξεργασία ή τη διαχείριση του χρόνου (όπως και για κάθε άλλη φυσική διάσταση, φαινόμενο ή οντότητα) καθορίζουμε δεδομένα και πεπερασμένα βήματα καταγραφής του χρόνου ή της μεταβολής του (δευτερόλεπτα, λεπτά και ώρες, μέρες, μήνες, χρόνια κλπ). Αναγνωρίζουμε όμως πάντα πως η πράξη αυτή δεν αναιρεί τη συνέχειά του φαινομένου, το αδιάλειπτο του χρόνου στο παράδειγμά μας. Άσχετα με το αν ο δευτερολεπτοδείκτης του ρολογιού μας πηγαίνει από ένδειξη σε ένδειξη με βήματα, εμείς γνωρίζουμε πως ο χρόνος συνεχίζει να περνά ομαλά. Το ίδιο ισχύει για όλα τα φυσικά φαινόμενα και μεγέθη του κόσμου μας. Για την καταγραφή και μελέτη τους, ορίζουμε συστήματα και μονάδες μέτρησης με τυποποιημένα συστήματα αναφοράς. Η προσπάθεια να απεικονίσουμε με όσο περισσότερη ακρίβεια είναι δυνατή (ή επιθυμητή) κάποιο φαινόμενο μας οδηγεί στην χρήση υποδιαιρέσεων των μονάδων μέτρησης, όπως τα γνωστά δεκαδικά ψηφία στο δεκαδικό σύστημα. Όσο περισσότερα δεκαδικά ψηφία χρησιμοποιούμε για να εκφράσουμε μια υποδιαίρεση, τόσο μεγαλύτερη η ακρίβεια.

Όταν καταγράφουμε ένα φυσικό φαινόμενο με αναλογικό τρόπο σε ένα αναλογικό μέσον, για παράδειγμα όταν ηχογραφούμε ένα τραγούδι σε ένα συμβατικό κασετόφωνο, ή αν φωτογραφίζουμε ένα τοπίο με μια συμβατική φωτογραφική μηχανή, καταγράφουμε αυτή τη συνέχειά των χαρακτηριστικών και της ανάπτυξης του κάθε φαινομένου: Διατηρούμε το αδιάλειπτο της εξέλιξης της μουσικής στο χρόνο αλλά και την ομαλότητα της μετάβασης ανάμεσα στα πάμπολλα χρώματα που απλώνονται στα σύννεφα ένα όμορφο απόγευμα.

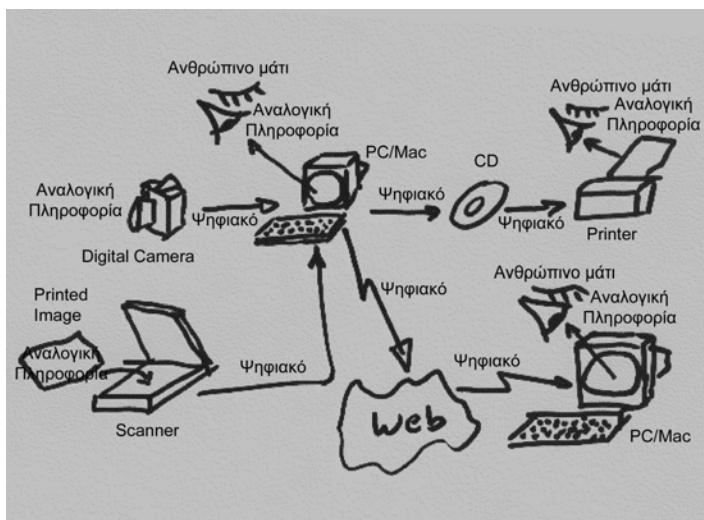
Στον ψηφιακό κόσμο, τα φαινόμενα και οι πληροφορίες γενικότερα, καταγράφονται σαν μια ακολουθία από διακριτές τιμές. Μια σειρά από αριθμούς. Για να αποτυπώσουμε ένα αναλογικό φαινόμενο που αναπτύσσεται στο χρόνο (για παράδειγμα τον ήχο ενός βιολιού), μετράμε και καταγράφουμε την αξία του φαινομένου σε δεδομένες στιγμές του χρόνου, σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους. Παίρνουμε δηλαδή περιοδικά δείγματα (samples) του φαινομένου σε μια συχνότητα που επιλέγουμε (Σχήμα 1).

Κάθε δείγμα αποτελείται από μία και μόνο τιμή. Αν η καταγραφή αυτή τηρεί κάποιους δεδομένους κανόνες που θα δούμε παρακάτω, η ακολουθία από δείγματα είναι αρκετή για να αποτυπώσει το σύνολο των χαρακτηριστικών εκείνων που πιστεύουμε πως είναι απαραίτητα για να περιγράψουν με ακρίβεια το φαινόμενο που παρακολουθούμε (στο παραπάνω παράδειγμά μας, το ύψος, ένταση και χροιά του ήχου).



Σχήμα 1
Αναλογικά και Ψηφιακά Μεγέθη

Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως τα αισθητήρια όργανά μας δέχονται μόνο αναλογικά ερεθίσματα και επομένως, άσχετα αν κάποιο σήμα μετατρέπεται σε κάποιο στάδιο από αναλογικό σε ψηφιακό για επεξεργασία, αποθήκευση, μεταφορά ή όποιους άλλους λόγους, όταν αυτό είναι απαραίτητο να έρθει σε επαφή με τις ανθρώπινες αισθήσεις, θα πρέπει να μετατραπεί πάλι σε αναλογικό. Στην περίπτωση της ψηφιακής εικόνας, αυτό είναι απαραίτητο όχι μόνο στο τελικό στάδιο εξόδου (εκτύπωση), αλλά και σε κάθε στάδιο όπου χρειάζεται η παρουσίασή της εικόνας στο οπτικό μας σύστημα (Σχήμα 2), όπως για παράδειγμα για απεικόνιση στο Monitor του υπολογιστή.



Σχήμα 2
Η Αλυσίδα Αναλογικό - Ψηφιακό - Αναλογικό

Προφανώς λοιπόν, η δυνατότητα να επανασυντεθεί ένα αναλογικό σήμα από την ψηφιακή αποτύπωσή του αποκτά ιδιαίτερη και μεγάλη σημασία. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας κατάλληλες τεχνικές και συσκευές μετατροπής που λέγονται DAC (Digital to Analogue Converters). Εφόσον η ψηφιοποίηση και διαχείριση της ψηφιακής καταγραφής του φαινομένου έχει ακολουθήσει κάποιους κανόνες, αυτή η επανασύνθεση (reconstruction) του φαινομένου στον αναλογικό κόσμο μπορεί να γίνει με υψηλή πιστότητα.

Τώρα, το τι σημαίνει “Υψηλή πιστότητα” αλλά και το ίδιο το επίπεδο της πιστότητας αυτής είναι προφανώς θέμα μίας μεγάλης και διαρκούς διαμάχης και συζήτησης με φανατικούς υποστηρικτές και πολέμιους (μια ακόμα από εκείνες τις γνωστές περιπτώσεις ακραίων διαφωνιών στις οποίες αρέσκεται το ανθρώπινο γένος ανά τους αιώνες!). Δεν αμφισβητείται πάντως πως το επίπεδο της πιστότητας βελτιώνεται διαρκώς και ραγδαία μέσα από την εξέλιξη των σχετικών τεχνολογιών, τεχνικών και μεθόδων. Το ότι η “αρκούντως υψηλή” πιστότητα αναπαραγωγής από ψηφιακά μέσα είναι εφικτή τουλάχιστον για τα δεδομένα κάποιων ομάδων, αποδεικνύεται από τον αριθμό CD που χρησιμοποιούνται για να ακούμε την αγαπημένη μας μουσική. Όσον αφορά την εικόνα, είναι ένας από τους λόγους που το βιβλίο αυτό βρίσκεται σήμερα στα χέρια σας.

Πρέπει να τονιστεί εδώ πως εφόσον ένα φαινόμενο έχει αποτυπωθεί με ψηφιακό τρόπο, οι μόνες πληροφορίες που έχουμε στη διάθεσή μας σχετικά με αυτό είναι οι τιμές των δειγμάτων και οι χρόνοι στους οποίους πήραμε αυτές οι τιμές. Ανάμεσα σε δύο συνεχόμενα δείγματα δεν υπάρχει καταγεγραμμένη ουδεμία απολύτως πληροφορία σχετική με το φαινόμενο που καταγράφεται (σχήμα 1). Έχει χαθεί λοιπόν οτιδήποτε συνέβη ανάμεσα στα δείγματα. Φανταστείτε πώς είμαστε πίσω από ένα παράθυρο, και κάθε 20” ανοίγουμε τα παντζούρια, κοιτάμε την πλατεία από κάτω για ένα δευτερόλεπτο, κλείνουμε τα παντζούρια και καταγράφουμε ποιος πέρασε. Θα μπορούσαμε να έχουμε τοποθετήσει και μια φωτογραφική μηχανή με lapse photography (φωτογράφιση κατά διαστήματα) και να την έχουμε ρυθμίσει να τραβάει μία φωτογραφία κάθε 20”. Στην ουσία παίρνουμε ένα “δείγμα” της πλατείας κάθε 20”. Αν κατά τη διάρκεια των 20” που τα παντζούρια είναι κλειστά περάσει κάποιος τρέχοντας από την πλατεία, δεν θα το μάθουμε ποτέ γιατί απλά δεν κοιτάζαμε ούτε καταγράφηκε σε καμία από τις φωτογραφίες. Θυμηθείτε για λίγο τις εικόνες που καταγράφουν τα συστήματα ασφαλείας των τραπεζών. Ότι συμβαίνει ανάμεσα σε δύο επακόλουθες καταγραφές έχει απορριφθεί αυτόματα από το σύστημα καταγραφής. Αυτό είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό όλων των ψηφιακών συστημάτων, ανεξαρτήτως κατηγορίας και χρήσης και αποτελεί τη βάση από την οποία ξεκινά η αέναη αμφιγνωμία σχετικά με την ποιότητα κάθε τι ψηφιακού. Η σημασία του προβλήματος αυτού, αν το ονομάσουμε πρόβλημα, βρίσκεται στην φύση του “τι απορρίπτεται” και την αξία του στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της καταγραφής.

Πάμε πάλι στην πιο πάνω πλατεία, την οποία μας είπαν πως ο φίλος μας ο Βαγγέλης αρέσκει να διασχίζει ακατάπαυστα από τη μία πλευρά μέχρι την άλλη, για κάμποση ώρα. Αν κατά το διάστημα που αυτό συμβαίνει, ανοιγοκλείνουμε τα παντζούρια ή φωτογραφίζουμε, για να δούμε πότε θα περάσει ο Βαγγέλης, και αυτός περάσει όταν τα παντζούρια είναι κλειστά, ή η μηχανή ανενεργή, προφανώς η μέθοδός μας απέτυχε πλήρως. Αν όμως ξέρουμε πως συνήθως χρειάζεται ένα λεπτό να τη διασχίσει, τότε δεν υπάρχει περίπτωση να μην τον πάρουμε μυρωδιά όταν θα περνάει, άσχετα σε ποιο σημείο της πλατείας θα τον πετύχουμε (σε κάθε λεπτό παίρνουμε 3 φωτογραφίες). Τώρα το ότι στα 20" ανάμεσα σε δύο κοιτάγματα ή φωτογραφήσεις, μπορεί να διασχίσουν τρέχοντας την πλατεία δεκάδες γάτες, μας είναι αδιάφορο το ότι πιθανόν να μην τις δούμε γιατί δεν μας ενδιαφέρουν αυτές αλλά, όπως ξεκάθαρα είπαμε, ο Βαγγέλης.

Οι φωτογραφίες ή τα κοιτάγματά μας στο παραπάνω παράδειγμα δεν είναι παρά απλά "δείγματα" σε ένα ψηφιακό σύστημα. Και το διάστημα των 20" ανάμεσα στα δείγματα δεν είναι παρά η συχνότητα δημιουργίας των δειγμάτων αυτών. Με την απλή παραπάνω διαδικασία έχουμε μετατρέψει ένα συνεχές φαινόμενο (τις βόλτες του Βαγγέλη) σε μια ακολουθία από διακριτές καταγραφές του (οι φωτογραφίες που πήραμε). Η μετατροπή του συνεχούς σε διακριτό, είναι και το πρώτο στάδιο της μεταφοράς κάθε φυσικού φαινομένου στον ψηφιακό κόσμο. Τις έννοιες αυτές θα τις δούμε πιο αναλυτικά παρακάτω. Όμως για την ώρα, το απλοποιημένο παράδειγμα της παρακολούθησης του Βαγγέλη, δείχνει καθαρά πως είναι δυνατό να προσδιοριστούν κανόνες που για την μεταφορά από τον αναλογικό στον ψηφιακό κόσμο και πίσω, μέχρι ένα βαθμό θα εξασφαλίζουν αν όχι την απόλυτη πιστότητα, τουλάχιστον την γνώση του τι μπορεί κάποιος να περιμένει (καταγράψουμε ανθρώπους που περνάνε περπατώντας αλλά όχι γάτες που τρέχουν). Το ότι σε κάθε περίπτωση έχουμε να κάνουμε με κάποιο επίπεδο συμβιβασμού δεν μπορεί να το αρνηθεί κανείς. Η ίδια η ζωή μας όμως είναι ένα σύνολο από συμβιβασμούς σε προδιαγραφές. Η αξία λοιπόν της όλης ψηφιακής διαδικασίας δεν μπορεί να κρίνεται σε απόλυτο θεωρητικό επίπεδο αλλά πρέπει να βασίζεται στην αξιολόγηση του κατά πόσο προδιαγραφές που έχουν τεθεί ικανοποιούνται. Θέτοντας εξ αρχής τις προδιαγραφές, μπορούμε αφενός να επιβεβαιώνουμε κατά πόσο αυτές οι προδιαγραφές ικανοποιούνται από κάποιο ψηφιακό σύστημα αφετέρου με ποιο τρόπο, μέσο και κόστος αυτό είναι εφικτό.

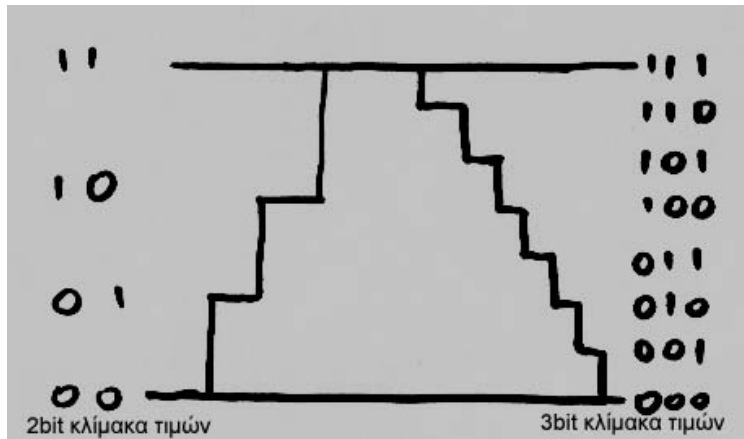
Και μην ξεχνάμε: Αν μας είναι αδιάφορες οι γάτες, τι θα είχαμε κερδίσει αν είχαμε φωτογραφήσει καμιά ντουζίνα να τρέχουν πάνω κάτω στην πλατεία; Μήπως η καταγραφή περισσότερης πληροφορίας από ότι πραγματικά χρειαζόμαστε είναι τελικά αρνητική;

3.2 Bits, Bytes και Pixels

Είπαμε παραπάνω πώς στον ψηφιακό κόσμο, τα φαινόμενα και οι πληροφορίες γενικότερα, καταγράφονται σαν μια ακολουθία από αριθμούς που αντιστοιχούν στα δείγματα (samples) του φαινομένου. Η καταγραφή αυτή γίνεται χρησιμοποιώντας το δυαδικό σύστημα που απεικονίζει κάθε μέγεθος με μια σειρά από Δυαδικά Ψηφία (Binary Units ή bits όπως είναι πιο γνωστά). Κάθε bit, όπως λέει και το όνομά του (δυαδικό), μπορεί να πάρει μόνο τις τιμές 1 ή 0. Η κωδικοποίηση αυτή είναι εξαιρετικά βολική για τον κόσμο των ηλεκτρονικών υπολογιστών που καθώς, σε απόλυτη απλοποίηση, δεν είναι παρά ηλεκτρονικές συσκευές, μπορούν με μεγάλη ευκολία να εντοπίσουν την ύπαρξη ή την απουσία κάποιας ηλεκτρικής τάσης σε κάποιο σημείο. Αν εντοπίσουν την ηλεκτρική τάση, έχουμε μια κατάσταση, ας πούμε κατάσταση “1”, αν δεν την εντοπίσουν έχουμε μία άλλη κατάσταση, ας πούμε κατάσταση “0”. Γίνεται λοιπόν προφανές πώς τιμές που εκφράζονται με το δυαδικό σύστημα μπορούν να αναγνωριστούν με ευκολία από ηλεκτρονικά κυκλώματα διακοπών που είτε είναι ανοικτοί (αξία 0) είτε κλειστοί (αξία 1). Μην μπερδευτείτε εδώ με την διαφοροποίηση στη χρήση των όρων ανάμεσα στα Ελληνικά και τα Αγγλικά, καθώς ένας διακόπτης είναι «κλειστός» όταν η δημιουργεί μια σύνδεση δηλαδή είναι «On» και «Ανοικτός» όταν η σύνδεση έχει διακοπεί, δηλαδή είναι «Off» (!!).

Βάζοντας στη σειρά δυαδικά στοιχεία (1 ή 0), μπορούμε να εκφράσουμε κάθε ακέραιο μέγεθος, όμοια στην ουσία με τον τρόπο που στο δεκαδικό σύστημα δημιουργούμε τους γνωστούς μας αριθμούς. Το πλήθος από στοιχεία που χρησιμοποιούμε για την δημιουργία αριθμού χαρακτηρίζει τον αριθμό. Λέμε λοιπόν πως ένας αριθμός είναι 4-bit αν χρησιμοποιεί τέσσερα δυαδικά στοιχεία ή 8-bit αν χρησιμοποιεί 16 στοιχεία. Σαν ένα σύντομο παράδειγμα, ο Πίνακας 1 που ακολουθεί παρουσιάζει ενδεικτικούς δυαδικούς αριθμούς και τις αντίστοιχες τιμές στο δεκαδικό σύστημα.

Μπορούμε λοιπόν να απεικονίσουμε το ύψος ανάμεσα σε δύο ορόφους με ένα δυαδικό αριθμό. Ο αριθμός των bits που χρησιμοποιούμε για να εκφράσουμε ένα μέγεθος καθορίζει τον αριθμό των υποδιαίρεσεων του μεγέθους αυτού, με βάση την δύναμη του 2. Αν χρησιμοποιούμε 1 Bit, τότε έχουμε 2^1 τιμές δηλαδή δύο τιμές, (0 = ισόγειο, 1= πρώτος όροφος). Αν έχουμε δύο Bits τότε οι διαθέσιμες τιμές είναι 2^2 δηλαδή τέσσερις τιμές, (00 = ισόγειο, 11= πρώτος όροφος και δύο ενδιάμεσες θέσεις, το 01 και το 10 ανάμεσα στα δύο άκρα). Με τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε τις υποδιαίρεσεις και στην περίπτωση των τριών bits (Σχήμα 3).



Σχήμα 3
Bits και υποδιαιρέσεις

Όσο περισσότερα bits χρησιμοποιούμε, τόσο περισσότερες ενδιάμεσες θέσεις ανάμεσα στο ισόγειο και τον πρώτο όροφο μπορούμε να καθορίσουμε, καταλήγοντας τελικά στην δημιουργία μίας σειράς από σκαλοπάτια που το ύψος του κάθε ενός καθορίζεται από την διαίρεση του ύψους ανάμεσα στους δύο ορόφους με τον αριθμό των σκαλοπατιών. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στην αξία του τελευταίου στη σειρά bit που λέγεται και Ψηφίο Τελευταίας Τάξεως (Least Significant Bit – LSB).

Αριθμός bits	Αριθμός από διαθέσιμες τιμές	Διαθέσιμες τιμές	Αντίστοιχες Δεκαδικές Αξίες
1	$2^1 = 2$	0 1	0 1
2	$2^2 = 4$	00, 01 10 11	0, 1 και 2 3
3	$2^3 = 8$	000, 001, 010, 011 100 101 110 111	0, 1, 2, 3 και 4 5 6 7
4	$2^4 = 16$	0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111	Αντίστοιχα, 0, 1,2 3,4,5, 6,7 και 8, 9, 10 11,12, 13 14 και15
8	$2^8 = 256$	00000000 έως 11111111	
16	$2^{16} = 65.536$	Δεκαέξι "0" έως δεκαέξι "1"	
24	$2^{24} = 16.777.216$	εικοσιτέσσερα "0" έως εικοσιτέσσερα "1"	

Πίνακας 1 Bits και διαθέσιμες τιμές

Από τα παραπάνω πρέπει να γίνονται προφανείς δύο αλήθειες:

- Για κάθε bit που προσθέτουμε, οι διαθέσιμες αξίες διπλασιάζονται (2, 4, 8, 16, 32, 64 ...). Αυτό οδηγεί σε ταχύτατες αυξήσεις απαιτήσεων αποθήκευσης του συνεπαγόμενου όγκου πληροφοριών αλλά και της ισχύος που απαιτείται από τα υπολογιστικά συστήματα που θα κληθούν να επεξεργαστούν τις πληροφορίες αυτές.
- Δεν μπορούμε να εκφράσουμε μια θέση (ένα ύψος) που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο από τα διαθέσιμα επίπεδα καταγραφής. (π.χ. ανάμεσα σε δύο σκαλοπάτια). Η ελάχιστη μετρήσιμη διαφορά ενός ψηφιακού μεγέθους είναι επομένως το 1 bit. Τελευταίας Τάξεως (1 LSB). Αυτό είναι ένα γενικό χαρακτηριστικό των ψηφιακών συστημάτων, την αξία αλλά και τις επιπτώσεις του οποίου στην ποιότητα μίας ψηφιακής εικόνα θα δούμε παρακάτω.

Οκτώ Bits στην σειρά μας δίνουν ένα Byte. Το Byte δηλαδή είναι ένας αριθμός που αποτελείται από 8bits. Όπως το bit μπορεί να πάρει δύο το πολύ τιμές (2^1 δηλαδή 0 ή 1), αντίστοιχα και το byte μπορεί να πάρει μία από 256 τιμές (2^8 δηλαδή 256). Χίλια bytes μας κάνουν ένα Kilo-Byte KB και ένα εκατομμύριο Bytes μας δίνουν ένα Giga-Byte ή GB. Για την ακρίβεια το KB αποτελείται από 1024 Bytes (καθώς $2^{10} = 1.024$) και το GB από 1.048.576 bytes (καθώς $2^{20} = 1.048.576$), αλλά για ευκολία μας προτιμάμε πολλές φορές να αναφερόμαστε στα απλά πολλαπλάσια των χιλιάδων. Παρά την ανακρίβεια που προκύπτει από την προσέγγιση αυτή, τα μεγέθη που παίρνουμε είναι σε γενικές γραμμές αποδεκτά και μας επιτρέπουν να κάνουμε γρήγορους υπολογισμούς.

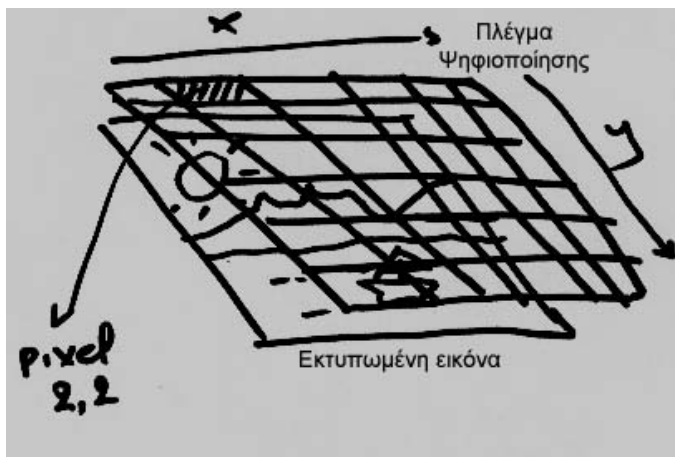
3.3 Ανατομία της Ψηφιακής Εικόνας

Μια ψηφιακή εικόνα αποκτά ύπαρξη σαν ένα ψηφιακό αρχείο αποθηκευμένο σε κάποιο μαγνητικό (σταθεροί δίσκοι, δισκέτες, zip, jazz, DAT κλπ) ή οπτικό (CD, DVD) μέσο. Όσον αφορά την ίδια της τη φύση, δεν παύει να είναι ένα απλό ψηφιακό αρχείο που στην ουσία αποτελείται από μια ακολουθία bits με τιμές, όπως είδαμε και παραπάνω, 1 ή 0. Η ακολουθία των ψηφίων αυτών μετατρέπεται στην απαραίτητη πληροφορία που χρειάζεται για να εμφανιστεί η εικόνα σε ένα Monitor (οθόνη) υπολογιστή ή να εκτυπωθεί από ένα εκτυπωτή (printer).

Όπως όλα τα ψηφιακά αρχεία, έτσι και σε μια ψηφιακή εικόνα, η ακολουθία των ψηφίων αυτών δεν είναι τυχαία. Αποτελείται από ομάδες ψηφίων, διατεταγμένων στη σειρά. Το μήκος (αριθμός από ψηφία) που αποτελεί κάθε ομάδα εξαρτάται από παράγοντες που θα αναλυθούν παρακάτω. Η κάθε ομάδα ψηφίων είναι αρκετή για να περιγράψει με απόλυτη πληρότητα το

ελάχιστο δομικό στοιχείο της εικόνας, το pixel ή εικονοστοιχείο. Πρώτα όπως ας δούμε πως φτάνουμε στα pixels.

Η ψηφιακή εικόνα αναλύεται με βάση κάποιο ορθογώνιο πλέγμα που λέγεται bitmap (χρειάζεται προσοχή στον όρο καθώς θα τον συναντήσουμε παρακάτω με δύο ακόμα εντελώς διαφορετικές σημασίες). Το πλέγμα αυτό είναι σε μερικούς χώρους γνωστό, όχι απόλυτα σωστά, και σαν Raster. Με βάση αυτό το πλέγμα, η εικόνα μοιράζεται σε μια κάθετη ακολουθία από οριζόντιες σειρές με μικρές υποδιαίρεσεις (Σχήμα 4), που ονομάζονται εικονοστοιχεία ή pixels (picture elements). Κάθε pixel του πλέγματος καθορίζεται από τη θέση του στο πλέγμα (x και y). Συνήθως τα pixels χαρακτηρίζονται ξεκινώντας από την πάνω αριστερή γωνία (0,0) χωρίς αυτό να ισχύει πάντα.



Σχήμα 4
Η δομή μίας Ψηφιακής Εικόνας

Μια ψηφιακή εικόνα, καθώς δεν είναι τίποτα περισσότερο και τίποτα λιγότερο από ένα ακόμα ψηφιακό αρχείο στον υπολογιστή μας, μπορεί να αντιγραφεί, να μεταφερθεί να αποσταλεί με φυσικό ή ηλεκτρονικό τρόπο σε πολλούς αποδέκτες χωρίς καμία απώλεια ποιότητας. Δεν πρέπει να μας διαφεύγει πως όλες οι παραπάνω διαδικασίες αφορούν την αντιγραφή, μεταφορά, αποστολή κλπ μίας ακολουθίας από 0 και 1 και τίποτα παραπάνω. Μια μικρή λεπτομέρεια που δεν πρέπει ωστόσο να ξεχνάμε είναι πως στις παραπάνω διαδικασίες (αντιγραφή, μεταφορά κλπ) που δεν εισάγουν απώλειες ποιότητας δε πρέπει αυθαίρετα να συμπεριλαμβανούμε και διαδικασίες που απαιτούν το “άνοιγμα” ενός αρχείου εικόνας. Όταν ανοίγουμε αρχεία που έχουν συμπιεστεί, αυτά πρώτα-πρώτα αποσυμπίεζονται και όταν τα κλείνουμε επανασυμπίεζονται. Αν η συμπίεση έχει χρησιμοποιήσει κάποιο αλγόριθμο που εισάγει απώλεια πληροφορίας (Lossy Compression) όπως είναι και το Jpeg, η διαδικασία αποσυμπίεσης –

επιανασυμπίεσης έχει σαν αποτέλεσμα μια περαιτέρω μείωση της ποιότητας της εικόνας. Μια τυπική διαδικασία που απαιτεί άνοιγμα αρχείου είναι η είσοδος του σε ένα πρόγραμμα για επεξεργασία εικόνας. Περισσότερα για τα είδη αρχείων όμως θα δούμε παρακάτω.

Όπως ήδη είπαμε λίγο πριν, κάθε pixel μίας ψηφιακής εικόνας περιγράφεται απόλυτα από μία ομάδα ψηφίων, η ακολουθία των οποίων βρίσκεται αποθηκευμένη στο ψηφιακό αρχείο που αποτελεί την φυσική ύπαρξη της εικόνας στον υπολογιστή. Για να επεξεργαστούμε μια εικόνα με ψηφιακά εργαλεία είναι απαραίτητο αυτή να βρίσκεται σε ψηφιακή μορφή και επομένως το απαραίτητο ψηφιακό αρχείο πρέπει να δημιουργηθεί με κάποιο τρόπο ή μέσο.

3.4 Ψηφιοποίηση

Η μετάβαση από τον αναλογικό κόσμο, ένα κόσμο με βασικό χαρακτηριστικό τη συνέχεια όπως είπαμε, στον ψηφιακό κόσμο γίνεται με τη διαδικασία της ψηφιοποίησης. Η διαδικασία αυτή εκτελείται στο κατώφλι των δύο κόσμων, που κατά περίπτωση τοποθετείται σε διαφορετικό σημείο της αλυσίδας επεξεργασίας μίας εικόνας (Σχήμα 2) και την αναλαμβάνουν κατάλληλες μονάδες που ονομάζονται μετατροπείς A/D (ή ADC - Analog to Digital Converters).

Αν η αρχική λήψη της εικόνας γίνεται με ψηφιακή συσκευή, τότε η συσκευή λήψης εκτελεί την ψηφιοποίηση της αναλογικής πληροφορίας που λαμβάνεται απευθείας από τη φύση. Αν η αρχική λήψη της εικόνας γίνεται με αναλογική συσκευή και αποτυπώνεται σε αναλογικό μέσο (φίλμ, εκτυπωμένη φωτογραφία, διαφάνεια), τότε είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση μίας επιπλέον συσκευής ψηφιοποίησης η οποία και θα μετατρέψει την αναλογική πληροφορία που λαμβάνεται από το αναλογικό ενδιάμεσο μέσο. Και στις δύο περιπτώσεις, ο φορέας της αναλογικής πληροφορίας θεωρείται η αναλογική “πηγή” μας (source).

Η ψηφιοποίηση ενσωματώνει δύο διαφορετικές αν και αλληλένδετες και όχι πάντα εύκολα διακριτές διεργασίες, τη δειγματοληψία και τον κβαντισμό.

Η Δειγματοληψία (Sampling), μετατρέπει τη συνέχεια του φυσικού κόσμου σε μια ακολουθία από διακριτές εικόνες του, που τα λέμε δείγματα (samples). Το παράδειγμα του Βαγγέλη μας παρουσίασε με απλό πιστεύω τρόπο, τη δειγματοληψία. Μέσα από τη διαδικασία της Δειγματοληψίας, σε αναλογία με όσα είπαμε παραπάνω σχετικά με τη δομή μίας ψηφιακής εικόνας, οι πληροφορίες που έρχονται από την πηγή μας αναλύονται πάλι με βάση ένα ορθογώνιο πλέγμα αντίστοιχο του bitmap που συναντήσαμε ήδη. Χωρίζεται με τον τρόπο αυτό η αναλογική πηγή μας σε ένα όμοιο πλέγμα από στοιχεία, κάθε ένα από τα οποία θα αντιστοιχιστεί μονοσήμαντα σε ένα pixel της τελικής ψηφιακής εικόνας.

Κάθε στοιχείο της πηγής (π.χ. αρχικής αναλογικής εικόνας) αναλύεται και λαμβάνεται ένα δείγμα (sample) που αναφέρεται στην τιμή έντασης φωτός που είτε αντανακλάται (π.χ. στην περίπτωση ψηφιοποίησης εκτυπωμένης φωτογραφίας) είτε διαπερνά (π.χ. στην περίπτωση ψηφιοποίησης διαφάνειας) το ορισμένο σημείο της εικόνας. Η μέτρηση αυτή έχει αρχικά σαν αποτέλεσμα μία αναλογική αξία για κάθε στοιχείο της πηγής. Στη συνέχεια, μέσα από τη διαδικασία του Κβαντισμού (Quantisation), η τιμή αυτή μετατρέπεται σε ακέραιο αριθμό, αγνοώντας ή συγχωνεύοντας τυχόν δεκαδικά ψηφία, και κατόπιν εκφράζεται σαν ένας δυαδικός αριθμός με όσα bits μας επιτρέπει το σύστημά που χρησιμοποιούμε. Ο δυαδικός αυτός αριθμός πλέον χαρακτηρίζει το πόσο φωτεινό ή σκοτεινό είναι το ορισμένο σημείο στην κλίμακα από Μαύρο σε Λευκό ασπρόμαυρων εικόνων ή ποια απόχρωση έχει ανάμεσα στα δύο άκρα του χρωματικού φάσματος στην περίπτωση έγχρωμων εικόνων. Η τιμή αυτή αποθηκεύεται σαν η αξία (value) του ορισμένου στοιχείου σε μία από τις ομάδες ψηφίων που είδαμε μόλις παραπάνω, το rixel δηλαδή που αντιστοιχεί στην φυσική θέση του στοιχείου της πηγής.

Σε μια ψηφιακή εικόνα μπορούμε να θεωρήσουμε τα rixels σαν «συρτάρια» σε μια ερμαιοθήκη. Η θέση κάθε συρταριού ορίζεται από τις τιμές x & y . Το περιεχόμενο κάθε συρταριού (pixel) είναι η αξία (value) που είδαμε παραπάνω. Η παρομοίωση αυτή θα μας φανεί χρήσιμη παρακάτω, όταν θα αρχίσουμε να ασχολούμαστε με την αξιολόγηση των ψηφιακών εικόνων.

3.4.1 Δειγματοληψία – Sampling

Ας δούμε τώρα κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της διαδικασίας δειγματοληψίας που θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε καλύτερα πώς αυτή επηρεάζει τα χαρακτηριστικά και την ποιότητα της εικόνας μας στον ψηφιακό κόσμο. Όπως είπαμε, η ψηφιοποίηση χωρίζει την εικόνα σε ένα ορθογώνιο πλέγμα. Το πλέγμα δημιουργεί ένα αριθμό από φωτοευαίσθητα στοιχεία, που είναι οι ελάχιστες μονάδες – φορείς πληροφορίας προς τον ψηφιακό κόσμο. Φανταστείτε τώρα πως η εικόνα μας είναι μια λευκή επιφάνεια με μία οριζόντια μαύρη γραμμή κάπου στο κέντρο της. Ο συσχετισμός του μεγέθους του κάθε στοιχείου με το πάχος της γραμμής είναι καθοριστικής σημασίας για τη δυνατότητα απεικόνισης της γραμμής μας. Αν το πάχος της γραμμής είναι τέτοιο ώστε να καλύπτει πολλά στοιχεία του πλέγματος, τόσο το σχήμα όσο και το χρώμα της θα καταγραφεί με ικανοποιητική ακρίβεια, μια και θα δημιουργήσει πληροφορία σε μεγάλο αριθμό στοιχείων. Αν όμως είναι πολύ λεπτή, ας πούμε όσο ένα στοιχείο, τότε εφόσον η θέση της την φέρει απόλυτα ευθυγραμμισμένη με τα στοιχεία του πλέγματος, θα καταγραφεί με ακρίβεια (από το μία σειρά του ενός στοιχείου). Αν όμως δεν είναι απόλυτα ευθυγραμμισμένη με τις υποδιαιρέσεις του πλέγματος, κάτι που είναι και το πιο πιθανό στην πραγματικότητα, ή ακόμα χειρότερα, είναι πλάγια, τότε θα καλύπτει μέρος από τα στοιχεία δύο σειρών. Θα καλύπτει ένα τμήμα από το κάτω μέρος ενός στοιχείου από την πάνω σειρά και ένα τμήμα από το πάνω μέρος ενός στοιχείου από την κάτω σειρά. Ανάλογα με

το πόσο μέρος του στοιχείου καλύπτει, και το πόσο ακριβές είναι το σύστημα που χρησιμοποιείται, η αξία που θα καταγράψουν τα στοιχεία δεν θα είναι μαύρο, αλλά κάποια ενδιάμεση τιμή του γκρι. Το πάχος της γραμμής θα καταγραφεί επίσης, ανάλογα με τις παραπάνω αξίες, σαν μεταβαλλόμενο από 1 έως δύο σειρές από στοιχεία κάτι που προφανώς δεν είναι σωστό.

Τα πράγματα χειροτερεύουν όταν το πάχος της γραμμής είναι μικρότερο από ένα στοιχείο. Τότε, η γραμμή θα καταγράφεται χωρίς καμία ακρίβεια και αν το πάχος είναι μικρότερο από το μισό του στοιχείου, είναι πολύ πιθανό να μην καταγράφεται καθόλου.

Οι διαφορετικές συνθήκες ψηφιοποίησης στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και τα παραπάνω απλοποιημένα παραδείγματα, καλύπτονται από τη θεωρία της Δειγματοληψίας που είναι εξαιρετικά εκτεταμένη, αποτελεί ένα από τους πυλώνες της Πληροφορικής Επιστήμης και είναι εφαρμόσιμη σε όλες τις πλευρές των ψηφιακών τεχνολογιών και συστημάτων. Ένα από τα βασικά θεωρήματα της είναι το Θεώρημα Δειγματοληψίας που καθορίζει τη σχέση ανάμεσα στο προς ψηφιοποίηση αναλογικό μήνυμα και τη συχνότητα δειγματοληψίας. Το Θεώρημα αναφέρεται σε αναλογικά σήματα με επαναληψιμότητα και προσδιορίζει, σε σχέση με την μέγιστη συχνότητα που περιμένουμε να συναντήσουμε σε ένα αναλογικό σήμα, την ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας που είναι αποδεκτή ώστε από το ψηφιακό σήμα που θα πάρουμε να είναι δυνατή η επανασύνθεση του αρχικού αναλογικού χωρίς απώλειες. Αυτό ακούγεται μπλεγμένο αλλά στην πράξη είναι και απλό και λογικό και εύκολο να το καταλάβει κανείς. Πως το λέμε πιο απλά λοιπόν; Ας το δούμε βήμα-βήμα:

Η “*μέγιστη συχνότητα που περιμένουμε να συναντήσουμε σε ένα αναλογικό σήμα*” είναι η ένδειξη του πόσο συχνά συμβαίνει το γεγονός που μας ενδιαφέρει. Όχι πόσο συχνά συμβαίνουν γεγονότα γενικά, αλλά μόνο το “δικό μας” γεγονός. Πίσω στο παράδειγμα του Βαγγέλη και των γάτων: Το “κάθε πότε” περνάει ο Βαγγέλης από την πλατεία είναι ένα γεγονός που μας ενδιαφέρει. Το “κάθε πότε” περνάνε γάτες δεν μας ενδιαφέρει. Η μέγιστη συχνότητα λοιπόν στο παράδειγμα είναι το 1 λεπτό και δεν περιμένουμε το Βαγγέλη να περνά πιο συχνά.

Όσον αφορά “*την ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας που είναι αποδεκτή ώστε από το ψηφιακό σήμα που θα πάρουμε να είναι δυνατή η επανασύνθεση του αρχικού αναλογικού χωρίς απώλειες*”, αυτό αναφέρεται προφανώς στο πόσο συχνά πρέπει να φωτογραφίζουμε την πλατεία.

Σύμφωνα με το θεώρημα Δειγματοληψίας, είναι απαραίτητο να επιλέξουμε μια συχνότητα τουλάχιστον διπλάσια από την μέγιστη συχνότητα που περιμένουμε να συναντήσουμε σε ένα σήμα. Η συχνότητα αυτή λέγεται συχνότητα Nyquist.

Η πρακτική σημασία της συχνότητας Nyquist είναι πως, **αν τηρήσουμε τον περιορισμό που αυτή επιβάλλει, μπορούμε να είμαστε σίγουροι πως ΟΛΕΣ οι πληροφορίες που έχουμε αποφασίσει πως έχουν ενδιαφέρον**

για μας θα καταγραφούν. Όλα τα γεγονότα με επαναληψιμότητα μικρότερη από την συχνότητα αυτή θα καταγραφούν με ακρίβεια. Γεγονότα με μεγαλύτερη επαναληψιμότητα δεν υπάρχει καμία εγγύηση είτε πως θα καταγραφούν σωστά (σπάνιο) είτε πως θα καταγραφούν καν (και αυτό είναι συχνό). Αν γνωρίζουμε ή να μπορούμε να προβλέψουμε κάθε πότε ο Βαγγέλης διασχίζει την πλατεία (μέγιστη συχνότητα φαινομένου), φροντίζουμε να φωτογραφίζουμε την πλατεία τουλάχιστον δύο φορές μέσα στο διάστημα αυτό (Συχνότητα Nyquist). Για να τελειώνουμε επιτέλους με το ορισμένο παράδειγμα, εμείς, για ακόμα μεγαλύτερη ασφάλεια, τον φωτογραφίζουμε τρεις φορές κάθε λεπτό ώστε σίγουρα να τον “πετύχουμε” κάπου στην πλατεία...

Η Συχνότητα είναι το μέτρο της επαναληψιμότητας και δεν είναι απαραίτητα συνδεδεμένη μόνο με τον χρόνο. Στην περίπτωση της εικόνας, η επαναληψιμότητα εκφράζεται από την πυκνότητα του πλέγματος στοιχείων σε σχέση με κάποιο μέτρο αναφοράς. Έχουμε λοιπόν δείγματα από “v” στοιχεία ανά μονάδα μήκους/πλάτους/εμβαδού σε αντιστοιχία των τόσων δειγμάτων ανά μονάδα χρόνου σε άλλα συστήματα. Όσο περισσότερα στοιχεία υπάρχουν στη μονάδα μήκους τόσο μικρότερο είναι το φυσικό μέγεθος των στοιχείων και αντίστροφα. Μεταφράζοντας τα συμπεράσματα στα οποία που μας οδήγησε το θεώρημα της δειγματοληψίας σε φυσικά μεγέθη στοιχείων και αντικειμένων προς καταγραφή, καταλήγουμε στο ότι **για να πετύχουμε αξιόπιστη απεικόνιση ενός αντικειμένου όπως η γραμμή που είδαμε παραπάνω, είναι απαραίτητο να εξασφαλίζουμε πως το μέγεθος του ελάχιστου στοιχείου καταγραφής που χρησιμοποιούμε, είναι το πολύ το μισό από την ελάχιστη επιφάνεια που θέλουμε να καταγράψουμε (ώστε, για παράδειγμα, η γραμμή που είδαμε παραπάνω να καταγράφεται από τουλάχιστον δύο στοιχεία).** Αντίστροφα, με δεδομένο μέγεθος στοιχείων, είναι καλό να θυμόμαστε **πως το ελάχιστο μέγεθος που μπορούμε να καταγράψουμε με ακρίβεια και αξιοπιστία είναι το διπλάσιο του μεγέθους των στοιχείων μας.**

Τα παραπάνω αποκτούν ιδιαίτερη σημασία όταν καλούμαστε να επιλέξουμε συσκευές ψηφιοποίησης, είτε αυτές είναι cameras είτε scanners, καθώς κάθε τέτοια απόφαση πρέπει πάντα να παίρνει υπόψη τον τύπο των αντικειμένων που σκοπεύουμε να καταγράψουμε με αυτές.

Αν θέλουμε να καταγράψουμε μια γραμμή 1mm πάχους, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε στη χειρότερη περίπτωση συσκευή με στοιχεία καταγραφής μεγέθους 0,5mm. Όσο μικρότερα στοιχεία καταγραφής χρησιμοποιούμε τόσο θα αυξάνεται και η ακρίβεια της αποτύπωσης της γραμμής μας. Όσο μικραίνουν τα στοιχεία καταγραφής, τόσο περισσότερα θα υπάρχουν στην δεδομένη επιφάνεια της εικόνας μας. Καθώς τα στοιχεία του πλέγματος αντιστοιχούν σε εικονοστοιχεία (pixels) της ψηφιακής μας εικόνας, γίνεται προφανές πως υπάρχει ένας άμεσος συσχετισμός ανάμεσα στον αριθμό από pixels που διαθέτει μια εικόνα και την ελάχιστη λεπτομέρεια που αυτή μπορεί να καταγράψει. Τις συνέπειες θα τις δούμε παρακάτω.

Η Δειγματοληψία λοιπόν καθορίζει αφενός τον μέγιστο αριθμό από πληροφορίες που μπορούμε να πάρουμε από μια εικόνα αφετέρου την ελάχιστη λεπτομέρεια που μπορούμε να καταγράψουμε με αξιοπιστία. Είναι απαραίτητο όμως να αναφέρουμε πως αυτά τα χαρακτηριστικά δεν εγγυώνται με κανένα τρόπο την τελική ποιότητα της πληροφορίας που καταγράφεται. Παρόλα αυτά και με βάση το κλασικό ρητό “ουκ αν λάβεις παρά του μη έχοντος”, η Δειγματοληψία μπορεί με σαφήνεια να μας καθορίσει τα όριά μας και να μας βοηθήσει να “προβλέψουμε για να έχουμε” όπως θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια.

3.4.2 Κβαντισμός

Μια και κοιτάξαμε με μεγαλύτερη προσοχή την ουσία και τους περιορισμούς της δειγματοληψίας, ας δούμε τώρα τι παγίδες μπορεί να κρύβει ο Κβαντισμός. Με βάση όσα είπαμε παραπάνω, ο Κβαντισμός (quantisation) αρχικά μας επιτρέπει να χωρίσουμε το εύρος, την τιμή του φαινομένου που ψηφιοποιούμε σε διακριτά βήματα, π.χ. με δεδομένη τη διαφορά ύψους ανάμεσα σε δύο ορόφους ενός κτιρίου, ο Κβαντισμός καθορίζει τον αριθμό από σκαλοπάτια που απαιτούνται για να καλύψουμε το ύψος ανάμεσα στους δύο ορόφους και επομένως και το ύψος του κάθε σκαλοπατιού (προφανώς, το γινόμενο του ύψους προς τον αριθμό από σκαλοπάτια).

Η αξία κάθε δείγματος που προέρχεται από την δειγματοληψία στρογγυλοποιείται και εκφράζεται σαν ένας δυαδικός αριθμός, με βάση αυτά τα διαθέσιμα διακριτά βήματα. Καθορίζουμε το σημείο που βρισκόμαστε ανάμεσα σε δύο ορόφους με βάση τον αριθμό από σκαλοπάτια που έχουμε ανέβει. Η θέση μας μπορεί να οριστεί μόνο σαν ένα ακέραιο πολλαπλάσιο του ύψους (ψ) ενός σκαλοπατιού. Μπορούμε να βρισκόμαστε μόνο πάνω σε κάποιο σκαλοπάτι και όχι ανάμεσα σε δύο σκαλοπάτια. Είμαστε ή πάνω στο δέκατο σκαλοπάτι (ύψος $10*\psi$) ή πάνω στο 9^ο σκαλοπάτι (ύψος $9*\psi$). Αν η αναλογική μέτρηση έδωσε μια τιμή ύψους ανάμεσα σε δύο σκαλοπάτια, το σύστημα θα την στρογγυλοποιήσει είτε προς τα πάνω (στο πάνω σκαλοπάτι) είτε προς τα κάτω (το κάτω σκαλοπάτι). Δεν υπάρχει δυνατότητα να πούμε πως βρισκόμαστε ανάμεσα στα δύο σκαλοπάτια, π.χ. στο $9,3*\psi$.

Στον ψηφιακό κόσμο, όπως και στις πραγματικές σκάλες, δεν υπάρχει η έννοια του μισού σκαλοπατιού ούτε άλλων υποδιαϊρέσεων του.

Η στρογγυλοποίηση που δίνεται προς τα πάνω ή προς τα κάτω, μειώνει ή αυξάνει την πραγματική τιμή της μέτρησης κατά ένα ποσοστό που δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από το μισό βήμα. Μετρώντας το ύψος, στην χειρότερη περίπτωση θα κάνουμε λάθος μισό σκαλοπάτι. Το 0,4 γίνεται 0 και το 0,6 γίνεται 1. Το 0,5 είτε 0 γίνει είτε 1 το λάθος είναι 0,5. Καθώς η στρογγυλοποίηση αναφέρεται πάντα στο τελευταίο ψηφίο του δυαδικού αριθμού μας, το Ψηφίο Τελευταίας Τάξης, το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να εισάγει ο κβαντισμός είναι το μισό του ελάχιστου βήματος ή το $\frac{1}{2}$ LSB (Least Significant Bit) και λέγεται Μέγιστο Πιθανό Σφάλμα κβαντισμού.

Ο κβαντισμός λοιπόν πάντα εισάγει σφάλματα στη διαδικασία της ψηφιοποίησης, ανεξάρτητα από το πόσο μικρά είναι αυτά τα σφάλματα.

Για να περιορίσουμε τα σφάλματα αυτού του τύπου, είναι λογικό να φροντίζουμε ώστε το ελάχιστο βήμα να είναι όσο μικρότερο γίνεται. Επομένως, για να μειώσουμε το ελάχιστο βήμα, είναι απαραίτητο να αυξήσουμε τον αριθμό από bits που χρησιμοποιούνται για να εκφράσουμε τις τιμές αυτές. Όπως είδαμε στην αρχή του κεφαλαίου, ο αριθμός των bits που χρησιμοποιούμε για να εκφράσουμε ένα μέγεθος καθορίζει τον αριθμό των υποδιαιρέσεων του μεγέθους αυτού, με βάση την δύναμη του 2 άρα, μικραίνοντας το ελάχιστο βήμα, αυξάνεται το πλήθος από ενδιάμεσες τιμές με τον ίδιο τρόπο που όσο πιο χαμηλό γίνεται ένα σκαλοπάτι, τόσο περισσότερα σκαλοπάτια χρειάζονται για να πάμε από το ισόγειο στον πρώτο όροφο. Αυτό διαβάζεται όμως και με τον αντίστροφο τρόπο, δηλαδή, όσο περισσότερες ενδιάμεσες τιμές έχουμε τόσο μικρότερο είναι και το σφάλμα που εισάγει ο Κβαντισμός και είναι στο χέρι μας να επιλέξουμε ποιο είναι πιο σημαντικό για μας:

- Πόσο μεγάλο είναι το σφάλμα που μπορούμε να ανεχτούμε πριν η αποτύπωση δεν είναι πια αρκετά “ακριβής” για την εφαρμογή μας;
- Πόση επιπλέον πληροφορία είμαστε προετοιμασμένοι ή έχουμε την δυνατότητα να αποθηκεύσουμε ή να επεξεργαστούμε προκειμένου να μειώσουμε το παραπάνω σφάλμα;

Για άλλη μια φορά η κατανόηση του τι είναι ανεκτό, οδηγεί στις καλύτερες προδιαγραφές

Σαν συμπέρασμα, ο Κβαντισμός, με βάση τον αριθμό από bits που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή μίας μέτρησης, καθορίζει την ακρίβεια με την οποία καταγράφεται η αξία ενός δείγματος, δηλαδή του κάθε pixel. Παρά το γεγονός πως πάντα κάποιο σφάλμα εισάγεται από τη διαδικασία του Κβαντισμού, η διαδικασία αυτή μας δίνει μια ξεκάθαρη εικόνα της αναμενόμενης ποιότητας και αξιοπιστίας της απεικόνισης των χαρακτηριστικών της εικόνας μας στον ψηφιακό χώρο.

Ο συνδυασμός της Δειγματοληψίας (αριθμός από pixels άρα μέγιστος δυνατός αριθμός διαθέσιμων δειγμάτων) και του Κβαντισμού (αριθμός από bits ανά pixel άρα ακρίβεια καταγραφής του κάθε δείγματος) μας επιτρέπει να καθορίσουμε την επιθυμητή ή την αναμενόμενη ποιότητα και πιστότητα ψηφιοποίησης σε σχέση και με κάποια άλλα στοιχεία που θα δούμε παρακάτω.

3.4.3 Ανύσματα (vectors) και bitmaps.

Μέχρι τώρα αναφερθήκαμε σε μια ψηφιακή εικόνα που αποθηκεύεται στον υπολογιστή σαν ένας αριθμός από διατεταγμένα εικονοστοιχεία (pixels). Είπαμε πως το κάθε Pixel περιγράφεται με τις συντεταγμένες x και y που μονοσήμαντα ορίζουν τη θέση του στο πλέγμα που χρησιμοποιήσαμε για να διαιρέσουμε την αναλογική εικόνα μας, και ένα αριθμό που καθορίζει μονοσήμαντα τον τόνο του γκρι (αν πρόκειται για μονοχρωματική εικόνα) ή το χρώμα του pixel (αν πρόκειται για έγχρωμη εικόνα). Ο αριθμός αυτός αποτελείται από τόσα bit όσα επιτρέπει το σύστημα ψηφιοποίησης που χρησιμοποιούμε. Η εικόνα ανασυντίθεται από τον κατάλληλο συσχετισμό όλων των pixel της, που το καθένα αντιστοιχεί σε ένα από τα στοιχεία του πλέγματος. Καθώς κάθε Pixel μπορεί να έχει διαφορετική τιμή (χρώμα) από τα γειτονικά του, είναι εύκολο να δημιουργηθεί στο μάτι η αίσθηση της συνέχειας σε διαβαθμίσεις χρώματος ή τόνων. Εικόνες όπως αυτές ονομάζονται Bitmapped ή στοιχειογραφημένες (να η επόμενη χρήση του όρου bitmap, όπως σας είχα προειδοποιήσει). Μια και η ελάχιστη καταγραφόμενη πληροφορία έχει το μέγεθος του ενός στοιχείου του αρχικού ορθογώνιου πλέγματος, αναφέραμε συνοπτικά πως οριζόντιες και κάθετες γραμμές απεικονίζονται με ακρίβεια υπό όρους αλλά πλάγιες γραμμές συχνά δεν είναι δυνατό να απεικονιστούν ομαλά και παρουσιάζουν μια εικόνα που μοιάζει με σκάλα ή πριόνι. Το φαινόμενο αυτό λέγεται aliasing και περιορίζεται όσο μικραίνει το φυσικό μέγεθος του pixel, χωρίς ωστόσο να είναι πάντα δυνατή η πλήρης εξάλειψή του. **Επομένως, ενώ μια Bitmapped εικόνα μπορεί να απεικονίσει με μεγάλη πιστότητα χρωματικές μεταβολές και χρωματικές πληροφορίες, δεν είναι ιδανική για την αποτύπωση γραμμικών θεμάτων και σχεδίων που βασίζονται σε γραμμικά στοιχεία.**

Οι Bitmapped εικόνες έχουν και άλλο ένα περιορισμό. Κάθε σχέδιο ή σχήμα που έχει καταγραφεί αποτελείται από πεπερασμένο αριθμό από pixels και επομένως δεν είναι εύκολο να μεγεθυνθεί. Μεγαλώνοντας χάνει την ευκρίνεια και την λεπτομέρειά του καθώς στην απλούστερη περίπτωση δημιουργούνται κενά ανάμεσα στα υπάρχοντα pixels, που το σύστημα απεικόνισης καλείται να συμπληρώσει χωρίς να διαθέτει πληροφορία από το πραγματικό αντικείμενο. Δημιουργεί λοιπόν νέα pixels μελετώντας και συγκρίνοντας τα γειτονικά και υποθέτοντας πώς θα έμοιαζε ένα τέτοιο pixel στην πραγματική εικόνα. Ας πούμε πως σε μια bitmapped εικόνα έχουμε μια γραμμή δύο εκατοστών που αποτελείται από 100 pixels. Λογικά τότε, στην ίδια εικόνα, μια γραμμή των τεσσάρων εκατοστών θα έπρεπε να έχει 200pixels. Μεγεθύνοντας την εικόνα μας ώστε η γραμμή των 2 εκατοστών να γίνει 4 εκατοστά το σύστημα απεικόνισης πρέπει να δημιουργήσει τα επιπλέον 100pixels που μας λείπουν. Στην περίπτωση της γραμμής αυτό μπορεί να δείχνει απλό αλλά δεν είναι τόσο απλό.

Όσο καλό και να είναι το σύστημα, όσο καλούς αλγορίθμους και αν έχει, ένα νέο pixel για κάθε υπάρχον Pixel είναι κάπως οριακό και μπορούμε να περιμένουμε κάποια αν όχι σημαντική απώλεια ευκρίνειας στην γραμμή μας.

Η απεικόνιση γραμμικών στοιχείων είναι το δυνατό σημείο μίας άλλης κατηγορίας εικόνων που χρησιμοποιούν μαθηματικές εκφράσεις για την

περιγραφή των αντικειμένων ή σχημάτων που απεικονίζονται, χωρίς να αποθηκεύουν τα επιμέρους σημεία ή λεπτομέρειες των σχημάτων αυτών. Οι εικόνες αυτές ονομάζονται ανυσματικές ή διανυσματικές (vector based). Σε μια εικόνα της κατηγορίας αυτής κάθε αντικείμενο περιγράφεται με βάση το περίγραμμα (stroke) και το περιεχόμενο (fill) του, ανεξάρτητα από το μέγεθος που το ορισμένο αντικείμενο καταλαμβάνει μέσα στην εικόνα. Ένα τετράγωνο επομένως θα απεικονίζεται με τον μαθηματικό τύπο του τετραγώνου με μια επιπλέον περιγραφή των χαρακτηριστικών (χρώμα, πάχος) της γραμμής για το περίγραμμά του και μια περιγραφή του χρώματος που υπάρχει στο εσωτερικό του για το περιεχόμενό του. Το τετράγωνο μπορεί να μεγεθυνθεί ή να σμικρυνθεί χωρίς αυτό να έχει σοβαρές συνέπειες ούτε στην ποιότητα απεικόνισης ούτε στο μέγεθος του ψηφιακού αρχείου. Ενώ όμως οι ανυσματικές εικόνες απεικονίζουν γραμμικά και γεωμετρικά σχέδια με μεγάλη ακρίβεια δεν έχουν δυνατότητες εύκολης απεικόνισης διαβαθμίσεων χρώματος και είναι εξαιρετικά φτωχά στην απόδοση συνεχών τόνων.

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε σχεδιαστικές εφαρμογές ενώ τα bitmapped αρχεία που είδαμε στην αρχή του κεφαλαίου, είναι τα προτιμώμενα στην περίπτωση της ψηφιακής εικόνας. Αξίζει όμως να αναφερθούμε στα ανυσματικά αρχεία καθώς σε πληθώρα προγραμμάτων επεξεργασίας εικόνας, πολλά εργαλεία χρησιμοποιούν ανυσματική απεικόνιση βοηθημάτων όπως επεξεργασίας (περιγράμματα, πλαίσια, γραμμές, εισαγωγή χαρακτήρων και περιγραφή κειμένου κλπ).

3.5 Ανάλυση (Resolution).

Όταν μια εικόνα ψηφιοποιείται, το μέγεθος (x επί y) του πλέγματος επιλέγεται και σταθεροποιείται. Κάθε ζεύγος αριθμών x, y, χαρακτηρίζει ένα εικονοστοιχείο (pixel). Το γινόμενο των διαστάσεων, x επί y, δηλαδή ο συνολικός αριθμός pixels της εικόνας, είναι γνωστό σαν **Ανάλυση (Resolution)** της εικόνας.

Είπαμε και παραπάνω πως αν η εικόνα μας ήταν μια ερμαριοθήκη με συρτάρια, η ανάλυση που ξαναθυμίζουμε είναι ένα παράγωγο της Δειγματοληψίας, ορίζει το πόσα συρτάρια έχουμε στη διάθεσή μας. Κάθε pixel αντιστοιχεί σε ένα συρτάρι. Όσο περισσότερα pixels διαθέτει μια εικόνα (με δεδομένο φυσικό μέγεθος), τόσο περισσότερη πληροφορία είναι διαθέσιμη για να την περιγράψει. Όσο περισσότερα συρτάρια έχουμε τόσο περισσότερα αντικείμενα μπορούμε να τοποθετήσουμε σε αυτά.

Η ανάλυση λοιπόν μίας εικόνας υπολογίζεται αν ξέρουμε πόσα pixels έχει:

- Μια εικόνα με 640 οριζόντια και 480 κάθετα pixels έχει συνολικά $640 \times 480 = 307,200$ pixels.

- Μια εικόνα με 1024 οριζόντια και 680 κάθετα pixels έχει συνολικά $1024 \times 680 = 696,320$ pixels δηλαδή περισσότερο από διπλάσια από όσα έχει η προηγούμενη εικόνα.

Στη φωτογραφία, εκτός βέβαια από το τετράγωνο σχήμα, η πιο συνηθισμένη σχέση ύψους προς πλάτος μιας εικόνας, το λεγόμενο aspect, είναι το 2x3. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι το 35mm φιλμ με διαστάσεις 24x36mm (δηλαδή 2x12 επί 3x12), αλλά και οι συνηθισμένες διαστάσεις χαρτιών εκτύπωσης 10x15cm, 20x30cm, κλπ. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει μερικά χαρακτηριστικά μεγέθη ψηφιακών εικόνων με aspect 2X3. Τα μεγέθη αυτά είναι σε μεγάλο βαθμό θεωρητικά καθώς με τη γνώση πως η ψηφιακή φωτογραφία δεν είναι απαραίτητα περιορισμένη από το aspect των 2X3, είναι συνηθισμένο κατασκευαστές να μην το ακολουθούν πάντα με αποτέλεσμα οι ψηφιακές εικόνες να μην είναι πάντα ακριβείς ως προς τον συσχετισμό οριζόντιων προς κάθετα Pixels.

Ανάλυση σε Εκ στοιχεία (Mega Pixels)	Οριζόντια Pixels	Κάθετα Pixels
2	1.732	1.155
4	2.449	1.633
6	3.000	2.000
11	4.062	2.708

Πίνακας 2
Μεγέθη και αναλύσεις ψηφιακών εικόνων

Η ανάλυση μίας ψηφιακής εικόνας επηρεάζει κυρίως το φυσικό μέγεθος εκτύπωσης της όπως θα δούμε παρακάτω. Είναι όμως και μια ένδειξη της διακριτικότητας που εμπεριέχει μια εικόνα, δηλαδή μια έκφραση της ικανότητάς της να καταγράφει πληροφορίες μικρού φυσικού μεγέθους.

Αν δούμε ή τυπώσουμε όλες τις παραπάνω εικόνες σε μικρό μέγεθος, μπορεί να δείχνουν ίδιες. Αν όμως χρειαστεί να μεγεθυνθούν αρκετά, οι διαφορές θα αρχίσουν να γίνονται ορατές. Τους λόγους θα τους δούμε αναλυτικά παρακάτω, όταν θα μιλήσουμε με λεπτομέρειες για τις εκτυπώσεις. Ας σημειώσουμε όμως πως η εικόνα με την μεγαλύτερη ανάλυση, τα περισσότερα pixels, δεν είναι αυτόματα “καλύτερη” από εκείνη με την μικρότερη ανάλυση. Η εκτίμηση πρέπει να γίνεται πάντα με βάση κριτήρια συνδεδεμένα με τη σχεδιαζόμενη χρήση της κάθε εικόνας. Το να έχει μια εικόνα μεγάλη ανάλυση δεν είναι πανάκεια ούτε και πάντα το προτιμητέο. Καθώς το μέγεθος της εικόνας σε Bytes (και συνήθως σε Megabytes) μεγαλώνει ταχύτατα όσο πληθαίνουν τα pixel της (λίγο υπομονή και θα δούμε πόσο, πώς και γιατί σύντομα), ένα αρχείο μεγαλύτερης ανάλυσης από αυτή που πραγματικά χρειαζόμαστε είναι σπατάλη σε χώρο αποθήκευσης και χρόνο επεξεργασίας.

Εξάλλου, θα θυμίσουμε για μια ακόμα φορά πως η ύπαρξη μεγάλου αριθμού από pixels σε μια εικόνα, από μόνη της, δεν αποτελεί εγγύηση για την ποιότητα της εικόνας. Το να έχουμε μεγάλο αριθμό από συρτάρια δεν

σημαίνει αυτόματα πως και το περιεχόμενό τους είναι ποιοτικό. Αυτό αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον όταν σκεφτούμε πως σήμερα μια ολόκληρη βιομηχανία βασίζει την προβολή και προώθηση συσκευών στον αριθμό από Pixels που οι τελευταίες δημιουργούν. Δεν είναι όμως λογικό να συγκρίνουμε δύο συσκευές μόνο με βάση τον αριθμό από pixels που δημιουργούν αγνοώντας την ποιότητα της πληροφορίας που αποθηκεύεται σε αυτά. Οι λεπτομέρειες που θα μας βοηθήσουν να κρίνουμε την ποιότητα των πληροφοριών που καταγράφονται στα διαθέσιμα pixels είναι απαραίτητα να μην αγνοούνται. Σιγά-σιγά θα δούμε όλα τα απαραίτητα στοιχεία που θα μας επιτρέψουν να κρίνουμε, να επιλέγουμε και να αποφασίζουμε με ακρίβεια και ασφάλεια.

Ας κάνουμε εδώ ένα παραλληλισμό που ενώ λογικός, δεν είναι πάντα και προφανής. Το σύνολο των ενεργειών προώθησης των ψηφιακών μηχανών περιστρέφεται γύρω από τον αριθμό από pixels που διαθέτει ο αισθητήρας τους. Για την ακρίβεια στον αριθμό από εκατομμύρια Pixels ή Mpix. Στα ίδια ή κοντινά επίπεδα Mpix, για παράδειγμα έχουμε μηχανές κάθε τύπου από μικρογραφίες και fashion conscious με έμφαση στο design, απλές αδιάφορες ή ενδιαφέρουσες compact μέχρι ακριβές SLR που θα μπορούσαν να είναι η βάση σοβαρών συστημάτων απεικόνισης. Προφανώς δεν περιμένουμε πως η τελική ποιότητα αποτύπωσης θα είναι η ίδια σε όλες άσχετα αν έχουν τον ίδιο ή παρόμοιο αριθμό από pixel. Το ίδιο εξ άλλου ισχύει και στις συμβατικές μηχανές όπου συναντούμε τις ίδιες κατηγορίες. **Το να συγκρίνουμε διαφορετικές μηχανές με βάση τα pixels τους είναι σαν να συγκρίναμε συμβατικές μηχανές μόνο σε σχέση με το τι φίλμ έχουμε φορτώσει!** Στην περίπτωση αυτή μας είναι προφανές πως δεν κρίνουμε την μηχανή σαν συνολικό σύστημα αποτύπωσης αλλά μόνο με βάση την τελική μονάδα αποτύπωσης. Η μόνη διαφορά από το παραπάνω παράδειγμα στις ψηφιακές μηχανές είναι πως στην μεν συμβατική μηχανή αλλάζοντας το φίλμ αλλάζουμε αυτόματα και τα χαρακτηριστικά της τελικής μονάδας αποτύπωσης, στην ψηφιακή αυτά είναι σταθερά μια και μέχρι σήμερα δεν είναι δυνατόν να εναλλάσσουμε τους αισθητήρες καταγραφής εικόνας (που πιθανόν να ήταν μια ενδιαφέρουσα ιδέα και που ίσως δούμε να υλοποιείται στο μέλλον). Στις συμβατικές μηχανές όμως θεωρούμε αυτονόητες και αναμενόμενες τις διαφορές ποιότητας αποτύπωσης και κατά συνέπεια γνωρίζουμε πως δεν έχει ουδεμία σημασία στην πράξη μια πρόταση του τύπου: “η μηχανή μου τραβάει φίλμ τάδε”. Ο λόγος είναι απλά πως γνωρίζουμε και έχουμε αποδεχθεί πως, με δεδομένο τον τύπο του φίλμ, το συνολικό σύστημα οπτικών κλπ παίζει σημαντικό και πρώτιστο ρόλο στην τελική ποιότητα αποτύπωσης. Στην ψηφιακή, όπου άσχετα αν δεν μπορούμε να αλλάξουμε φίλμ (αισθητήρα), με μεγάλη ευκολία μπορούμε να μεταβάλλουμε τα χαρακτηριστικά ευαισθησίας (ISO/ASA) και χρωματικής εξισορρόπησης (white balance), η έκφραση : “η μηχανή μου έχει τόσα Mpixels” έχει στην ουσία όμοια μικρή σημασία ιδιαίτερα αν δεν συνδέεται με την τελική χρήση για την οποία προορίζονται οι εικόνες.

Σε πολλές περιπτώσεις, η ανάλυση δεν εκφράζεται με απόλυτα νούμερα αλλά σε σχέση με κάποιο μέγεθος αναφοράς. Οι σχετικές μετρήσεις ανάλυσης εκφράζονται σε Pixels ανά μονάδα μήκους ή εμβαδού και μας επιτρέπει να έχουμε μια ένδειξη της απόδοσης μίας συσκευής ανεξάρτητα

από το φυσικό μέγεθος της πηγής. Αν γνωρίζουμε τις φυσικές διαστάσεις της πηγής μας τότε είναι πολύ απλός ο υπολογισμός των συνολικών pixels μίας εικόνας.

Αυτή είναι μια συνηθισμένη πρακτική για scanners και εκτυπωτές αλλά όχι ιδιαίτερα συνηθισμένη για ψηφιακές κάμερες όπου οι απόλυτοι αριθμοί συνολικών pixels, συνήθως σε εκατομμύρια pixels ή MegaPixels (Mpix), παραμένει ο προτιμώμενος τρόπος αναφοράς της ανάλυσης και χρησιμοποιείται σχεδόν από όλους τους κατασκευαστές. Ένα μειονέκτημα της προδιαγραφής σε Mpixels είναι πως δεν δίνει μια ξεκάθαρη εικόνα της σχέσης ύψους προς πλάτος μιας εικόνας αυτό δηλαδή που λέμε aspect. Μια και οι επιφάνειες αποτύπωσης και εκτύπωσης είναι δεδομένες η γνώση του aspect είναι χρήσιμη για καλύτερη διαχείριση των εικόνων μας. Δυστυχώς, τα μεγέθη χαρτιών που συναντάμε σε επιτραπέζια συστήματα (π.χ. A4, A3 κλπ) είναι διαφορετικών aspect από τα συνηθισμένα φωτογραφικά χαρτιά γεγονός που μπερδεύει ακόμα περισσότερο τα πράγματα.

Όσον αφορά τις σχετικές μετρήσεις ανάλυσης, άσχετα με το κυρίαρχο σύστημα μονάδων κάθε χώρας, διεθνώς έχει επικρατήσει σαν η πιο συνηθισμένη μονάδα μήκους αναφοράς να χρησιμοποιείται η ίντσα και επομένως η ανάλυση εκφράζεται σαν Εικονοστοιχεία ανά ίντσα ή PPI (Pixels Per Inch). Σε πολλές χώρες, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, όπου το κυρίαρχο σύστημα είναι το μετρικό (με μονάδες όπως τα εκατοστά και τα χιλιοστά), η αναφορά σε ίντσες συχνά οδηγεί σε μπερδέματα και αναγκαστικές άβολες μετατροπές από ένα σύστημα στο άλλο κάθε φορά που πρέπει να κάνουμε κάποιο υπολογισμό. Δυστυχώς δεν υπάρχει τρόπος να αποφύγουμε το πρόβλημα αυτό καθώς η χρήση μονάδων είναι πέρα για πέρα ανομοιογενής.

Αξίζει εδώ, πιστεύω μια μικρή παρένθεση για να αναφέρουμε πως ο προσδιορισμός των διαφορετικών φορμά φιλμ είναι όμοια μπερδεμένος. Ενώ για παράδειγμα το φορμά 6x6 φιλμ έχει επιφάνεια καταγραφής 6x6εκ, αντίθετα, το γνωστό και ευρέως διαδεδομένο φιλμ που ξέρουμε σαν 35mm ή "135", έχει μια επιφάνεια καταγραφής 24x36mm, που δεν έχει μια ευθέως προφανή σχέση με την ονομασία του!

Επιστρέφοντας στο θέμα της ανάλυσης, ακόμα πιο σωστός θα ήταν ο όρος Δείγματα ανά ίντσα ή SPI (Samples Per Inch) που συνδέεται πιο άμεσα με τη διαδικασία της ψηφιοποίησης. Το όρο αυτό συναντάμε μερικές φορές, κυρίως σε scanners αν και πιο συνηθισμένη είναι η χρήση του PPI. Στην πράξη, εφόσον υπάρχει μια απόλυτη αντιστοιχία από δείγμα σε pixel, οι δύο όροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ταυτόσημοι. Δεν πρέπει να ξεχνάμε όμως πως σε περιπτώσεις που περισσότερα από ένα δείγματα είναι απαραίτητα για να οδηγήσουν σε ένα pixel, η απρόσεκτη εξομίωση στη χρήση των δύο όρων μπορεί να οδηγήσει σε παρερμηνείες και σφάλματα. Κυρίως πρέπει να προσέχουμε όταν η χρήση αυτή γίνεται από κατασκευαστές συσκευών με τρόπο που να δημιουργεί την αίσθηση (ή παραίσθηση!) πως η απόδοση μίας συσκευής είναι υψηλότερη από την πραγματική. Παρακάτω που θα μιλήσουμε για ψηφιοποίηση χρώματος θα

συναντήσουμε μια περίπτωση που οι όροι SPI και PPI δεν είναι ακριβώς ταυτόσημοι.

Συχνά η προδιαγραφή Ανάλυσης εμφανίζεται και σαν DPI (Dots Per Inch) ή Σημεία ανά ίντσα. Αυτό είναι εντελώς λανθασμένο, καθώς το DPI είναι μια μονάδα που όπως θα δούμε παρακάτω, αναφέρεται και έχει νόημα αυστηρά σαν προδιαγραφή εκτύπωσης, επηρεάζει το τελικό μέγεθος στο οποίο θα εκτυπωθεί μία εικόνα και συνεπώς δεν έχει άμεση ούτε μονοσήμαντη αντιστοιχία με την πραγματική Ανάλυση της εικόνας αυτής.

Η Ανάλυση μίας εικόνας αναφέρεται και σαν Χωρική Ανάλυση (Spatial Resolution) μια έκφραση που είναι πιο περιεκτική και μπορεί να διαχωρίσει την Ανάλυση μίας εικόνας από την Ανάλυση Χρώματος που θα δούμε παρακάτω. Παρόλα αυτά ο όρος Χωρική Ανάλυση, με εξαίρεση επιστημονικές εκδόσεις, σπάνια συναντάται στην πράξη.

3.5.1 SPI, PPI, DPI και LPI.

Ξεκινώντας από την παραπάνω σύγκυση στην οποία οδηγούν συχνά οι όροι που συναντάμε και που αναφέρονται στην Ανάλυση είναι καλό στο σημείο αυτό να τους διαχωρίσουμε και να ξεκαθαρίσουμε την σωστή σημασία και χρήση τους.

PPI – Pixels per inch:

Όταν ψηφιοποιούμε μια εικόνα μέσα από δειγματοληψία (sampling), παίρνουμε ένα ορισμένο αριθμό από δείγματα (samples) ανά μονάδα μήκους και επαναλαμβάνουμε σε ορισμένα βήματα ανά μονάδα πλάτους. Είναι δηλαδή σαν να διαβάζουμε ένα βιβλίο που έχει 100 χαρακτήρες σε κάθε γραμμή και 50 γραμμές σε κάθε σελίδα. Αν εκφράσουμε το μέγεθος της γραμμής και της σελίδας με ίδιες μονάδες (π.χ. ίντσες) τότε μπορούμε να εκφράσουμε τον αριθμό χαρακτήρων ανά ίντσα που έχει το κείμενό μας. Η προσέγγιση αυτή στην περίπτωση της ψηφιοποίησης μίας εικόνας μας δίνει το χαρακτηριστικό Δείγμα ανά ίντσα, ή Sample Per Inch (SPI). Αν και αυτός είναι ένας αρκετά χρήσιμος και ορθός όρος συνήθως χρησιμοποιείται στη θέση του σαν ταυτόσημος ο όρος PPI. Τις περισσότερες φορές η συνήθεια αυτή δεν δημιουργεί προβλήματα αν και υπάρχουν περιπτώσεις που οι δύο όροι δεν είναι ταυτόσημοι. (όπως πχ στην περίπτωση ψηφιοποίησης έγχρωμης εικόνας).

PPI – Pixels per inch:

Όπως μόλις είδαμε, αυτή είναι η μονάδα που εκφράζει την Ανάλυση με την οποία ψηφιοποιήθηκε μια ψηφιακή εικόνα. Το σωστό είναι να συνδέεται αποκλειστικά με συσκευές ψηφιοποίησης καθώς έχει άμεση σχέση με τον αριθμό φωτοευαίσθητων στοιχείων (που αντιστοιχούν σε pixels) που

διαθέτει κάθε αισθητήρας οποιασδήποτε μορφής και τύπου. Οι συσκευές ψηφιοποίησης διαθέτουν ορισμένο αριθμό από φωτοευαίσθητα στοιχεία ανά ίντσα και εφόσον κάθε φωτοευαίσθητο στοιχείο οδηγεί σε ένα pixel στην τελική εικόνα, δημιουργείται μια άμεση αντιστοίχιση σε pixels ανά ίντσα.

Αν πάρουμε ένα επιτραπέζιο σαρωτή εικόνας (flat-bed scanner), με γραμμικό αισθητήρα CCD μήκους 8,5 ιντσών ο οποίος διαθέτει 2540 φωτοευαίσθητα στοιχεία, τότε η μέγιστη Ανάλυση (resolution) της συσκευής αυτής θα είναι 2540 διαιρεμένα δια 8,5 = 300 Pixels ανά ίντσα (PPI). Με τον απλό αυτό τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε την Ανάλυση κάθε συσκευής αν βέβαια έχουμε στη διάθεσή μας όλα τα απαραίτητα στοιχεία.

Μια ειδική περίπτωση συσκευής εξόδου στην οποία είναι σωστό να χρησιμοποιηθεί ο όρος PPI είναι οι οθόνες των υπολογιστών. Μια οθόνη χρησιμοποιεί φωτοευαίσθητα στοιχεία δηλαδή pixels, για την προβολή των εικόνων, ανεξάρτητα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Μπορούμε επομένως να εκφράσουμε ένα χαρακτηριστικό PPI για κάθε οθόνη, αν διαιρέσουμε τον συνολικό αριθμό από pixels σε μια από τις διαστάσεις της με το φυσικό της μέγεθος σε ίντσες. Στην αγορά είναι ευρέως διαδεδομένο να αναφέρεται πως τα monitors των PC έχουν ανάλυση 96ppi και των MAC 72ppi. Αυτή είναι μία ακόμα παρανόηση που είναι καλό να διευκρινίσουμε καθώς είναι στην πλειοψηφία των περιπτώσεων λάθος.

Ο αριθμός από pixels που διαθέτει κάθε οθόνη είναι δεδομένος από την κατασκευή της και δεν αλλάζει. Για να υπολογίσουμε πόσα PPI έχει μια δεδομένη οθόνη αρκεί ο απλός υπολογισμός που μόλις είδαμε:

Αριθμός από Pixels στη μέγιστη διάσταση (πλάτος ενεργής επιφάνειας της οθόνης) Διαιρούμενη δια την Μέγιστη Διάσταση μας δίνει το PPI

Ένα απλό παράδειγμα:

Ένα συνηθισμένο monitor των 15" έχει μια οριζόντια διάσταση 10,6 ίντσες. Αν η ανάλυσή του είναι 1280x1024 pixels, τότε προφανώς έχουμε να κάνουμε με μια οθόνη των $1280/10,6 = 121ppi$.

Αν και ήδη έχει αποδειχθεί πως ο αριθμός 96ppi δεν έχει κάποια σχέση με το πραγματικό ppi που υπολογίσαμε για τη οθόνη μας, παρόλα αυτά ακόμα και ο αριθμός που υπολογίσαμε δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί γενικευμένα ακόμα και για την ορισμένη οθόνη. Και αυτό γιατί τα πράγματα μπλέκονται λίγο μόλις θυμηθούμε πως με την εμφάνιση των MultiSync και multitiresolution monitors, είναι εύκολο πλέον να ορίσουμε την ανάλυση της οθόνης μας σύμφωνα με τις επιθυμίες μας. Μια οθόνη με μέγιστη ανάλυση 1200x1024, μπορεί τώρα να ρυθμιστεί για διαφορετικές μικρότερες αναλύσεις όπως 640x480, 800x600, 1024x768.

Σε κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις, θα υπολογίζουμε μια διαφορετική τιμή ppi όπως δείχνει και ο παρακάτω Πίνακας.

Ανάλυση Οθόνης	PPI
640 x 480	60
800 x 600	75
1024 x 768	97
1152 x 864	109
1280 x 1024	121
1600 x 1200	151

Πίνακας 3
Τιμές PPI για διαφορετικά resolutions οθόνης

Με τον ίδιο τρόπο, ακόμα και αν η ανάλυση της οθόνης είναι η ίδια, το χαρακτηριστικό PPI θα μεταβάλλεται ανάλογα με το φυσικό μέγεθος της οθόνης. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει μερικές συνηθισμένα μέγεθος οθονών και τα αντίστοιχες τιμές PPI με δεδομένη ανάλυση, για παράδειγμα 1280x1024 pixels.

Φυσικό μέγεθος οθόνης σε ίντσες	Χαρακτηριστικό PPI σε ανάλυση 1280x1024
14	132
15	121
17	102
19	89
21	80

Πίνακας 4
Τιμές PPI για διαφορετικά μεγέθη οθόνης με σταθερό resolution

Μετά από όλη την παραπάνω ανάλυση, πρέπει να μην μας διαφεύγει πως η τιμές PPI, έχουν νόημα μόνο σε αντιστοιχία με κάποιο φυσικό, μετρήσιμο μέγεθος, τη φυσική διάσταση ενός αρνητικού ή μίας φωτογραφίας που θέλουμε να ψηφιοποιήσουμε ή τη διάσταση μίας οθόνης. Από τη στιγμή που η εικόνα ψηφιοποιήθηκε και αποθηκεύτηκε, η έννοια PPI χάνει την ουσία της καθώς στον ψηφιακό κόσμο των Mbytes δεν υπάρχουν διαστάσεις που να μετρώνται σε ίντσες. Άρα το να λέμε πως μια ψηφιακή εικόνα είναι 1750PPI δεν μας δίνει κάποια άλλη πληροφορία πέρα από το ότι στο στάδιο ψηφιοποίησης της δημιουργήθηκαν 1750 pixels για κάθε ίντσα φυσικής διάστασης της πηγής από την οποία έγινε η ψηφιοποίηση. Η γνώση αυτή πάντως μας χρησιμεύει σε υπολογισμούς σχετικούς με το μέγεθος της τελικής εκτύπωσης για τους οποίους όμως μας χρειάζονται και άλλες πληροφορίες όπως θα δούμε παρακάτω.

DPI – Dots per inch:

Εδώ έχουμε μία ακόμα παρανόηση: Άσχετα αν η μονάδα αυτή αναφέρεται ευρέως σαν Ανάλυση, στην πραγματικότητα μας δείχνει την Πυκνότητα Εκτύπωσης μίας μονάδας εξόδου (π.χ. ενός εκτυπωτή). Αν αναφέρεται σαν χαρακτηριστική προδιαγραφή (π.χ. μέγιστη τιμή) μας δείχνει πόσα σημεία μελάνης έχει τη δυνατότητα μια τέτοια συσκευή να τοποθετεί πάνω σε μια δεδομένη διάσταση (πχ μία ίντσα) στην επιφάνεια εκτύπωσης (π.χ. χαρτί). Μέγιστη Ανάλυση 2700DPI σημαίνει επομένως πως η ορισμένη συσκευή έχει δυνατότητα να τοποθετήσει στην εκτυπωτική επιφάνεια το πολύ 2700 σημεία μελάνης σε μία ίντσα. Αυτή είναι δηλαδή η Μέγιστη Δυνατή Πυκνότητα Εκτύπωσης. Δεν διευκρινίζεται πάντα αν τα σημεία αυτά είναι ανεξάρτητα και αντιπροσωπεύουν μια σχέση ένα dot για κάθε Pixel της εικόνας, ή αν απαιτείται ο συνδυασμός πολλών dots για την αποτύπωση ενός Pixel της εικόνας. Στην τελευταία περίπτωση είναι δύσκολο να κάνουμε υπολογισμούς αν δεν έχουμε διαθέσιμες επιπλέον πληροφορίες όπως το πόσα dots ανασυνθέτουν ένα rixel, πόσα διαφορετικά μελάνια χρησιμοποιούνται για την ανασύνθεση χρωμάτων κλπ.

Όταν οι μονάδες DPI δεν αναφέρονται σαν μέγιστη προδιαγραφή αλλά σαν περιγραφή του τρόπου εκτύπωσης, επηρεάζουν το τελικό φυσικό μέγεθος στο οποίο μια εικόνα θα εκτυπωθεί. Στην περίπτωση αυτή, η προδιαγραφή DPI δεν είναι άμεσα συνδεδεμένη με την τελική ποιότητα μίας εικόνας καθώς ένας εκτυπωτής με μέγιστη ανάλυση 2700DPI μπορεί να τυπώσει εικόνες στα 300DPI, τα 600DPI, τα 900 DPI κλπ και όλες οι παραπάνω εκτυπώσεις θα χρησιμοποιήσουν ακριβώς τον ίδιο αριθμό από rixels, που θα απλωθούν με τις παραπάνω διαφορετικές πυκνότητες στο χαρτί επηρεάζοντας το φυσικό μέγεθος του τελικού προϊόντος: Η εκτύπωση στα 300DPI θα είναι διπλάσια σε μέγεθος από την εκτύπωση στα 600DPI καθώς ο ίδιος αριθμός από Pixels απλώνεται με μικρότερη πυκνότητα και επομένως δημιουργεί διπλάσια διάσταση στην πρώτη περίπτωση σε σχέση με την δεύτερη. Αν η εικόνα μας διαθέτει 1200pixels στη μία διάστασή της, τότε το τελικό φυσικό μέγεθος που θα εκτυπωθεί θα είναι:

- Στα 300DPI, $1200/300 = 4$ ίντσες
- Στα 600DPI, $1200/600 = 2$ ίντσες

Με τον ίδιο τρόπο, ένας εκτυπωτής με μέγιστη ανάλυση 300 DPI μπορεί να τυπώσει εικόνες που έχουν ψηφιοποιηθεί στα 300PPI όσο στα 900PPI αλλά και στα 100PPI. Η διαφορά θα είναι πάλι το τελικό φυσικό μέγεθος στο οποίο θα τυπωθεί η κάθε μία καθώς και στις τρεις παραπάνω περιπτώσεις ο εκτυπωτής θα «τοποθετήσει» τα διαθέσιμα rixels σε πυκνότητα 300dots ανά ίντσα. Κάθε 300 rixels της εικόνας που θα εκτυπώνονται θα δημιουργούν μία ίντσα φυσικού μεγέθους. Αν η οριζόντια διάσταση της εικόνας αποτελείται από 900 rixels, τότε η εκτυπωμένη οριζόντια διάσταση θα είναι τρεις ίντσες. Λεπτομέρειες θα δούμε παρακάτω όταν θα μιλήσουμε για μεγέθη αρχείων και φυσικά μεγέθη.

LPI – Lines per inch:

Αυτή είναι η μονάδα που χρησιμοποιείται όταν μια ψηφιακή εικόνα πρόκειται να τυπωθεί με την μέθοδο του half-tone. Για τη δημιουργία των Half-Tone εικόνων χρησιμοποιούνται γραμμικά πλέγματα (line Screens). Η πυκνότητα των γραμμών ενός πλέγματος είναι καθοριστικής σημασίας στην ποιότητα της τελικής half-tone εικόνας. Η πυκνότητα αυτή μετράται σε Γραμμές ανα ίντσα (Lines per Inch – LPI) και λέγεται Συχνότητα Πλέγματος (Screen Frequency).

Οι διαδικασίες αναπαραγωγής και εκτύπωσης με πλέγματα (screens) είναι συνηθισμένες στον χώρο των εκδόσεων, εφημερίδων και εκτυπώσεων. Τυπικές τιμές Συχνότητας Πλέγματος είναι τα 85LPI για εφημερίδες και 133LPI για βιβλία καλής ποιότητας. Η τιμή LPI είναι χρήσιμη στην επιλογή της ανάλυσης στο στάδιο της ψηφιοποίησης μίας εικόνας καθώς είναι απαραίτητο να τηρούνται κάποιοι κανόνες για να διασφαλίζεται η ποιότητα του τελικού προϊόντος. Περισσότερα θα πούμε όταν μιλήσουμε για επιλογές και διαδικασίες εξόδου.

3.6 Βάθος Εικονοστοιχείων (Pixel Depth και Bit Depth).

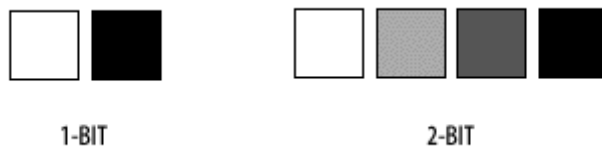
Έχουμε ήδη αντιστοιχίσει την Ανάλυση μίας εικόνας με τον αριθμό από συρτάρια σε μια ερμαριοθήκη. Τώρα έφτασε η ώρα να μιλήσουμε και για το χαρακτηριστικό εκείνο που καθορίζει την ποιότητα των περιεχομένων κάθε συρταριού.

Την ακρίβεια της καταγραφής της πληροφορίας που αποθηκεύεται σε ένα Pixel καθορίζει το **Βάθος Εικονοστοιχείου (bit depth)**. Όσο μεγαλύτερο το βάθος εικονοστοιχείου, τόσο περισσότερη η λεπτομέρεια της πληροφορίας που μπορεί να χωρέσει το κάθε συρτάρι.

Το βάθος εικονοστοιχείου είναι στην ουσία μια ένδειξη της ακρίβειας και ανάλυσης του κβαντισμού μιας εικόνας. Εκφράζει τον αριθμό από ενδιάμεσα βήματα (διαβαθμίσεις) που είναι δυνατόν να οριστούν ανάμεσα στα δύο άκρα της κλίμακας μέτρησης (άσπρο-μαύρο σε B &W εικόνες ή όρια υπέρυθρου-υπεριώδους στο χρώμα). Αυτές είναι οι πιθανές διαβαθμίσεις που μπορεί να καταγράψει το κάθε pixel μίας ψηφιακής εικόνας. Παράλληλα, το βάθος εικονοστοιχείου μας δείχνει πόσα bits χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της αξίας κάθε pixel και μπορεί να είναι από 1 και πάνω bits. Οι διαθέσιμες διαβαθμίσεις είναι το αποτέλεσμα που μας δίνει η τιμή του βάθους εικονοστοιχείου σαν δύναμη του 2. Μια μονοχρωματική εικόνα με βάθος 2 bit έχει $2^2 = 4$ διαβαθμίσεις, ενώ μια εικόνα των 3 bit θα έχει $2^3 = 8$ διαβαθμίσεις.

Στην περίπτωση που ένα σύστημα συλλαμβάνει μονοχρωματικές εικόνες με ακρίβεια 8-bit, κάθε pixel καταγράφει οκτώ δυαδικά επίπεδα άρα μπορεί να διακρίνει 2^8 βαθμίδες άρα 256 διαφορετικές τιμές. Επομένως μπορεί να καταγράψει το μαύρο σαν 0, το άσπρο σαν 255 και ανάμεσά τους, 254 βαθμίδες (τόνους) του γκρι.

Τα παρακάτω παραδείγματα μας δείχνουν τα διαθέσιμα επίπεδα (διαβαθμίσεις) που προσφέρονται σε διαφορετικά τυπικά bit depths.



Σχήμα 5
Διαβαθμίσεις σε συστήματα 1 και 2 Bit

- Μια εικόνα 1 bit μπορεί να έχει 2^1 , δηλαδή δύο μόνο τιμές 1-0 (άσπρο-μαύρο). Οι εικόνες αυτού του τύπου λέγονται και bitmap εικόνες (να και η τρίτη χρήση του όρου bitmap).
- Μια εικόνα 2 bit έχει 2^2 , δηλαδή τέσσερις αξίες:
 - 00: Μαύρο
 - 01: Γκρι βαθύ
 - 10: Γκρι ανοιχτό
 - 11: Λευκό
- Μια εικόνα 3 bit έχει 2^3 , δηλαδή 8 διαβαθμίσεις, μαύρο 000..., λευκό 111 και έξι ενδιάμεσα γκρι 001, 010, 011, κ.λ.π.
- Μια εικόνα 8 bit έχει 2^8 , δηλαδή 256 διαβαθμίσεις, μαύρο 0000 0000..., λευκό 1111 1111 και 254 ενδιάμεσα γκρι 0000 0001, 0000 0010, 0000 0011, κ.λ.π.

(Τα παραπάνω νούμερα είδαμε και στον Πίνακα 1, στην σύντομη εισαγωγή μας στον τρόπο κωδικοποίησης και καταγραφής πληροφοριών στα ψηφιακά συστήματα).

Αρχίζει και γίνεται κατανοητό πώς όσο μεγαλύτερο είναι το bit depth, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια με την οποία χαρακτηρίζεται μια εικόνα καθώς επιτρέπονται περισσότερες διαβαθμίσεις στην κλίμακα ανάμεσα σε ακραίους τόνους: Για κάθε επιπλέον Bit που προστίθεται, οι διαθέσιμες τιμές διπλασιάζονται.

Στην πραγματικότητα, και με βάση παρατηρήσεις και την πρακτική εμπειρία, είναι αποδεκτό πως το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται σαν απόλυτα συνεχή (continuous tone) τη διαβάθμιση από λευκό σε μαύρο για αναλύσεις από 8bit και πάνω. Αυτό σημαίνει πως εφόσον έχουμε στη διάθεσή μας τουλάχιστον 256 διαβαθμίσεις, πρέπει να είμαστε σε θέση να καταγράψουμε εικόνες που στο μάτι θα δείχνουν απόλυτα συνεχείς στις διαβαθμίσεις τόνων. Αυτό δε σημαίνει όμως πως περισσότερες διαβαθμίσεις είναι άχρηστες. Όπως θα δούμε παρακάτω, συχνά οι επεξεργασίες που εκτελούμε απαιτεί την ύπαρξη πολύ περισσότερων διαβαθμίσεων ώστε και στο τελικό αποτέλεσμα να διατηρηθεί η συνέχεια των τόνων.

Κάθε pixel λοιπόν είναι ο αποδέκτης και αποθηκεύει την τιμή έντασης φωτός που το σύστημα ψηφιοποίησης μέτρησε από την αντίστοιχη θέση (στοιχείο) της πρωτότυπης εικόνας, χρησιμοποιώντας όσα bit προσφέρει το σύστημα.

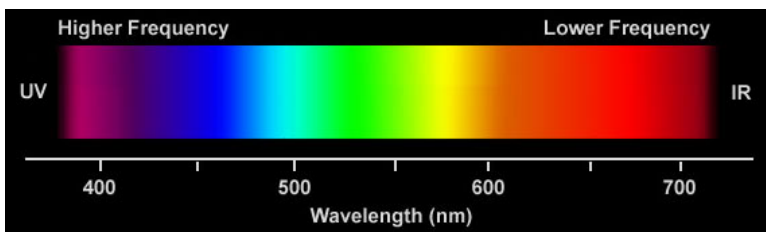
3.7 Η Έγχρωμη Εικόνα και το χρώμα στον Υπολογιστή.

Η παραπάνω μέθοδος καταγραφής εφαρμόζεται και στις έγχρωμες ψηφιακές εικόνες με κάπως αυξημένη πολυπλοκότητα. Πριν προχωρήσουμε, πρέπει να σημειώσουμε πως τα ψηφιακά αρχεία αλλά και οι υπολογιστές δεν έχουν ουδεμία αίσθηση χρώματος. Μας βοηθάει όμως σημαντικά στην περιγραφή των χρωμάτων στον ψηφιακό κόσμο το σημαντικό έργο που είχε γίνει πριν καν υπάρξουν υπολογιστές και ψηφιακά συστήματα, και που είχε στόχο να μελετήσει και να αναλύσει το χρώμα στη φύση και τελικά να προσδιορίσει τρόπους καταγραφής των χρωμάτων με μεθοδικότητα και ακρίβεια.

Αρχικά, ας ρίξουμε μια πολύ απλοποιημένη ματιά στο πώς λειτουργεί το ανθρώπινο σύστημα όρασης.

3.7.1 “Έγχρωμη Όραση”, ο τρόπος που βλέπουμε χρώματα.

Το ανθρώπινο σύστημα όρασης είναι ένα εξαιρετικά πολύπλοκο σύστημα εντοπισμού ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Εντοπίζει ακτινοβολία με συχνότητες ανάμεσα στα 400 νανόμετρα (δισ-εκατομμυριοστά του μέτρου), που αντιστοιχεί στο ιώδες (violet) και τα 700 νμ που αντιστοιχεί στο ερυθρό (red). Αυτό το πεδίο συχνοτήτων ονομάζεται Ορατό Φάσμα (Σχήμα 6). Κύματα με συχνότητες μέσα στο ορατό φάσμα καταγράφονται σαν ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο πεδίο χρωμάτων, κάτι σαν το ουράνιο τόξο. Το παρακάτω σχήμα δίνει μια απεικόνιση του Ορατού Φάσματος όπως την αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι.



Σχήμα 6

Το φάσμα συχνοτήτων που είναι ορατό στον άνθρωπο

Χωρίς να μπούμε σε ανατομικές λεπτομέρειες πρέπει να σημειώσουμε πως το ανθρώπινο μάτι εκτός από το ότι διαθέτει ένα φακό και ένα διάφραγμα

ίριδος που μοιάζουν σε λειτουργία με τα αντίστοιχα τμήματα μιας φωτογραφικής μηχανής, κατά τα άλλα διαφέρει πλήρως στον τρόπο λειτουργίας του από μια φωτογραφική μηχανή. Οι φωτογραφικές μηχανές, προβάλλουν το είδωλο της εικόνας σε ένα επίπεδο (φίλμ) και έχουν κατά κανόνα σταθερή και ομοιόμορφη ανάλυση και ευαισθησία στο ορατό φάσμα σε όλη την επιφάνεια καταγραφής. Αντίθετα το μάτι που εξελίχθηκε για να καλύπτει μεγάλο εύρος από λειτουργίες, διαθέτει ένα πολύπλοκο σύστημα αισθητήρων.

Πιθανότατα για αν προφυλαχθεί από τους εχθρούς του και για να μπορεί να εντοπίζει εύκολα τα θηράματά του, ο άνθρωπος, εκτός από το βασικό υψηλής ανάλυσης σύστημα, ανέπτυξε και ένα σύστημα περιφερειακής όρασης που υποστηρίζει μόνο χαμηλής ανάλυσης απεικόνιση αλλά προσφέρει πολύ υψηλής απόδοσης δυνατότητες εντοπισμού κίνησης σε μεγάλο εύρος φωτιστικών συνθηκών. Οι αισθητήρες κίνησης προσφέρουν κάλυψη περίπου 180° στο οριζόντιο επίπεδο.

Σε αντίθεση με το περιφερειακό σύστημα “επιβίωσης”, το κυρίως σύστημα όρασης που δημιουργεί υψηλής ανάλυσης εικόνες, είναι ένα στην ουσία σύστημα “ημέρας” και όχι μόνο δεν αποδίδει καλά σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού αλλά έχει και πολύ μικρότερο εμβαδόν κάλυψης. Το σύστημα βασίζεται σε δύο τύπους αισθητήρων. Ο ένας τύπος που τους ονομάζουμε Ράβδους καλύπτει όλο το φάσμα συχνοτήτων, λειτουργεί σε μεγάλο εύρος φωτιστικών συνθηκών, ανταποκρίνεται ταχύτατα σε αλλαγές, χωρίς όμως να μπορεί να καταγράφει χρώματα. Για την ακρίβεια οι ράβδοι καταγράφουν μόνο πληροφορίες έντασης φωτός (Luminance). Οι αισθητήρες που προσφέρουν την αντίληψη χρώματος λέγονται Κώνοι και είναι συγκεντρωμένοι σε ένα μικρό τμήμα του ματιού. Οι κώνοι έχουν πολύ περιορισμένη ευαισθησία στο ορατό φάσμα, περιοριζόμενοι στην καταγραφή ενός στενού τμήματος του φάσματος. Για την ακρίβεια υπάρχουν τρεις διαφορετικές ομάδες κώνων με διαφορετική ευαισθησία η κάθε μία. Οι κεντρικές συχνότητες των τμημάτων του ορατού φάσματος στα οποία οι τρεις ομάδες κώνων έχουν ευαισθησία είναι οι συχνότητες που αντιστοιχούν στα χρώματα Κόκκινο (580nm) Πράσινο (540nm) και Γαλάζιο ή Μπλέ όπως λέμε συνήθως (450nm). Τα χρώματα αυτά τα ονομάζουμε πρωτεύοντα και οι αντίστοιχες ομάδες αισθητήρων ονομάζονται και τύπου ρ, γ και β. Ο τρόπος που ο εγκέφαλος επεξεργάζεται τις πληροφορίες από τα διαφορετικά συστήματα αισθητήρων για να δημιουργήσει τις εικόνες που βλέπουμε είναι εξαιρετικά πολύπλοκος και δεν είναι δυνατόν να παρουσιαστεί εδώ.

Για τις ανάγκες μας είναι αρκετό να πούμε πως η αντίληψη χρώματος στον άνθρωπο δημιουργείται από το συσχετισμό αφενός του ποιες από τις τρεις ομάδες κώνων αντιδρούν στο ορισμένο ερέθισμα και σε τι ποσοστό η κάθε μία. Με απλά λόγια, φως από κάθε ορατό μήκος κύματος αναλύεται σε συστατικά από τις ομάδες ρ, γ και β και οι πληροφορίες μεταφέρονται στον εγκέφαλο για να αποτυπωθεί το ορισμένο χρώμα.

Ας κρατήσουμε εδώ επίσης μερικά ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά της ανθρώπινης όρασης που μπορεί να αποδειχθούν χρήσιμα:

- Η ανθρώπινη όραση δεν είναι το ίδιο ευαίσθητη και στα τρία πρωτεύοντα χρώματα με αυξημένη ευαισθησία στο Πράσινο χρώμα. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι σημαντικό στο σχεδιασμό συστημάτων που απευθύνονται στην ανθρώπινη όραση.
- Όταν η ευαισθησία δύο ομάδων κώνων (ας πούμε των ομάδων ρ και γ) είναι παρόμοια, δηλαδή αντιδρούν σε κοντινές συχνότητες, τότε δημιουργείται δυσκολία στον διαχωρισμό των δύο αντίστοιχων χρωμάτων. Στην παραπάνω περίπτωση θα ήταν δύσκολο να πούμε αν ένα αντικείμενο είναι κόκκινο ή πράσινο. Αυτή είναι μία από τις αιτίες της Αχρωματοψίας.
- Καθώς οι κώνοι είναι σύστημα “ημέρας” όπως είπαμε παραπάνω, σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού δημιουργούν ελάχιστη πληροφορία με αποτέλεσμα να υπάρχουν δυσκολίες καταγραφής χρώματος. Καθώς στην περίπτωση αυτή η πλειοψηφία των πληροφοριών προέρχεται από ράβδους, σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού δεν έχουμε δυνατότητα να βλέπουμε χρώματα, παρά μόνο τόνους του γκρι. Παρόλα αυτά, ο εγκέφαλος με βάση την εμπειρία μας και τη γνώση του πώς πρέπει να δείχνουν τα πράγματα, δημιουργεί την αίσθηση πως βλέπουμε χρώματα γνώριμων αντικειμένων. Αν όμως τύχει να αντιμετωπίσουμε αντικείμενα που δεν έχουμε ξαναδεί τότε θα έχουμε αδυναμία προσδιορισμού του χρώματός τους.

3.7.2 Χρωματικά Μοντέλα.

Από τη στιγμή που ο άνθρωπος άρχισε να ασχολείται με τα χρώματα, ένοιωσε την ανάγκη να τα περιγράψει με σαφή τρόπο και να τα καταλογοποιήσει. Αυτό είχε στόχο όχι μόνο την ανάλυση και μελέτη αλλά και την δυνατότητα επανάληψης καθώς αν ήταν δυνατή η ακριβής περιγραφή ενός χρώματος θα ήταν δυνατή και η αναπαραγωγή του κατά βούληση. Η θεωρία (ή καλύτερα θεωρίες) χρώματος είναι ένας εξαιρετικά ενδιαφέρων όσο και εκτεταμένος τομέας που δεν είναι δυνατόν ακόμα και να τον αγγίξουμε σε ένα βιβλίο γενικότερου ενδιαφέροντος. Θα περιοριστούμε λοιπόν σε όσα μας είναι απαραίτητα για την κατανόηση των θεμάτων που μας απασχολούν σχετικά με την εικόνα, την αποτύπωση και την επεξεργασία της. Ιστορικά χρησιμοποιήθηκαν διάφορες ιδιότητες που αποδόθηκαν στα χρώματα όπως η απόχρωση (Hue), ο κορεσμός (saturation), η λαμπρότητα (Brightness), η φωτεινότητα (Luminosity) και άλλα ανάλογα. Πολλές εργασίες μελέτησαν την δυνατότητα περιγραφής χρωμάτων με μονοσήμαντο τρόπο, χρησιμοποιώντας μόνο μερικές από τις παραπάνω ιδιότητες και οι μέθοδοι που αναπτύχθηκαν οδήγησαν σε συστήματα κατάταξης που ονομάζονται Χρωματικά Μοντέλα ή Συστήματα (Colour Models). Τα χρωματικά μοντέλα είναι πολύτιμα και είναι η βάση πάνω στην οποία καθορίζονται όλες οι διαδικασίες διαχείρισης χρώματος ανεξαρτήτως μέσου ή εφαρμογής.

Σήμερα χρησιμοποιούνται διάφορα χρωματικά μοντέλα, η επιλογή των οποίων καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τον τομέα εφαρμογής. Τα πιο συνηθισμένα είναι το RGB, CMYK και το CIE Lab που θα δούμε σύντομα παρακάτω.

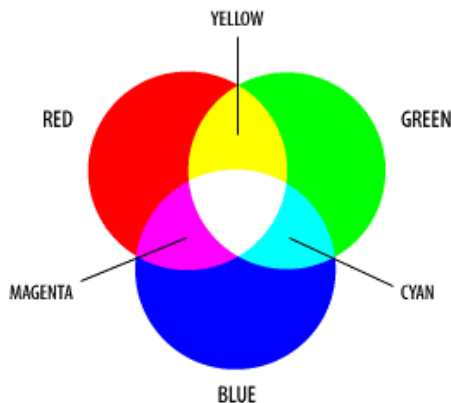
3.7.3 Το χρωματικό μοντέλο RGB

Όπως είδαμε παραπάνω, το κόκκινο το πράσινο και το γαλάζιο (μπλέ), είναι τα χρωματικά συστατικά του φωτός στα οποία ανταποκρίνεται το ανθρώπινο μάτι, αντιδρώντας σε ερεθίσματα σχετικά με τα ανάλογα μήκη κύματος τους. Με το συνδυασμό των τριών παραπάνω χρωμάτων ο εγκέφαλος δημιουργεί ενδιάμεσα χρώματα και μας επιτρέπει να βλέπουμε όλα τα άλλα χρώματα του φάσματος. Τα χρώματα κόκκινο, πράσινο και γαλάζιο, ονομάζουμε πρωτεύοντα χρώματα.

Τα τρία πρωτεύοντα χρώματα χρησιμοποιούνται σα βάση για το χρωματικό μοντέλο RGB (Red, Green, Blue). Το μοντέλο RGB, χρησιμοποιείται και για τον χαρακτηρισμό κάθε πηγής που εκπέμπει φως, όπως πχ μία λάμπα ή ένα computer monitor αλλά και για το χρώμα που δημιουργείται από το φως που περνάει μέσα από μια επιφάνεια (τζάμια, διαφάνειες), όχι όμως και για χρώμα που δημιουργείται από αντανάκλαση.

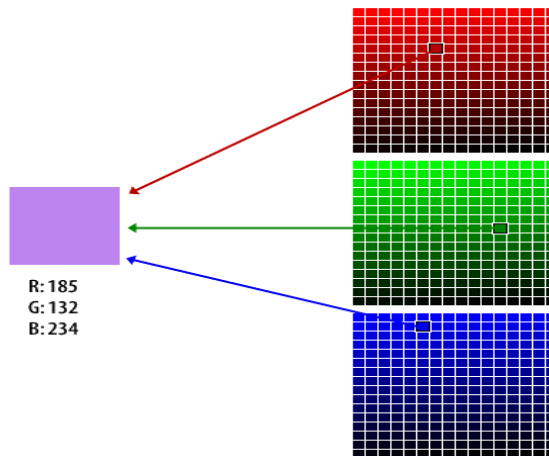
Το χρωματικό μοντέλο RGB ονομάζεται Προσθετικό (additive) γιατί ένα χρώμα δημιουργείται από την πρόσθεση των σχετικών εντάσεων των τριών πρωτευόντων χρωμάτων στο μαύρο που απεικονίζει την πλήρη έλλειψη φωτός. Για παράδειγμα ένα φως σβηστό δίνει μαύρο και όσο η έντασή του μεγαλώνει προχωράμε προς το λευκό.

Το Σχήμα 7 μας δείχνει την σχέση των τριών πρωτευόντων χρωμάτων του χρωματικού μοντέλου RGB καθώς και τα χρώματα που δημιουργούνται από την ανάμειξη δύο από τα πρωτεύοντα χρώματα. Μας δείχνει επίσης πως η ανάμειξη και των τριών πρωτευόντων χρωμάτων σε όμοια ποσότητα και ένταση, μας δίνει το λευκό χρώμα.



Σχήμα 7 Σύστημα Προσθετικών Χρωμάτων RGB

Το Σχήμα 7, δείχνει πως αναμειγνύοντας διαφορετικά ποσά έντασης κάθε ενός από τα τρία πρωτεύοντα χρώματα μπορούμε να δημιουργήσουμε ενδιάμεσα χρώματα. Στη σχήμα 8 αναφερόμαστε σε ένα σύστημα των 8bit ανα χρώμα, που μας προσφέρει δυνατότητα απεικόνισης 256 διαβαθμίσεων σε κάθε ένα από τα πρωτεύοντα χρώματα και επομένως ένα σύστημα συνολικά των 24bit με δυνατότητα καταγραφής 2^{24} , δηλαδή περίπου 16,7 εκατομμυρίων χρωμάτων.



Σχήμα 8 Προσθετική δημιουργία χρώματος από τρία συστατικά (RGB)

3.7.4 Το χρωματικό μοντέλο CMYK

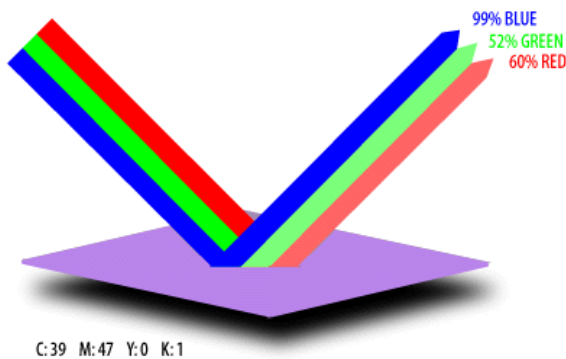
Από το Σχήμα 7 παραπάνω, παρατηρούμε πως στην ένωση δύο από τα πρωτεύοντα χρώματα του μοντέλου RGB, δημιουργούνται τα παρακάτω χρώματα:

- Κυανούν (Cyan) από την ένωση Γαλάζιου και Πράσινου,
- Βιολετί ή Ματζέντα (Magenta) από την ένωση Γαλάζιου και Κόκκινου,
- Κίτρινο (Yellow), από την ένωση Πράσινου και Κόκκινου.

Μπορούμε το παραπάνω να εκφράσουμε και με ένα εναλλακτικό τρόπο. Δηλαδή πώς το Κυανούν δημιουργείται από την απουσία ή “αφαίρεση” του Κόκκινου, η Ματζέντα δημιουργείται από την απουσία ή “αφαίρεση” του Πράσινου και το Κίτρινο δημιουργείται από την απουσία ή “αφαίρεση” του Γαλάζιου. Φαίνεται λοιπόν πως το Κυανούν απορροφά το κόκκινο φως, η

Ματζέντα απορροφά Πράσινο φως και το Κίτρινο απορροφά το Γαλάζιο (Μπλέ) φως.

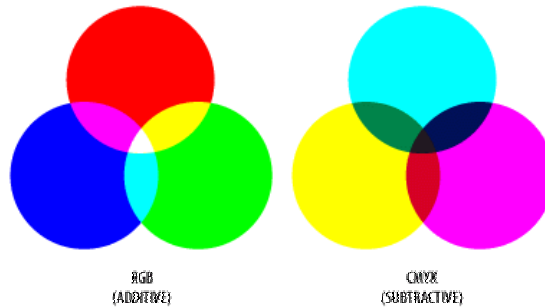
Ας πάρουμε ένα αντικείμενο στο οποίο πέφτει φως, αντανακλάται, φτάνει στο μάτι μας και μας δημιουργεί την αίσθηση του χρώματος του αντικειμένου. Το φως που προσπίπτει περιέχει συστατικά RGB. Όπως είδαμε παραπάνω, τα χρώματα CMY δημιουργούνται από την αφαίρεση των RGB. Ανάλογα με το ποσοστό των χρωμάτων C, M και Y που περιέχει το αντικείμενο, απορροφάται διαφορετικό ποσοστό από κάθε συστατικό R, G και B. Επομένως, το ποσοστό των χρωμάτων C, M και Y που περιέχει το αντικείμενο στην επιφάνειά του επηρεάζει το ποσοστό του φωτός που αντανακλάται και που στην ουσία βλέπει το ανθρώπινο μάτι, όπως μας δείχνει και το Σχήμα 9 και που είναι αποτέλεσμα της αφαίρεσης ποσοστών από τα συστατικά RGB του προσπίπτοντος φωτός.



Σχήμα 9

Αφαιρετική δημιουργία χρώματος από τρία συστατικά εξ' αντανακλάσεως μετά από απορρόφηση συστατικών χρωμάτων (CMY)

Τα τρία χρώματα Κυανούν, Ματζέντα και Κίτρινο χρησιμοποιούνται σαν βάση για το χρωματικό μοντέλο CMY (Cyan, Magenda & Yellow) και είναι τα δευτερεύοντα χρώματα των RGB και παράλληλα τα αντίθετα και συμπληρωματικά τους. Το χρωματικό μοντέλο CMY ονομάζεται και αφαιρετικό καθώς όπως είδαμε τα χρώματα που εμφανίζονται στο CMY είναι το αποτέλεσμα αφαίρεσης ποσοστών κόκκινου, πράσινου και γαλάζιου φωτός. Σαν αποτέλεσμα, η συμβολή των συστατικών χρωμάτων του προτύπου οδηγούν στο Μαύρο, καθώς αντιστοιχεί στην πλήρη αφαίρεση όλου του προσπίπτοντος φωτός. Το Σχήμα 10 παρουσιάζει μια πιο άμεση σύγκριση των δύο χρωματικών μοντέλων.



Σχήμα 10
Τα μοντέλα χρώματος RGB και CMY (Κ)

Το μοντέλο CMY, χρησιμοποιείται και για τον χαρακτηρισμό χρώματος επιφανειών που αντανακλούν το φως, όπως εκτυπωμένες φωτογραφίες, βιβλία αλλά και τοίχοι, και όλα τα αδιαφανή αντικείμενα της φύσης. Επίσης, το CMY μοντέλο χρησιμοποιείται σε κάθε μορφής εκτυπώσεις όπου ειδικά μελάνια χρωμάτων C M και Y αναμειγνύονται με τρόπο που θα δούμε παρακάτω για να δημιουργήσουν όλες τις χρωματικές διαβαθμίσεις.

Από θεωρητική σκοπιά, ένα αντικείμενο με επιφάνεια που περιέχει 100% από τα τρία χρώματα CMY, θα έπρεπε να απορροφούσε όλο το προσπίπτον RGB φως και επομένως το αντικείμενο θα έπρεπε να εμφανίζεται σαν μαύρο. Αυτό προφανώς περιμένουμε να το δούμε και στην περίπτωση εκτυπώσεων όπου χρησιμοποιούνται πλήρεις πυκνότητες από τα τρία μελάνια C M και Y. Στην πραγματικότητα όμως, τόσο τα μελάνια όσο και οι διαδικασίες εκτύπωσης δεν είναι τέλειες. Σαν αποτέλεσμα, η χρήση 100% και από τα τρία συστατικά χρώματα σε εκτυπωτικές εργασίες δεν οδηγεί σε πλούσιο και πλήρες μαύρο χρώμα αλλά περισσότερο σε ένα γκριζωπό αποτέλεσμα. Η λύση δόθηκε με την πρόσθεση ενός επιπλέον καναλιού που αντιπροσωπεύει απλά πυκνότητα μαύρου χρώματος και ονομάζεται κανάλι K, είτε από το black είτε από τη λέξη Key, δηλαδή κλειδα. Το νέο κανάλι δίνει και το πλήρες όνομα του χρωματικού μοντέλου που είναι γνωστό σαν CMYK και πολλές φορές αναφέρεται και σαν “τετραχρωμία” χωρίς όμως πάντα να είναι σωστή η απόλυτη ταύτιση των δύο όρων.

Με την προσθήκη του καναλιού αυτού, είναι δυνατό να πετύχει μια εκτύπωση πλούσιο μαύρο με λιγότερο από 100% πυκνότητα στα τρία βασικά συστατικά χρώματα (C,M και Y) και την προσθήκη μίας κατάλληλης ποσότητας μαύρου στο επιπλέον κανάλι. Στην πράξη, το ποσοστό του καναλιού αυτού μειώνει ακόμα περισσότερο και σε ίση αναλογία τα τρία βασικά κανάλια CMY με αποτέλεσμα πιο βαθιές σκιές και όταν είναι επιθυμητό, όπως είπαμε και παραπάνω, πλήρες μαύρο.

Το CMYK συναντάται σε κάθε τι που δίνει χρώμα από αντανάκλαση (έντυπα, βιβλία αφίσες κλπ) ή δημιουργεί χρώμα με εναπόθεση επιπέδων

χρώματος πάνω σε μία αδιαφανή επιφάνεια. Σε απλές γραμμές, μπορούμε να σκεφτούμε πως η έλλειψη χρώματος CMYK δίνει ένα λευκό χαρτί ενώ αν προσθέσουμε όσο περισσότερο χρώμα μπορούμε θα καταλήξουμε σε ένα μαύρο χαρτί.

Στο Σχήμα 9 που είδαμε παραπάνω, ένα αντικείμενο με συστατικά χρώματος 39% C, 47%M, 0% Y και 1% K (μαύρο που απορροφά 1% επιπλέον φως από όλα τα πρωτεύοντα), αντανακλά 60% R, 52% G & 99%B δημιουργώντας το χαρακτηριστικό χρώμα του αντικειμένου που φτάνει τελικά και αναγνωρίζεται από το μάτι μας.

3.7.5 Το χρωματικό μοντέλο CIELAB

Το CIELAB ή LAB όπως το συναντάμε συχνά, έγινε αποδεκτό από τον οργανισμό CIE το 1976. Ο οργανισμός CIE είναι η Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού, (Commission Internationale De L'Eclairage ή International Commission On Illumination), ένας αυτόνομος τεχνικός, επιστημονικός και πολιτιστικός μη κερδοσκοπικός οργανισμός. Ο κύριος στόχος του είναι η διεθνής συνεργασία και ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα στα μέλη του σε κάθε θέμα σχετικό με την επιστήμη και τέχνη του φωτός και του φωτισμού.

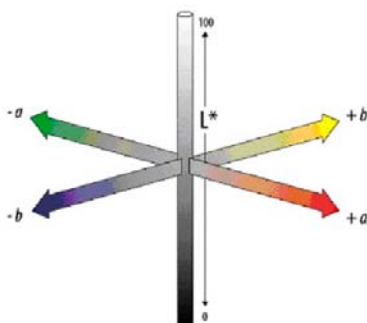
Το μοντέλο CIELAB, η πλήρης ονομασία του οποίου είναι 1976 CIE L*a*b* Space βασίζεται στην αρχή της Αντίδρασης Χρωμάτων του προτύπου L,a,b που είχε αναπτύξει το 1942 ο Richard Hunter. Η αρχή της Αντίδρασης Χρωμάτων βασίζεται σε παρατηρήσεις που δείχνουν πως κάπου ανάμεσα στο οπτικό νεύρο και τον εγκέφαλο, τα σήματα που έρχονται από το μάτι μας μεταφράζονται σε διαφοροποιήσεις ανάμεσα σε φως και σκοτάδι, κόκκινο/πράσινο και μπλε/κίτρινο. Το πρότυπο CIELAB απεικονίζει τις αξίες αυτές σε τρεις άξονες: L*, a* και b*, όπου:

- Ο κεντρικός άξονας απεικονίζει την φωτεινότητα (Lightness - L) με τιμές μεταξύ 0 (μαύρο) και 100 (λευκό).
- Οι άλλοι δύο άξονες είναι άξονες χρώματος και βασίζονται στην παραδοχή πως ένα χρώμα δεν μπορεί να είναι κόκκινο και πράσινο ταυτόχρονα ούτε και ταυτόχρονα γαλάζιο και κίτρινο καθώς τα χρώματα, ανα ζεύγος αντιτίθεται το ένα στο άλλο σύμφωνα με την αρχή της Αντίδρασης Χρωμάτων που αναφέραμε παραπάνω.

Σε κάθε άξονα, οι τιμές είναι θετικές και αρνητικές (Σχήμα 11):

- Στον άξονα a, οι θετικές τιμές αντιστοιχούν σε ποσότητες κόκκινου και οι αρνητικές τιμές αντιστοιχούν σε ποσότητες πράσινου.
- Στον άξονα b, οι θετικές τιμές αντιστοιχούν σε ποσότητες κίτρινου και οι αρνητικές τιμές αντιστοιχούν σε ποσότητες γαλάζιου χρώματος.

- Και στους δύο άξονες, τα τιμή 0 αντιστοιχεί σε ουδέτερο γκρι.



Σχήμα 11
Το μοντέλο χρώματος CIELAB

Είναι απαραίτητο εδώ να σημειώσουμε πως στο CIELAB, η φωτεινότητα είναι απόλυτα ανεξάρτητη από τα χρώματα και την παρουσία ή απουσία τους, σε αντίθεση με τα Χρωματικά Μοντέλα που βασίζονται σε συστήματα χρωμάτων όπως τα RGB και CMYK, στα οποία η φωτεινότητα εξαρτάται από την παρουσία (στο RGB) ή απουσία (στο CMYK) και τις σχετικές ποσότητες των τριών συστατικών χρωμάτων.

Το πρότυπο CIELAB έχει αποδειχθεί εξαιρετικά σημαντικό για την διαχείριση και καθορισμό του χρώματος σε επιτραπέζια συστήματα εκδόσεων και συστήματα επεξεργασίας εικόνας. Είναι ανεξάρτητο από συσκευές σε αντίθεση με τα μοντέλα RGB και CMYK. Η ανεξαρτησία του αυτή οδήγησε στο να χρησιμοποιηθεί σαν βάση σε πολλά συστήματα τυποποίησης χρωματικής διαχείρισης. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως χρησιμοποιείται σαν το βασικό σύστημα χρωματικού ελέγχου στο Adobe PostScript (επίπεδα 2 & 3) και αποτελεί τη βάση για τον καθορισμό της διαδικασίας διαχείρισης χρώματος, ανεξάρτητα από συσκευές, σε όλα τα Προφίλ Συσκευών του ICC (International Colour Consortium), στο οποίο θα αναφερθούμε σε επόμενο κεφάλαιο (Διαχείριση Χρώματος).

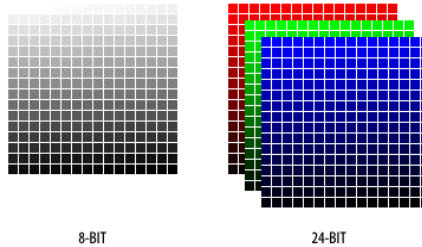
3.7.6 Ψηφιακή Αποτύπωση Χρώματος και Βάθος Χρώματος.

Το χρωματικό Μοντέλο που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση μιάς έγχρωμης εικόνας συνδέεται στενά με το βάθος στοιχείων, το bit-depth. Έχουμε ήδη αναφέρει πως μια έγχρωμη εικόνα απεικονίζεται με πολλαπλά 8-bit κανάλια βασικών χρωμάτων (Σχήμα 8). Το είδος των καναλιών αυτών, ο χαρακτηρισμός τους και τα χαρακτηριστικά τους καθορίζονται απόλυτα από το Χρωματικό Μοντέλο που χρησιμοποιείται.

Για να περιγράψουμε λοιπόν με ακρίβεια το χρώμα ενός στοιχείου της αρχικής εικόνας μας, το pixel που αντιστοιχεί στο στοιχείο αυτό πρέπει να μπορεί να αποθηκεύει τις τιμές (αξίες) για κάθε μία από τις ιδιότητες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα προσδιορισμού χρώματος (χρωματικό μοντέλο) που έχουμε επιλέξει. Αν το σύστημα προσδιορίζει το χρώμα με τρεις ιδιότητες (πχ RGB), τότε κάθε pixel πρέπει να καταγράφει τρεις τιμές, μία για κάθε ιδιότητα. Αν το σύστημα προσδιορίζει το χρώμα με τέσσερις ιδιότητες, τότε κάθε pixel πρέπει να καταγράφει τέσσερις τιμές (CMYK), πάλι μία για κάθε ιδιότητα και ούτω καθ' εξής.

Για παράδειγμα, για να απεικονίσουμε μία έγχρωμη εικόνα με βάση το μοντέλο RGB (που είναι και το τυπικό για απεικόνιση σε υπολογιστές), χρησιμοποιώντας 8-bit για να καταγράψουμε την αξία κάθε Pixel σε κάθε ένα από τα τρία διαφορετικά χρωματικά κανάλια, έχουμε $3 \times 8 = 24$ bits σύνολο για κάθε pixel. Στο μοντέλο CMYK (Cyan – κυανούν, Magenta-Ματζέντα, Yellow-κίτρινο και black- μαύρο) που είναι το πρότυπο για εκτυπωτικές εργασίες, αν μία έγχρωμη εικόνα απεικονίζεται με τέσσερα κανάλια πάλι των 8-bit, τότε χρησιμοποιούνται 32-bits συνολικά για να περιγράψουν κάθε pixel. Το χαρακτηριστικό αυτό, ο αριθμός δηλαδή από συνολικά Bits που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή του χρώματος ενός εικονοστοιχείου λέγεται Βάθος Χρώματος ή Colour Depth. Σε αναλογία με το Βάθος Εικονοστοιχείου (Bit Depth) που είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο και αναφερόταν σε εικόνες με ένα κανάλι, το Βάθος Χρώματος αναφέρεται στο ίδιο στην ουσία χαρακτηριστικό γι' αυτό και συχνά χρησιμοποιείται και στις δύο περιπτώσεις ο όρος bpp (bits per pixel). Το βάθος χρώματος είναι εξαιρετικά σημαντικό χαρακτηριστικό και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα της τελικής απεικόνισης στον ψηφιακό χώρο.

Ας επικεντρωθούμε για λίγο στο μοντέλο RGB, αν και όσα θα πούμε επεκτείνονται εύκολα σε όλα τα άλλα χρωματικά μοντέλα. Θυμίζουμε πάλι πως ότι είπαμε σε προηγούμενα κεφάλαια για την καταγραφή ασπρόμαυρων εικόνων, αν ένα κανάλι χρώματος καταγράφει πληροφορία στα 8-bit τότε έχει 256 διαβαθμίσεις. Για να καθορίσουμε το χρώμα ενός στοιχείου της πρωτότυπης εικόνας μας, χρειάζεται να μετρήσουμε τρεις αξίες: Μία για το R μία για το G και μία για το B (Σχήμα 12). Αν αυτές τις τρεις τιμές τις καταγράψουμε στο pixel που αντιστοιχεί στο παραπάνω στοιχείο, αυτό θα περιέχει πλέον ό,τι μας χρειάζεται για να περιγράψουμε με ακρίβεια το αρχικό στοιχείο της εικόνας μας. Με τα τρία παραπάνω κανάλια των 8-bit, ένα για κάθε συστατικό χρώμα του RGB, έχουμε τη δυνατότητα δημιουργίας $256 \times 256 \times 256$ δηλαδή 16,777,216 διαφορετικών τόνων που στην περίπτωση έγχρωμων εικόνων αντιστοιχούν σε διαφορετικές, μονοσήμαντες αποχρώσεις ή διαφορετικά χρώματα.



Σχήμα 12
Διαβαθμίσεις σε 8bit Grayscale και 24bit RGB

Η σημερινή τεχνολογία συσκευών επιτρέπει να ψηφιοποιούνται εικόνες σε περισσότερα bit ανά συστατικό χρώμα, όπως 10, 12 και 16 bit με αποτέλεσμα ακόμα μεγαλύτερης ποιότητας εικόνες.

Πρέπει πάντως να σημειώσουμε πως το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται σαν απόλυτα συνεχή (continuous tone) τη χρωματική διαβάθμιση για αναλύσεις από 24bit και πάνω, επομένως δείχνει να μην έχει ουσία η ψηφιοποίηση σε υψηλότερα βάθη χρώματος. Και όμως, ψηφιοποίηση με βάθος χρώματος πέρα από τα 24bit έχει σημαντική σημασία και αξία στην διαδικασία επεξεργασίας εικόνας κατά την οποία είναι δυνατόν να παραχθούν περισσότεροι ενδιάμεσοι τόνοι με μεγαλύτερη χρωματική ακρίβεια. Είναι χρήσιμο λοιπόν, να διατηρείται όσο πιο μεγάλο βάθος χρώματος είναι εφικτό μέχρι και το τελικό στάδιο πριν από την έξοδο, και σίγουρα σε όλη τη διαδικασία επεξεργασίας με στόχο την πιστή απεικόνιση των χρωματικών τόνων και μόνο στο τελικό στάδιο να γίνεται η μετατροπή στα 24bit, που είναι υπεραρκετά για την έξοδο της ψηφιακής εικόνας.

Ολοκληρώνοντας την ανατομία της ψηφιακής εικόνας, πρέπει να είναι πιστεύουμε προφανές πως τόσο η Ανάλυση όσο και το Βάθος (Χρώματος ή Εικονοστοιχείου) δεν εγγυώνται από μόνα τους την ποιότητα της πληροφορίας. Είναι απλές ενδείξεις δυνατοτήτων. Η Ανάλυση μας λέει πόσα συρτάρια έχουμε στη διάθεσή μας για να αποθηκεύσουμε πληροφορία και το Βάθος πόσο μεγάλο είναι το κάθε συρτάρι ή πόση πληροφορία μπορεί να χωρέσει. Ούτε το ένα χαρακτηριστικό ούτε το άλλο προσφέρουν την οποιαδήποτε ένδειξη για το τι πραγματικά έχουμε αποθηκεύσει στα συρτάρια.

Δεν πρέπει επομένως ποτέ να ξεχνάμε πως μπορεί να έχουμε πολλά συρτάρια με πολλές δυνατότητες αποθήκευσης που παρόλα αυτά είναι άδεια ή έχουν κακής ποιότητας περιεχόμενο. Στα επόμενα κεφάλαια θα δούμε όχι μόνο πως εξασφαλίζουμε την ποιότητα του περιεχομένου που αποθηκεύουμε αλλά κυρίως, πως το βελτιώνουμε αν αυτό δεν είναι ανάλογο των προσδοκιών μας.

3.8 Σύλληψη της Ψηφιακής Εικόνας

Η αρχή της ψηφιακής εικόνας γίνεται πάντα με την σύλληψή της, αυτό που ονομάζουμε Image Capture. Τη διαδικασία δηλαδή που από μία αναλογική πηγή οδηγεί σε ένα αρχείο ψηφιακής εικόνας είτε σε κάποια συσκευή είτε στον δίσκο του υπολογιστή μας. Η σύλληψη της εικόνας ενσωματώνει τη διαδικασία της Ψηφιοποίησης που είδαμε σε προηγούμενα κεφάλαια, αλλά επεκτείνεται ώστε να συμπεριλάβει και κάθε άλλη συσκευή ή διάταξη οδηγεί σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα. Εδώ λοιπόν θα ασχοληθούμε με τις μορφές και τις συσκευές που συναντάμε στη διαδικασία της σύλληψης μίας εικόνας.

Στο Capture χρησιμοποιείται τόσο εξοπλισμός (Hardware) όσο και προγράμματα λογισμικού (Software). Η επιλογή του εξοπλισμού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος, τον τύπο και την προέλευση της αρχικής εικόνας, της πηγής μας ενώ η επιλογή του λογισμικού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον εργασίας μας, τη τελική αποστολή των ψηφιακών εικόνων αλλά και το τι είδος επεξεργασίας, διαχείρισης ή διακίνησης σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε.

Οι πιο συχνές αρχικές μορφές μίας ψηφιακής εικόνας προέρχονται από:

- Απευθείας καταγραφή του εξωτερικού περιβάλλοντος, της φύσης, ενός αντικειμένου, προσώπου η γεγονότος,
- Εκτυπωμένες Φωτογραφίες ή και κείμενα,
- Αρνητικά και Διαφάνειες πολλαπλών μορφών, τεχνολογιών και φορμά,
- Διαφόρων τύπων Εικόνες και σχεδιαγράμματα,

Στα αρχικά κεφάλαια περιγράψαμε πως μια αναλογική εικόνα χωρίζεται σε ένα πλέγμα εικονοστοιχείων (pixels) για κάθε ένα από τα οποία καταγράφεται ένας (η περισσότεροι) αριθμοί που το χαρακτηρίζουν όσον αφορά τα οπτικά του χαρακτηριστικά. Προφανώς λοιπόν, όλες οι συσκευές σύλληψης εικόνας, χωρίζουν το πρωτότυπο υλικό σε ένα πλέγμα από βασικά εικονοστοιχεία όπως το παραπάνω και καταγράφουν την τιμή έντασης φωτός για κάθε εικονοστοιχείο, χρησιμοποιώντας ειδικούς Αισθητήρες Φωτός που μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρικά φορτία. Τα φορτία αυτά είναι που μετράμε, αξιολογούμε, συγκρίνουμε ρυθμίζουμε και τελικά αντιστοιχούμε στην κατάλληλη ψηφιακή τιμή που είναι πλέον το χαρακτηριστικό του κάθε ψηφιακού pixel της εικόνας μας.

Η διαδικασία της σύλληψης μίας εικόνας εκτελείται με φωτοευαίσθητες μονάδες καταγραφής, ειδικής κατασκευής ολοκληρωμένα όπως οι δίοδοι CCD (Charge Coupled Diodes) τα CMOS, τα LEDs και τελευταία ειδικές κατασκευές. Σε όλες τις περιπτώσεις, μια μικρή μονάδα διαθέτει μια επιφάνεια καταγραφής που αποτελείται από μεγάλο αριθμό βασικών φωτοευαίσθητων στοιχείων όπως τα παραπάνω σε διάταξη πλέγματος, που το κάθε ένα καταγράφει ένα σημείο της όλης εικόνας. Το κάθε βασικό στοιχείο της φωτοευαίσθητης μονάδας καταγραφής, που και στην

περίπτωση αυτή ονομάζεται pixel, μπορούμε να το δούμε σαν ένα μίνι-φωτόμετρο που μετράει την ένταση του φωτός που πέφτει πάνω στην μικρή επιφάνειά του. Μπορούμε πολύ ελεύθερα, να φανταστούμε αυτά τα φωτοευαίσθητα στοιχεία σαν κάτι αντίστοιχο του κόκκου στα συμβατικά φιλμ. Η διαδικασία ψηφιοποίησης που είδαμε παραπάνω, εκτελείται μέσα από μια σειρά ενεργειών όπου το κάθε φωτοευαίσθητο στοιχείο παράγει αρχικά ένα ηλεκτρικό φορτίο που μετατρέπεται σε ένα επίπεδο ηλεκτρικής τάσεως ανάλογο με την ένταση του φωτός που προσπίπτει σε αυτό σε μια διάρκεια χρόνου. Η τάση αυτή μετατρέπεται και αντιστοιχίζεται σε μία δυαδική τιμή από ένα μετατροπέα (ADC Analog to Digital Converter) και αποθηκεύεται σε μια κατάλληλη μονάδα μνήμης. Όταν έχουν καταγραφεί δυαδικές αξίες έντασης από όλα τα φωτοευαίσθητα στοιχεία, η ψηφιοποίηση της εικόνας έχει ολοκληρωθεί.

Για την σύλληψη μιάς ασπρόμαυρης εικόνας, 1 φωτοευαίσθητο στοιχείο δημιουργεί 1 pixel ψηφιακής εικόνας, καταγράφοντας διαβαθμίσεις ανάμεσα στο λευκό και το μαύρο.

Για την σύλληψη μιάς έγχρωμης εικόνας, ο μέχρι σήμερα δεδομένος τρόπος ψηφιοποίησης ήταν να χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας με πλέγμα πολλαπλών μικρών μονοχρωματικών αισθητήρων για να δημιουργήσει κάθε ένα έγχρωμο pixel. Με βάση ένα τέτοιο αισθητήρα, για να απεικονιστεί μια έγχρωμη εικόνα είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν ομάδες από τέσσερα pixels με ειδικό φιλτράρισμα για κάθε ένα αισθητήρα, ώστε να αποτυπωθούν τα τρία χρώματα (R,G,B). Επομένως η πραγματική ανάλυση σε pixels είναι το ένα τέταρτο των συνολικών αισθητήρων καθώς ανά τέσσερα μας δίνουν ένα έγχρωμο πραγματικό pixel (Σχήμα 13).



Σχήμα 13

Η διάταξη χρωματικής αναγνώρισης σε μια ομάδα pixels που καταγράφουν τιμές RGB

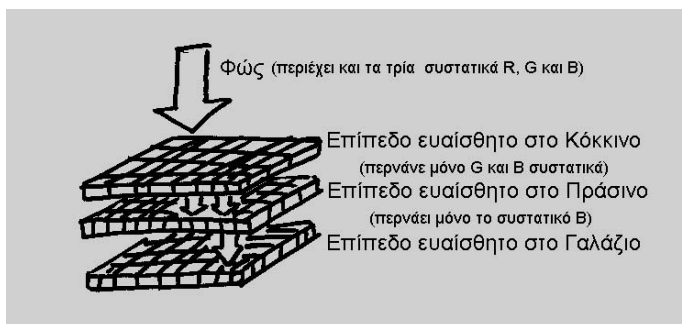
- Το ανθρώπινο μάτι είναι πιο ευαίσθητο στο πράσινο και γι' αυτό επιλέχθηκε να χρησιμοποιούνται δύο Pixels για το πράσινο για κάθε ένα B & R. (Bayer Pattern).

Στην πράξη βέβαια και με βάση τις μετρήσεις από γειτονικά φωτοευαίσθητα στοιχεία, χρησιμοποιούνται πολύπλοκοι αλγόριθμοι για να συμπληρώνονται για κάθε pixel οι δύο τιμές για τα συστατικά χρώματος που δεν μετρώνται απευθείας. Σε ένα «Γαλάζιο» στοιχείο, για το οποίο μετρήσαμε απευθείας την ένταση του Γαλάζιου χρώματος, “υπολογίζονται” από τις μετρήσεις των

γειτονικών Κόκκινων και Πράσινων εικονοστοιχείων, οι τιμές που “θα πρέπει” ή “περιμένουμε” να έχει το εικονοστοιχείο αυτό στα δύο συστατικά χρώματα που δεν μετρήσαμε απευθείας. Οι αλγόριθμοι είναι εξαιρετικά πολύπλοκοι και στην ουσία ελέγχουν πολύ πέρα από τα άμεσα γειτονικά στοιχεία. Παρόλα αυτά, και για λόγους διατήρησης της πιστότητας καταγραφής, ο συνολικός αριθμός από φωτοευαίσθητα εικονοστοιχεία δεν θα έπρεπε να αντιστοιχεί στην τελική ουσιαστική ανάλυση σε Pixels της ψηφιακής εικόνας.

Τα παραπάνω μπορεί να ακούγονται κάπως τρομακτικά αλλά ας μην ξεχνάμε την πρακτική πλευρά των αριθμών. Σε πρόσφατες τεχνολογίες έχουμε δει για παράδειγμα CMOS αισθητήρες με ενεργή επιφάνεια πραγματικά 24x36mm (ταυτόσημη με το φιλμ 35mm) με 11 εκατομμύρια ενεργά στοιχεία. Αν κάνετε ένα απλό υπολογισμό θα δείτε πως ο αριθμός από στοιχεία ανά mm είναι πραγματικά εξαιρετικά μεγάλοι. Εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής μας αν η προσφερόμενη ακρίβεια είναι αρκετή ή όχι. Με μερικούς απλούς υπολογισμούς είναι εύκολο να αξιολογούμε με βάση τα πραγματικά δεδομένα και να μην μένουμε δέσμιοι των αριθμών.

Τελευταία έχουν παρουσιαστεί και άλλες προσεγγίσεις στον τρόπο αναγνώρισης και καταγραφής του χρώματος με πιο πρόσφατο τον αισθητήρα Foveon που ακολουθεί παρόμοιο τρόπο αναγνώρισης με το συμβατικό φιλμ. Σε ένα αισθητήρα Foveon, αντί να χρησιμοποιούνται τέσσερα γειτονικά εικονοστοιχεία για να καταγραφεί το χρώμα σε ένα pixel, χρησιμοποιούνται τέσσερα επίπεδα φωτοευαίσθητων πλεγμάτων, κάθε ένα ευαίσθητο σε ένα χρώμα, τα οποία καταγράφουν την πληροφορία R, G και B (Σχήμα 14). Οι αισθητήρες Foveon είναι πολλά υποσχόμενοι αλλά προς το παρόν δεν έχουν βρει ευρεία εφαρμογή, λόγω και του νεαρού της ηλικίας τους. Προσφέρουν πάντως ένα σημαντικό πλεονέκτημα καθώς ο συνολικός αριθμός αισθητήρων κάθε επιπέδου αντιστοιχεί και στην τελική ανάλυση της ψηφιακής εικόνας.



Σχήμα 14
Τυπική διάταξη αισθητήρα τύπου Foveon

Οι συσκευές ψηφιοποίησης συνήθως κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες που είναι οι Σαρωτές (Scanners) και οι ψηφιακές μηχανές λήψης (Digital Capture Cameras ή πιο απλά Digital Cameras). Ο διαχωρισμός τους δεν βασίζεται τόσο στην τεχνολογία που χρησιμοποιούν για την ψηφιοποίηση όσο στον τρόπο με τον οποίο καταγράφουν την αξία των Pixels. Και στις δύο περιπτώσεις, ισχύει ότι είπαμε σχετικά με το πλέγμα και την διαίρεση μιάς εικόνας σε βασικά στοιχεία που θα αντιστοιχιστούν σε pixels. Μια κάπως ειδική υποκατηγορία, τις ψηφιακές πλάτες, θα τις δούμε χωριστά.

3.8.1 Σαρωτές (Scanners)

Ενας Scanner λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με τα φωτοτυπικά: Υπάρχει δηλαδή μια σειρά από φωτοευαίσθητους αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι σε μια διάταξη κατά πλάτος της προς ψηφιοποίηση επιφάνειας (Sensor Array). Οι αισθητήρες αυτοί διαβάζουν τις αξίες έντασης φωτός από τα σημεία που βρίσκονται ακριβώς από κάτω τους, ψηφιοποιώντας με τον τρόπο αυτό μία σειρά από εικονοστοιχεία (pixels). Μόλις ολοκληρωθεί η ανάγνωση της σειράς, ένας μηχανισμός μετακινεί όλη την διάταξη ένα βήμα και οι αισθητήρες διαβάζουν πάλι μία σειρά από εικονοστοιχεία. Η διάταξη κινείται πάλι ένα ακόμα βήμα και η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να καλυφθεί όλο το μήκος της προς ψηφιοποίηση επιφάνειας (Σχήμα 15, αριστερή εικόνα). Η φυσική διάταξη των αισθητήρων δηλαδή σαρώνει την επιφάνεια ψηφιοποίησης, από όπου και το όνομα Σαρωτής που χρησιμοποιούμε για τις συσκευές αυτές.

Ενεργή Επιφάνεια Σάρωσης

Ανάλυση

Η Ανάλυση ενός σαρωτή ορίζεται κατά πλάτος από τον αριθμό των φωτοευαίσθητων αισθητήρων που υπάρχουν στην φυσική διάταξη της συσκευής και κατά μήκος, από τον αριθμό των βημάτων που μπορεί να εκτελέσει ο μηχανισμός κίνησης (οδηγός) της διάταξης αισθητήρων.

Προτεινόμενο είναι να σκανάρουμε στην μέγιστη δυνατή οπτική ανάλυση ενός scanner και αν χρειάζεται μικρότερο μέγεθος να κάνουμε την απαραίτητη μετατροπή στο πρόγραμμα επεξεργασίας. Αυτό έχει σα θετικό αποτέλεσμα τη μείωση του θορύβου που δημιουργούν οι scanners.

Optical Resolution & Interpolated Resolution

Βάθος Χρώματος

Δυναμική Περιοχή

Dynamic Range, Dmin & Dmax

Ταχύτητα Σάρωσης

Θόρυβος

Είδη Σαρωτών

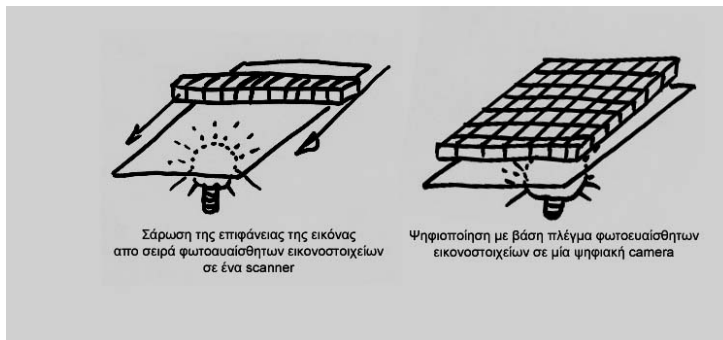
Επιτραπέζιοι Σαρωτές (Flat-Bed)

Σαρωτές Φίλμ και Διαφανειών

Σαρωτές Τυμπάνου (Drum Scanners)

3.8.2 Ψηφιακές Μηχανές Λήψης (Digital Cameras)

Στην περίπτωση μιάς ψηφιακής camera, σε αντίθεση με τους scanners, δεν υπάρχει κινούμενο μέρος από αισθητήρες. Αντίθετα, μια camera διαθέτει ένα ορθογώνιο πλέγμα φωτοευαίσθητων στοιχείων (Σχήμα 15, δεξιά εικόνα).



Σχήμα 15

Η διαφορά στην μέθοδο ψηφιοποίησης ανάμεσα σε μία Camera και ένα Scanner

Τύποι

Area Array, Scanning Linear Array, Scanning Area Array.

Ανάλυση

Η ανάλυση μιας camera καθορίζεται από τον αριθμό οριζοντίων επί τον αριθμό καθέτων φωτοευαίσθητων στοιχείων.

Ποιότητα Εικόνας

Εικονοστοιχεία και κόκκος

Συμπίεση

Θόρυβος

Δυναμική Περιοχή

Ακρίβεια Χρώματος

Τρόποι Σύνδεσης με Υπολογιστές

Σειριακός, Παράλληλος, SCSI, USB, FireWire (IEEE1394)

3.8.3 Ψηφιακές Πλάτες Λήψης (Digital Scanning Backs)

Μια ειδική περίπτωση είναι οι Ψηφιακές Πλάτες (Digital Scanning Backs) τα παραπάνω δεν είναι ακριβώς έτσι και υπάρχουν πολλές περιπτώσεις που έχουμε μεγάλες ομοιότητες με τον τρόπο σάρωσης των scanners.

3.8.4 Scanning

3.8.4.1 Reflective = Transmissive

Το scanning διαχωρίζεται σε σκανάρισμα φωτογραφιών στις οποίες το φως προσπίπτει στην φωτογραφία και αντανακλάται και διαφανειών όπου το φως διαπερνά το υλικό για να φτάσει στο scanner.

- Το resolution ΔΕΝ είναι πανάκεια.
Optical και interpolated . Μόνο η optical έχει πρακτική σημασία και αξία.
- Δυναμική περιοχή (Dynamic range). Απόδοση στην αντίθεση (contrast)

Highlights και shadows. Logarithmic scale 0-4 ή διαφορά ανάμεσα σε pure white και pure blue.

Η ικανότητα καταγραφής λεπτομέρειας σε μεγάλο εύρος τόνων από βαθιές σκιές μέχρι φωτεινά σημεία μιας εικόνας.

Πιο σημαντικό και κρίσιμο χαρακτηριστικό που δεν είναι πάντα διαθέσιμο από τον κατασκευαστή.

Η δυναμική περιοχή συσχετίζεται με το εύρος δυναμικής περιοχής των πρωτοτύπων που μετρείται η λογαριθμική κλίμακα και συνήθως έχει τιμή ≈ 3.6 , με μέγιστο το 4:

(ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ)

➤ Bit depth

Η ιδιαίτερη σημασία του Bit Depth φαίνεται όταν σκανάρουμε πρωτότυπα με μικρό εύρος τόνων (π.χ. αρνητικά) τα οποία χρειάζεται κατόπιν να διευρύνουμε για να διατηρήσουμε ομαλή διαβάθμιση τόνων.

Ένας scanner που μπορεί να καταγράψει ψηλότερο Bit Depth σημαίνει πως καταγράφει περισσότερα ενδιάμεσα επίπεδα τόνων.

➤ Speed

Digital Cameras

Chip architectures

Όσο μεγαλύτερο το D.R. τόσο περισσότερα τα επίπεδα διαβάθμισης από Λευκό σε Μαύρο. Ένα 24bit scanner μπορεί να έχει DR = 2.4. Ένα Drum scanner = 4.

Για 35mm slide: min DR: 3.2, 1500 steps από Λευκό σε Μαύρο.

Για τυπωμένη έγχρωμη Φωτογραφία, αρκεί DR 2.5 ή 316 επίπεδα από Λευκό σε Μαύρο.

BitDepth: 8bit/pix/color, Δηλαδή 24bit είναι πλέον το ελάχιστο standard. Αυτό δίνει $256 \times 256 \times 256 = 16.7\text{mil shades}$

3.8.4.2 Χρώμα & Contrast

Artwork: λιγότερο πρόβλημα

Continuous colour: χάνεται πληροφορία

Πρέπει πάντα να θυμόμαστε πως ΔΕΝ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΠΡΟΣΘΕΣΟΥΜΕ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΤΟ ΑΡΧΕΙΟ.

Χαρακτηριστικά που πρέπει να συνδυάζονται για καλή ποιότητα:

- ditdepth (ελάχιστο 8 bit/per pix/colour δηλαδή 24bit. Προτιμότερα τα 12 ή 16 bit/per pix/colour)
- color depth (24bit ή 42 bit)
- dynamic range (όσο πιο κοντά στο 4)

TWAIN (Technology without an interesting name): Software protocol για σύνδεση camera/scanner με PC/MAC. Παγκόσμιο standard που επιτρέπει απρόσκοπτη επικοινωνία συσκευών ανεξάρτητα κατασκευαστή.

Καθορίζει:

- scan resolution
- brightness
- contrast
- sharpening

Μικρή παρένθεση που αφορά την περίπτωση του Video Capture:

VGA: 640 X 480pix

CIF: 352 X 288pix

Screen grab: για web horn ΟΧΙ 24BIT

256 Color: 640 x 480 takes 85% μέγεθος

3.9 Τελικός Προορισμός – Output.

Η ψηφιακή επεξεργασία σε μια εικόνα εκτελείται πάντα με δεδομένο τελικό σκοπό χρησιμοποίησης της. Ο τελικός προορισμός μίας εικόνας αποτελεί σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει αποφάσεις και επιλογές που έχουν να κάνουν με όλη την αλυσίδα επεξεργασίας. Σαν προϊόν εξόδου πρέπει να διαχωρίσουμε τα:

- **Τελικό προϊόν**, το προϊόν στο οποίο η διαδικασία όχι μόνο τελειώνει αλλά και η ίδια η αλυσίδα επεξεργασίας και χειρισμού του προϊόντος τελειώνει. Πχ, μια αφίσα, μια τυπωμένη φωτογραφία σε σελίδα περιοδικού, βιβλίου κλπ.
- **Δοκίμιο (proof)**, ένα ενδιάμεσο προϊόν εξόδου, που έχει σα σκοπό τον ποιοτικό έλεγχο του αποτελέσματος της επεξεργασία ή πιθανόν αποτελεί το τελικό στάδιο παράδοσης του προϊόντος από ένα συνεργάτη στον επόμενο που θα συνεχίσει τη διαδικασία. Παράδειγμα, ένα proof, μια εκτύπωση όσο πιο κοντά στο τελικό προϊόν είναι εφικτό που συνοδεύει ένα CD με την τελική εικόνα προς το ειδικό τυπογραφείο στο οποίο θα γίνει η ένθεση μίας εικόνας σε μια σελίδα περιοδικού.

Όταν αναφερόμαστε στην αξιολόγηση προϊόντων εξόδου είναι απαραίτητο να έχουμε υπόψη μας πως η “τέλεια απόδοση” πρέπει να συνδυάζεται με την “βέλτιστη απόδοση” όπως αυτή εφαρμόζεται στην ορισμένη συσκευή εξόδου και για την δεδομένη εφαρμογή. Για κάθε διαφορετικό είδος τελικού προϊόντος, διαφορετικοί παράγοντες οδηγούν στο “βέλτιστο προϊόν”. Δεν είναι οι απαιτήσεις μίας υπερπολυτελούς έκδοσης οι ίδιες με εκείνες της εκτύπωσης μίας εικόνας σε οικιακό desktop printer.

ΚΑΝΟΝΑΣ: Να διαχειριζόμαστε ΑΚΡΙΒΩΣ τόσο πληροφορία όσο είναι απαραίτητη για κάθε εφαρμογή. Σαν αποτέλεσμα, αναλύοντας τις ειδικές απαιτήσεις και χαρακτηριστικά μίας χρήσης ης εικόνας μας πρέπει εξ αρχής να επιλέγουμε κατάλληλες τιμές για τα παρακάτω:

- Output resolution,
- Μέγεθος αρχείου, τόσο σε φυσικές διαστάσεις παρουσίασης / εκτύπωσης (Xcm x Ycm) αλλά και σε μέγεθος αποθήκευσης (MB),
- Βάθος χρώματος (8, 12, 16, 24, 36, 48bit)

Όλα τα παραπάνω καθορίζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος αλλά πάντα πρέπει να ευθυγραμμίζονται με την τελική χρήση.

Εξετάζοντας προσεκτικά τις απαιτήσεις της εξόδου μπορούμε να επιλέξουμε τις τιμές εκείνες που θα μας επιτρέψουν την σωστή επεξεργασία ενός αρχείου από την ίδια την είσοδο του στην αλυσίδα επεξεργασίας.

Επίσης είναι απαραίτητο πάντα να έχουμε υπόψη μας πως υπάρχουν δεδομένες Χρωματικές Διαφορές ανάμεσα στην εικόνα που βλέπουμε στο monitor του Η/Υ που είναι RGB και την τελική εκτυπωμένη εικόνα που είναι προϊόν εκτύπωσης σε τετραχρωμία CMYK. Η σχέση των χρωμάτων διατηρείται μέσα από τη χρήση των λεγομένων χρωματικών προφίλ (περισσότερα παρακάτω). Αποφάσεις που λαμβάνονται μόνο με βάση την εικόνα στο Monitor μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρά λάθη. Ενώ είναι εύκολο να απορρίψουμε μία κακή εκτύπωση σε ένα inkjet και να ξανατυπώσουμε την εικόνα, δεν είναι το ίδιο απλό αν το λάθος έγινε στην εκτύπωση ενός βιβλίου ή περιοδικού, ιδιαίτερα όταν έχουν εκτυπωθεί ήδη μερικές εκατοντάδες ή χιλιάδες αντίτυπα.

Inkjets: Χρησιμοποιούν σταθερό μέγεθος στιγμής ή σημείου (dot size) και μεταβάλλουν την πυκνότητα (συχνότητα) με την οποία τοποθετούνται τα σημεία αυτά πάνω στο χαρτί για να δημιουργηθεί η αίσθηση του χρώματος (Frequency modulation). Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση αυτή που είναι μια στοχαστική (stochastic) διεργασία, οι inkjet εκτυπωτές πετυχαίνουν πολύ υψηλή ποιότητα εκτύπωσης, χωρίς ορατό πλέγμα Half-Tone και με κατά πολύ μικρότερο όγκο πληροφορίας (μικρότερα αρχεία).

Οι λιθογραφικές συσκευές offset εκτυπώνουν σημεία με δεδομένη προαποφασισμένη πυκνότητα μεταβάλλοντας το μέγεθος (πλάτος) του κάθε

σημείου (Amplitude Modulation), ώστε να δημιουργούνται διαφορετικές αποχρώσεις και τόνοι. Το Half-Tone πλέγμα, ή raster είναι πάντα ορατό σε εκτυπώσεις του τύπου αυτού, όσο μικρό και αν είναι.

3.9.1 Desktop.

Inkjet

Continuous Tone

(Inkjet, laser, thermal, dye sublimation)

- Ψηλή ποιότητα
- Σύγχυση για το πραγματικό print resolution

Για inkjet, μας ενδιαφέρει η αντιστοίχιση της ανάλυσης scanning (ppi) με εκείνη του τελικού εκτυπωτή (dpi). Με την προϋπόθεση πως το αρχείο μας διαθέτει τα απαραίτητα pixels για να τυπώσει στην απαιτούμενη διάσταση, με εκτυπώσεις με πραγματική ανάλυση εκτύπωσης από 150dpi – 200dpi και πάνω, παίρνουμε αποτελέσματα που είναι ικανοποιητικά ιδιαίτερα αν τα βλέπουμε από κάποια απόσταση. Τα 300dpi για πολλούς είναι ένα standard ασφάλειας για καλή ποιότητα εκτύπωσης κάτω από τις περισσότερες συνθήκες.

- Η διαφορά ενός αρχείου που έχει δημιουργηθεί στα 200ppi με ένα 300ppi είναι 1 προς 2 σε MB οπότε πρέπει να το σκεφτόμαστε προσεκτικά κάθε φορά που επιλέγουμε μεγαλύτερα resolutions.
- Πάντα πρέπει να έχουμε στο μυαλό μας πως η σχέση Dpi/ppi μας δίνει την τελική μεγέθυνση μίας εκτύπωσης από το αρχικό υλικό όπως παρουσιάστηκε στις προηγούμενες σελίδες (π.χ. αρχείο σκαναρισμένο σε 200ppi αν τυπωθεί σε 100DPI δίνει διπλάσιο φυσικό μέγεθος σε cm).

Dithering: Αντί για 1 Dot για κάθε Pixel το Dithering δημιουργεί πολλά dots στον χώρο ενός Pixel τα οποία στην ουσία μπλέκονται μεταξύ τους για να πετύχει το επιθυμητό χρώμα.

Π.χ. Σε μία εικόνα των 200ppi σε ένα εκτυπωτή των 1200 X 1200dpi έχουμε 36 dots για κάθε pixel. Για να αποφευχθεί η δημιουργία επαναλαμβανόμενων γεωμετρικών σχεδίων στα οποία το ανθρώπινο μάτι είναι εξαιρετικά ευαίσθητο, τα πολλαπλά dots ανά pixel δεν τυπώνονται σε τετραγωνική διάταξη αλλά σε μια ειδική διάταξη που ονομάζεται Rosette και που δημιουργεί την εντύπωση τυχαίας διάταξης.

Αποτέλεσμα του dithering είναι περιορισμός του aliasing δηλαδή: Anti-aliased εικόνες.

Στην τελική ποιότητα εκτύπωσης ρόλο σημαντικό παίζουν επίσης:

-
- **Printer Color Management:** Η χρήση του σωστού ICC Profile επιτρέπει πιστή αναπαραγωγή χρωμάτων στην εκτύπωση.
 - **Είδος χαρτιού.** Υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάλογα με το τι είδος, ποιότητα, πάχος (βάρος) χαρτιού χρησιμοποιείται ακόμα και σε διαφορετικά χαρτιά από τον ίδιο κατασκευαστή.
 - **Έλεγχος ποιότητας με βάση την σωστή ισοστάθμιση του λεγόμενου Four Color Black** οδηγεί σε ποιοτικές εκτυπώσεις. Οι λόγοι είναι:
 - 1) Περισσότερα dots πάνω στην σελίδα.
 - 2) Αν το 4 color black είναι OK, τότε Color Image τέλειο και δεν υπάρχουν γενικές αποχρώσεις. Όλα τα χρώματα σε perfect balance για 4 color black.
 - 3) Duo tones και tri-tones. Black & Green Black & Green & Blue.

3.9.2 Εκτυπώσεις σε χαρτί ή Film.

- ❖ Η ανάλυση μίας τυπωμένης φωτογραφίας είναι σχεδόν πάντα περιορισμένη. Επομένως για το scanning μίας φωτογραφίας συνήθως είναι ικανοποιητικές σχετικά περιορισμένες δυνατότητες από τους scanners. Για παράδειγμα, αν χρησιμοποιείται ένας beam scanner αρκούν 133ppi ενώ για LED scanner συνήθως αρκούν τα 150 ppi.
 - Το σωστό Color Management με ICC Profiles πάντα οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα χρωματικής ακρίβειας.
- ❖ Για scanning διαφανειών (slide) απαιτούνται σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις από τους scanners, όπως είναι τα 2800ppi – 3000ppi για τα 35mm. Πάντως, πάνω από τα 3500ppi έχουμε λίγα οφέλη για slides αυτού του μεγέθους.

3.9.3 Λιθογραφική (offset) Εκτύπωση.

Περιοδικά: Χρησιμοποιούν πάντα CMYK. Τυπώνονται σε δομημένη διάταξη σελίδων σε τμήματα:

100 page magazine

3 x 32 pages τμήματα (3-98p)

1 x 4 page sections (cover) (1,2,99,100)

- Ένα φιλμ για κάθε χρώμα (4: CMYK)
- Half tone: Dots διαφορετικού μεγέθους
- Rosette, διάταξη των dots σε ένα δεδομένο pattern με στόχο να αποφεύγεται η δημιουργία γεωμετρικών συμμετρικών σχημάτων.

-
- Dot Gain: άπλωμα του κάθε Dot πάνω στο χαρτί σε μεγαλύτερο εμβαδόν από το σχεδιαζόμενο.
 - Register: Η απόλυτη σύμπτωση των τεσσάρων φιλμ είναι απαραίτητη διαφορετικά θα ξεχωρίζουν τα διαφορετικά βασικά χρώματα και το αποτέλεσμα θα είναι φτωχό.
 - Σωστό color mode, ανάλογα με την πηγή της φωτογραφίας.
 - Q factor *
 - Gamut washing (Photoshop)

Συνήθως δεν χρησιμοποιείται dithering στην εκτύπωση καθώς η τεχνική του half toning δεν το επιτρέπει.

- * Q factor:

Το Image resolution πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το line resolution (print resolution) κατά ένα βαθμό που ονομάζεται Q για να αποφεύγεται η δημιουργία προβλημάτων και η απώλεια πληροφορίας. Το Q συνήθως και με αρκετά πρακτικό τρόπο ορίζεται συνήθως σε 1,5-2, ανάλογα με την εφαρμογή:

Εφημερίδες: 72lpi, Q=2, min file resolution:144ppi

Magazines, Glossy paper, 133lpi, Q=2, file resolution: 266ppi και πάνω

Ας σημειωθεί πως για να είναι εφικτά τα παρακάτω πρέπει τα αρχικά αρχεία να το επιτρέπουν. Παράδειγμα: Για εκτύπωση στα 150lpi με Q=2, χρειαζόμαστε αρχικό file: 300ppi.

Φυλλάδια και Brochures συνήθως εκτυπώνονται στα 200lpi, 250lpi οπότε χρειαζόμαστε scanning στα 400ppi, 500ppi

3.9.4 Χρωματική επεξεργασία και Ρυθμίσεις.

Η σωστή επιλογή color space εξασφαλίζει όχι μόνο εκτύπωση που είναι πιστή στα αρχικά χρώματα μίας εικόνας αλλά επιπλέον εξασφαλίζει πώς όλα τα χρώματα είναι μέσα στο διαθέσιμο εύρος της εκτυπωτικής συσκευής στην οποία στέλνουμε το αρχείο.

Μια αρχική επιλογή είναι να αποφεύγουμε το sRGB εκτός και αν έχουμε σαν τελικό προορισμό το web ή το monitor.

-Από την έκδοση Photoshop 5 και μετά υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του AdobeRGB98 που δίνει ευρύτερη γκάμα χρωμάτων και είναι κοινό για MACC/PC επιτρέποντας χρήση και των δύο συστημάτων με ικανοποιητικά και πιστά αποτελέσματα.

3.9.5 Ψηφιακή εικόνα και φωτογραφίες στο Web.

Πρέπει πάντα να θυμόμαστε στο web πως "less is more"

Προτιμώμενο είδος συμπίεσης είναι Gif αν και το Jpeg (Compression) κερδίζει έδαφος λόγω των μικρότερων μεγεθών αρχείων και της καλύτερης ποιότητας σε ανάλογα μεγέθη αρχείων.

Σε περίπτωση που δεν θέλουμε να χάνεται πληροφορία μπορούμε να επιλέξουμε κάποιο από τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούν συμπίεση με LZW που είναι loss less compression

Ένας υπολογισμός των ζητούμενων φυσικών μεγεθών παρουσίασης σε pixels είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό μεγέθους εικόνας εισόδου.

3.10 Μεγέθη και Φυσικές Διαστάσεις.

Αρχικά, χρήσιμα μεγέθη είναι αντιστοιχίες cm προς inch δηλαδή:

$$\begin{aligned} 1 \text{ cm} &= 0,393 \text{ inches} \\ 1 \text{ inch} &= 2,54 \text{ cm} \end{aligned}$$

Οι μονάδες PPI και DPI συσχετίζονται για να μας οδηγήσουν από το φυσικό μέγεθος πηγής (π.χ. το φυσικό μέγεθος μίας φωτογραφικής διαφάνειας ή αρνητικού) στο επιθυμητό φυσικό μέγεθος τελικού προϊόντος (π.χ. η εκτυπωμένη φωτογραφία, μια αφίσα κλπ).

Ένας scanner των 1000PPI δημιουργεί 1000pixels για κάθε ίντσα φυσικού μεγέθους πηγής που ψηφιοποιείται.

Ένας εκτυπωτής των 300 DPI τυπώνει 300 σημεία σε κάθε φυσική ίντσα κάθε διάστασης.

Μπορούμε να δούμε τα pixels σαν πλακάκια και το τελικό μέγεθος εκτύπωσης σαν ένα πάτωμα που θέλουμε να καλύψουμε με τα πλακάκια.

Αν έχουμε ένα πάτωμα 10x10 cm και πλακάκια 1x1cm, τότε, χρειαζόμαστε 100 πλακάκια για να «γεμίσουμε» το διαθέσιμο πάτωμα. Η πυκνότητα τοποθέτησης είναι 1 πλακάκι ανά cm (ή 2,54 πλακάκια ανα ίντσα που αντιστοιχεί στο DPI). Αν όμως αποφασίσουμε να τοποθετήσουμε τα πλακάκια με συχνότητα 0,5 πλακάκια ανά cm (1,27 πλακάκια ανα ίντσα), τότε με τα 100 πλακάκια που διαθέτουμε θα καλύψουμε μια επιφάνεια 20x10cm άσχετα αν υπάρχει πολύς κενός χώρος ανάμεσα στο κάθε πλακάκι και τα διπλανά του. Η οπτική ποιότητα του πατώματος φυσικά θα είναι χειρότερη, εκτός και αν το βλέπουμε από κάποια μεγάλη απόσταση (πχ από τον πέμπτο όροφο) οπότε οι ορατές διαφορές θα είναι μηδαμινές. Με όμοιο τρόπο, αν έχουμε όχι 100 αλλά 50 πλακάκια, δεν επαρκούν για κάλυψη της επιφάνειας 10x10 με πυκνότητα 1πλακ/cm (καλύπτουν 10X5cm)

Συνεπώς, επιστρέφοντας πίσω στην εικόνα μας:

Μια εικόνα των 300PPI αρχικού φυσικού μεγέθους 1x1 ίντσες, θα τυπωθεί σε ένα εκτυπωτή των 300DPI σε τελικό φυσικό μέγεθος 1x1 ίντσες.

Μια εικόνα των 600PPI αρχικού φυσικού μεγέθους 1x1 ίντσες, θα τυπωθεί σε ένα εκτυπωτή των 300DPI σε τελικό φυσικό μέγεθος 2x2 ίντσες.

Μια εικόνα των 150PPI αρχικού φυσικού μεγέθους 1x1 ίντσες, θα τυπωθεί σε ένα εκτυπωτή των 300DPI σε τελικό φυσικό μέγεθος 0,5x0,5 ίντσες.

Από το παραπάνω απλό παράδειγμα αρχίζει να γίνεται προφανές πως η τελική χρήση μίας εικόνας και η συσκευή εξόδου είναι το βασικό στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για να αποφασιστεί ποιο είναι το σωστό (ικανοποιητικό) μέγεθος στο οποίο πρέπει να ψηφιοποιηθεί μια εικόνα.

3.10.1 Εκτύπωση σε δεδομένο Φυσικό Μέγεθος

Αν για παράδειγμα θέλουμε μια εικόνα με τελικό φυσικό μέγεθος 20x25 ίντσες, η οποία θα τυπωθεί από ένα εκτυπωτή των 300 DPI και το αρχικό υλικό μας είναι μια διαφάνεια ας πούμε 1,5x1,5 ίντσες. Για να αποφασίσουμε ποια είναι η σωστή ποιότητα ψηφιοποίησης, διαλέγουμε τη μεγαλύτερη διάσταση του τελικού προϊόντος (25 ίντσες). Στις 25 ίντσες αυτές, με 300 σημεία σε κάθε ίντσα (DPI), χρειαζόμαστε $25 \times 300 = 7,500 \text{ dots}$. Για να πάρουμε τα σημεία αυτά από τη συσκευή ψηφιοποίησης, αυτή είναι απαραίτητο να διαθέτει τουλάχιστον μια ανάλυση του επιπέδου των: $7,500 / 1,5 = 5000 \text{ PPI}$.

3.10.2 Εκτύπωση από αρχείο δεδομένου μεγέθους

3.10.3 Εκτύπωση σε δεδομένη ανάλυση

Αντίστροφα τώρα για καλύτερη κατανόηση, ψηφιοποιώντας στα 5000PPI ένα αρνητικό των 1,5x1,5 ιντσών, παίρνουμε ένα αρχείο των $5000 \times 1,5 = 7500 \text{ pixels}$. Δηλαδή θα έχουμε ένα αρχείο των $7,500 \times 7,500 \text{ pixels}$.

Αν τυπώσουμε το αρχείο σε ένα εκτυπωτή των 300DPI, τότε το τελικό φυσικό μέγεθος που θα πάρουμε θα είναι $7,500 / 300 = 25$ ίντσες σε κάθε διάσταση επομένως θα έχουμε μια εκτύπωση μέγιστου μεγέθους 25x25 ιντσών.

Μέγεθος Αρχείου από scanner σε Pixels = (ανάλυση του scanner σε PPI) x (οριζόντιο φυσικό μέγεθος αρχείου, x) x (ανάλυση του scanner σε PPI) x (κάθετο φυσικό μέγεθος αρχείου, y).

Τελικό φυσικό μέγεθος εκτύπωσης σε ίντσες:

Αν το αρχείο έχει συνολικά A pixels, για να αποφασίσουμε τις διαστάσεις εκτύπωσης πρέπει να ξέρουμε και τη σχέση ύψους προς πλάτος της εικόνας, το λεγόμενο **aspect ratio**:

Τότε αν $a = x/y = 3/2$, μπορούμε να βρούμε πόσα pixels είναι κάθε διάσταση με τον τύπο,

$X = \text{τετραγωνική ρίζα του } (a \cdot A)$ και $y = \text{τετραγωνική ρίζα του } ((1/a) \cdot A)$

Διάσταση x = (αριθμός pixels στην οριζόντια διάσταση) / (printer resolution σε Dpi)

Διάσταση y = (αριθμός pixels στην κάθετη διάσταση) / (printer resolution σε Dpi)

Χρήσιμα στοιχεία που πρέπει να ξέρουμε για να χειριζόμαστε αρχεία εικόνας είναι:

1. Ο συνολικός αριθμός από pixels (Pixel count),
2. Το αντιστοιχούν μέγεθος PPI ή DPI ή και τα δύο ανάλογα με το στάδιο επεξεργασίας που βρισκόμαστε (είσοδος ή έξοδος),
3. Η σχέση πλάτους προς ύψος της εικόνας μας, το Aspect ratio ή απλά: Aspect.

Από τα παραπάνω στοιχεία μπορούμε να προσδιορίσουμε όλα όσα μας χρειάζονται σχετικά με τον χειρισμό του αρχείου. Σημειώνουμε πάλι πως τα παραπάνω είναι μόνο ενδείξεις της σχετικής ποιότητας μίας εικόνας και δεν αναφέρονται στην ποιότητα της πληροφορίας που αυτή ενσωματώνει.

3.10.4 Μέγεθι Αρχείων.

Η ανάλυση μίας ψηφιακής εικόνας οδηγεί και σε δεδομένα μεγέθη ψηφιακών αρχείων. Ο τρόπος υπολογισμού, για ασυμπίεστα αρχεία είναι πολύ απλός.

Συνολικός αριθμός pixel X (βάθος χρώματος διαιρούμενο δια 8) = συνολικός αριθμός bytes

Παράδειγμα, μια εικόνα 1200x1200 pixels των 24bit:

Μέγεθος ψηφιακού αρχείου = $1200 \times 1200 \times (24/8) = 2,880,000$ bytes, δηλαδή περίπου 2,8MB

Στην καθημερινή πρακτική, καθώς είναι συνηθισμένο να συναντάμε τιμές σε Mpixels (MegaPixels), ένας εύκολος πρακτικός τρόπος είναι να πολλαπλασιάσουμε τον συνολικό αριθμό από Mpixels με το 3 οπότε και

παίρνουμε περίπου το μέγεθος σε MB. Αν έχουμε για παράδειγμα μια εικόνα των 1,5 εκατ pixels, τότε αυτή θα μας δώσει ένα αρχείο των 4,5MB.

Ας μην ξεχνάμε πάντως πως οι διάφορες τεχνικές συμπίεσης έχουν σαν αποτέλεσμα το τελικό μέγεθος ενός ψηφιακού αρχείου να μην είναι πάντα άμεσα συσχετιζόμενο με την ανάλυσή του σε pixels.

3.11 Διαχείριση Χρώματος.

3.11.1 Τι είναι ένα Σύστημα Διαχείρισης Χρώματος;

Η μεγάλη πρόκληση για την εκτύπωση έγχρωμων εικόνων είναι η αναπαραγωγή χρωμάτων που δείχνουν στο μάτι όσο πιο σωστά γίνεται, σε μια ακολουθία απο συσκευές με μειούμενη ικανότητα απεικόνισης χρωμάτων. Ακόμα και το καλύτερο φωτογραφικό φιλμ δεν μπορεί να καταγράψει το εύρος χρωμάτων που καταγράφει το μάτι. Το monitor ενός υπολογιστή προβάλλει μόνο ένα μικρό τμήμα από τα χρώματα που μπορεί να αποτυπώσει ένα φιλμ και η οποιαδήποτε εκτυπωτική συσκευή αποτυπώνει μόνο ένα μέρος από τα χρώματα που προβάλλει μια οθόνη Η/Υ.

Ένα σύστημα διαχείρισης χρώματος (color management system , CMS) είναι ένα σύνολο από εργαλεία λογισμικού που έχουν στόχο να προσαρμόσουν τις διαφορετικές δυνατότητες χειρισμού χρώματος ανάμεσα σε scanners, monitors, printers, imagesetters, και πιεστήρια εκτύπωσης ώστε να εξασφαλιστεί συνεπής χρωματική απόκριση σε όλη την αλυσίδα χειρισμού της εικόνας. Σε ιδανικές συνθήκες, κάτι τέτοιο θα σήμαινε πως τα χρώματα που βλέπουμε σε ένα monitor θα αντιστοιχούσαν με απόλυτη ακρίβεια στα χρώματα μιας εκτύπωσης. Επιπλέον θα σήμαινε πως διαφορετικές εφαρμογές, monitors και λειτουργικά συστήματα θα απεικόνιζαν χρώματα με απόλυτη συνέπεια.

Ένα σύστημα διαχείρισης χρώματος είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν σχεδιάζονται εκδόσεις για συσκευές εξόδου με μικρό εύρος απεικόνισης χρώματος, όπως πρέσες εκτύπωσης, proofers και desktop printers. Ένα σύστημα διαχείρισης χρώματος αντιστοιχεί τα χρώματα από μια συσκευή με μεγάλο εύρος απεικόνισης χρώματος όπως για παράδειγμα ένα monitor, σε μία μονάδα μικρό εύρος απεικόνισης χρώματος, όπως οι παραπάνω. Κατά συνέπεια, όλα τα χρώματα που παρουσιάζονται στο monitor αντιστοιχούν σε χρώματα που η συσκευή εξόδου έχει την ικανότητα να αναπαράξει.

3.11.2 Η ανάγκη για Διαχείριση Χρώματος

Πρίν από την εμφάνιση των συστημάτων επιτραπέζιων εκδόσεων, οι εξειδικευμένες μονάδες εκτύπωσης χρησιμοποιούσαν τα λεγόμενα κλειστά συστήματα ελέγχου χρώματος. Μέσα από εξαιρετικά πολυσύνθετες διαδικασίες (calibration), όλες οι συσκευές μιάς παραγωγικής μονάδας ρυθμιζόταν κατάλληλα ώστε να εξασφαλίζεται συνέπεια στην χρωματική αναπαραγωγή.

Η ανάπτυξη και εξέλιξη νέων τεχνολογιών σε τομείς όπως η εκτύπωση η βιομηχανία κινηματογράφου και το βίντεο είχαν σαν αποτέλεσμα τα εξειδικευμένα και εξαιρετικά ακριβά συστήματα να χάσουν την κυρίαρχη θέση που είχαν. Η εμφάνιση των επιτραπέζιων εκδόσεων έφερε την ανάπτυξη και εξάπλωση των λεγόμενων Ανοικτών Συστημάτων. Η ροή εργασιών πλέον δεν έμενε μέσα σε ένα κλειστό και ελεγχόμενο περιβάλλον συσκευών του ίδιου κατασκευαστή αλλά περνούσε μέσα από πολλαπλά στάδια, σε πολλές συσκευές διαφόρων κατασκευαστών και συχνά σε διαφορετικές φυσικές εγκαταστάσεις, σε διαφορετικά κτίρια και πόλεις ή ακόμα και χώρες.

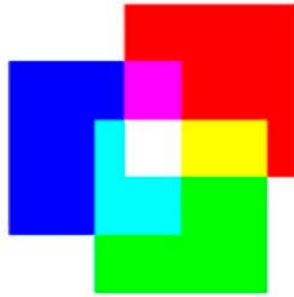
Επειδή κάθε συσκευή αναπαράγει χρώμα με διαφορετικό τρόπο δεν ήταν πλέον αυτονόητο πως το χρώμα στο Monitor θα είχε αντιστοιχία με το χρώμα στην εκτύπωση. Το χρώμα έγινε πλέον εξαρτώμενο από συσκευές (device-dependent). Ένας scanner μεταφράζει μια εικόνα σαν δεδομένες τιμές RGB με βάση τις προδιαγραφές του. Ένα monitor προβάλλει RGB χρώματα με βάση τις δικές του προδιαγραφές. Ένας έγχρωμος επιτραπέζιος εκτυπωτής εκτυπώνει σε CMYK με βάση τις δικές του προδιαγραφές. Και κάθε σύστημα πιεστηρίου εκτυπώνει με βάση διαφορετικές προδιαγραφές (πχ SWOP, TOYO, DIC) και τον τύπο μελανιών που χρησιμοποιούνται.

Έγινε επιτακτική η ανάγκη να δημιουργηθεί ένα σύστημα διαχείρισης χρώματος με βάση ανοικτά πρότυπα, που να μπορεί να επικοινωνήσει πληροφορίες χρώματος με συνέπεια και αξιοπιστία ανάμεσα σε διαφορετικές συσκευές και λειτουργικά συστήματα. Συστήματα Ανοικτής Διαχείρισης επιτρέπουν την προσαρμογή των πληροφοριών ώστε το χρώμα να μεταφέρεται στα στάδια επεξεργασίας ανεξάρτητο από τον τύπο συσκευών που το χειρίζονται.

3.11.3 Στο Χρώμα, WYS δεν αντιστοιχεί σε WYG

Με αρχεία ψηφιακών εικόνων που δίδουν ψηφιακή έξοδο, η αρχή του WYSIWYG (what you see is what you get) σπάνια ισχύει. Ο λόγος που τα χρώματα που βλέπουμε στην οθόνη δεν εκτυπώνονται ακριβώς τα ίδια είναι πολύ απλός και έχει να κάνει με την ουσιαστική διαφορά με την οποία τα monitors και οι εκτυπωτικές συσκευές αναπαράγουν χρώματα.

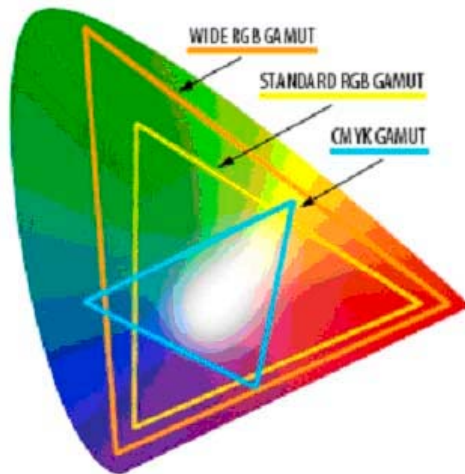
Τα monitors χρησιμοποιούν το σύστημα RGB που όπως είπαμε είναι ένα προσθετικό σύστημα: Προσθέτοντας τα τρία βασικά χρωματικά συστατικά σε πλήρη ένταση παίρνουμε λευκό.



Αντίθετα, οι εκτυπωτικές συσκευές χρησιμοποιούν το σύστημα CMYK, που είναι αφαιρετικό σύστημα: Τα μελάνια εμποδίζουν την αντανάκλαση χρωμάτων και το χρώμα που βλέπουμε είναι στην ουσία αυτό που απομένει μετά τις «αφαιρέσεις» μέσω απορρόφησης. Πλήρεις εντάσεις (στην περίπτωση αυτή, μια και πρόκειται για μελάνια, μπορούμε να μιλήσουμε για πυκνότητα χρώματος), στα βασικά συστατικά, με την υποβοήθηση του καναλιού K, που εμπλουτίζει το μαύρο, μας δίνει μαύρο.



Σημαντικό είναι επίσης να σημειώσουμε πως τα δύο χρωματικά συστήματα έχουν διαφορετικό εύρος χρωμάτων (διαφορετική γκάμα, το λεγόμενο Gamut) που μπορούν να απεικονιστούν.



Σε γενικές γραμμές, τα παράγωγα του συστήματος RGB αναπαράγουν περισσότερα χρώματα από όσα οι εκτυπωτικές συσκευές που χρησιμοποιούν το σύστημα CMYK. Ακόμα και ανάμεσα στα διαφορετικά πρότυπα που βασίζονται στο RGB υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Είναι αναμενόμενο επομένως πως μερικά χρώματα καταγράφει μια ψηφιακή κάμερα και που βλέπουμε στην οθόνη δεν θα είναι δυνατό να εκτυπωθούν με ακρίβεια. Χρώματα που βρίσκονται εκτός της επιτρεπτής περιοχής μίας συσκευής συμπιέζονται σε ανάλογα που είναι επιτρεπτά. Προφανώς είναι δυνατό να έχουμε σαν αποτέλεσμα μια μείωση της ποιότητας της εικόνας που αν μάλιστα δεν μπορέσουμε να την ελέγξουμε θα οδηγήσει σε σημαντική διαφοροποίηση του τελικού από το αρχικό προϊόν.

3.11.4 Χρώμα ανεξάρτητο από συσκευές

Οι διαφοροποιήσεις στο χρώμα που μπορεί να δημιουργηθούν σαν αποτέλεσμα του διαφορετικού τρόπου που οι συσκευές απεικονίζουν τις χρωματικές πληροφορίες που τους δίνουμε μπορούν να ελεγχθούν και να ελαχιστοποιηθούν αν μπορέσουμε να εκφράσουμε τις ίδιες πληροφορίες με ένα τρόπο που είναι κατανοητός σε όλες τις συσκευές και ανεξάρτητος από αυτές. Τα διαθέσιμα χρώματα δηλαδή θα καθοριστούν με μια σειρά από αριθμούς που θα είναι αποδεκτά από όλους.

Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε πως ένα δεδομένο χρώμα είναι το (100,55,30) στο σύστημα A και (111,54,33) στο σύστημα B. Το χρώμα είναι στην ουσία απόλυτα ίδιο αλλά για να αναπαραχθεί από τις δύο παραπάνω συσκευές σωστά, απαιτούνται οι παραπάνω διαφορετικές εντάσεις χρώματος. Αν τώρα αποφασίσουμε πως αυτό το χρώμα στον ανεξάρτητο χρωματικό χώρο Γ έχει τιμές (1105,50,31), είναι εύκολο να δημιουργήσουμε κανόνες μετάφρασης των τιμών του συστήματος Γ στις ανάλογες των συστημάτων A & B. Αν σε κάθε βήμα περνάμε την πληροφορία Γ σε κάθε συσκευή, η τελευταία μπορεί αυτόματα να μεταφράζει την πληροφορία στο

δικό της χρωματικό χώρο, να εκτελεί ότι εργασία απαιτείται, να την μεταφράζει πίσω στο χώρο Γ και να την μεταφέρει στην επόμενη συσκευή. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται σε όλη την αλυσίδα παραγωγής διατηρώντας την ακρίβεια της πληροφορίας.

Αν δημιουργήσουμε ένα Πρότυπο Χρώματος ανεξάρτητο από συσκευές και μια σειρά μεταφραστών από αυτό το πρότυπο στο πρότυπο κάθε συσκευής, μπορούμε να διασφαλίσουμε ακρίβεια στη διαχείριση χρώματος. Το 1976, η Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού (*Commission Internationale de l'Eclairage* ή CIE) δημιούργησε το πρότυπο CIELAB, ένα πρότυπο μέτρησης χρώματος βασισμένο στον τρόπο που το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται τα χρώματα. Η διεθνής βιομηχανία διαχείρισης εικόνας έχει αποδεχτεί το χρωματικό μοντέλο CIELAB σαν το κοινό πρότυπο βάσης για την δημιουργία ενός ανοικτού συστήματος διαχείρισης χρώματος.

3.12 Μοντέλα Διαχείρισης Χρώματος

Κάθε ροή εργασιών που βασίζεται στη διαχείριση χρώματος έχει δύο χαρακτηριστικά:

- Η επεξεργασία των εικόνων γίνεται χρησιμοποιώντας χρωματικά μοντέλα που είναι ανεξάρτητα από συσκευές επεξεργασίας. Το χρησιμοποιούμενο μοντέλο έχει συνήθως μεγαλύτερο εύρος από το αντίστοιχο μοντέλο της συσκευής εξόδου.
- Οι επεξεργασμένες εικόνες αποθηκεύονται με χρωματικές ταυτότητες ή χρωματικά προφίλ που περιέχουν πληροφορίες που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά των συσκευών εισόδου και εξόδου που χρησιμοποιούνται στην αλυσίδα επεξεργασίας – παραγωγής.

Εφαρμόζοντας την παραπάνω τακτική, μια εικόνα μπορεί να αναπαραχθεί σωστά σε κάθε συσκευή διαθέτει το απαραίτητο προφίλ, εφόσον το προφίλ αυτό ενσωματωθεί στην εικόνα.

Σήμερα χρησιμοποιούνται διάφορες προσεγγίσεις και μοντέλα διαχείρισης χρώματος. Το επικρατέστερο είναι το σύστημα που δημιουργήθηκε από τον οργανισμό ICC (International Colour Consortium).

3.12.1 Το Μοντέλο Διαχείρισης Χρώματος ICC

Τρία είναι τα σημεία που χαρακτηρίζουν το Μοντέλο Διαχείρισης Χρώματος ICC:

-
- Ένα πρότυπο χρώματος (colour space) που είναι ανεξάρτητο συσκευών (Χώρος Χρώματος Αναφοράς – Reference Colour Space).
 - Χρωματικά Προφίλ για όλες τις συσκευές που χρησιμοποιούνται και που προσαρμόζουν (μεταφράζουν) τα χαρακτηριστικά απόδοσης χρώματος της κάθε συσκευής στο παραπάνω Reference Colour Space.
 - Μια μονάδα Διαχείρισης Χρώματος (Colour Management Module – CMM), που εκτελεί την μετάφραση των χρωματικών προφίλ και τις εργασίες προσαρμογής των πληροφοριών χρωματικής γκάμας μιάς εικόνας στην χρωματική γκάμα της ορισμένης συσκευής.

Βασική απόφαση στο σχεδιασμό του συστήματος ICC ήταν η ανάθεση της ευθύνης εκτέλεσης μετατροπών χρώματος και χρωματικών χώρων, στο εκάστοτε λειτουργικό σύστημα κάθε συσκευής. Με τον τρόπο αυτό, σε ένα Η/Υ μπορούν να λειτουργούν πολλά εναλλακτικά λογισμικά επεξεργασίας χωρίς να χρειάζεται κάθε ένα να εκτελεί εργασίες προσαρμογής χρώματος καθώς αυτό θα εκτελείται σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος του Η/Υ, το οποίο θα πρέπει να έχει στη διάθεσή του όλα τα απαραίτητα χρωματικά προφίλ για όλες τις χρησιμοποιούμενες περιφερειακές συσκευές εισόδου και εξόδου.

4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

4.1 Ανάλυση και Αξιολόγηση της Εικόνας

Τα βασικά χαρακτηριστικά μίας εικόνας, είναι τα γνωρίσματα εκείνα που μας επιτρέπουν να αξιολογούμε την ποιότητά της με βάση κάποια δεδομένα και να αποφασίζουμε σχετικά με το είδος και το εύρος των επεμβάσεων επεξεργασίας εικόνας που είναι απαραίτητες. Χαρακτηριστικά που συχνά χρησιμοποιούμε για την αξιολόγηση μίας εικόνας είναι:

- Η Φωτεινότητα,
- Η Αντίθεση,
- Η Διαύγεια ή η Ασάφεια,
- Η Ανάλυση ή Χωρική Διακριτικότητα
- Ο Θόρυβος που περιέχει η εικόνα.

Διεθνώς παραμένει πάντα σε εξέλιξη μια μάχη ανάμεσα στον παράγοντα Χρώμα και τον παράγοντα Αντίθεση.

Η πλειοψηφία των θεατών μίας εικόνας δείχνει να αντιλαμβάνεται και να προτιμά την λεπτομέρεια στην εικόνα. Η λεπτομέρεια, όπως αυτή σε πολλές φορές προβάλλεται μέσα από αυξημένη αντίθεση, είναι κατανοητή από όλους. Αντίθετα, το χρώμα είναι σε μεγάλο βαθμό υποκειμενικό.

Η προσαρμοστικότητα που έχει το σύστημα ανθρώπινης όρασης φροντίζει ώστε να εξισοροποιεί τα χρώματα του περιβάλλοντος με καθαρά ψυχολογικό τρόπο, στα χρώματα που «γνωρίζουμε» πως είναι τα σωστά. Σαν αποτέλεσμα, όταν βρεθούμε σε ένα περιβάλλον φωτισμού με διαφορετικά χαρακτηριστικά από το φως ημέρας, το οπτικό μας σύστημα, μέσα σε σύντομο διάστημα προσαρμόζει τα χρώματα ώστε αυτά να δείχνουν «φυσικά» και κανονικά. Για το λόγο αυτό, λευκοί τοίχο κάτω από το φως του ηλίου δείχνουν λευκοί στο μάτι μας ακόμα και κάτω από το φως λάμπας πυράκτωσης ή λάμπας φθορισμού. Το σύστημα όρασής μας αγνοεί τις αποχρώσεις που οι δύο διαφορετικοί φωτισμοί επιβάλλουν στην εικόνα που βλέπουμε και προβάλλει το χρώμα που «γνωρίζουμε» πως είναι το σωστό. Δυστυχώς αυτό έχει αρνητικά αποτελέσματα στην ικανότητα και αξιοπιστία του ματιού να αξιολογεί εικόνες όσον αφορά τη χρωματική τους ισορροπία μίας εικόνας και κάνει την αξιολόγηση της εικόνας με τεχνικό τρόπο απαραίτητη. Η λογική του «δείχνει σωστή στο μάτι» σε πολλές περιπτώσεις ενσωματώνει την επικίνδυνη παγίδα του να «νομίζουμε πως δείχνει σωστή στο μάτι» επειδή απλά «φανταζόμαστε πως δείχνει σωστή».

Η επεξεργασία εικόνας σε υπολογιστή προσφέρει πληθώρα εργαλείων αξιολόγησης της εικόνας και μας επιτρέπει να παρακάμπτουμε και να αποφεύγουμε παρόμοιες παγίδες.

Τα παραπάνω εισάγουν την αμφιλεγόμενη έννοια της Φυσιολογικής Εικόνας. Η έννοια αυτή έχει σαν λογικό επακόλουθο πως το αποτέλεσμα μίας επεξεργασίας σχεδόν πάντα είναι περισσότερο πετυχημένο όσο λιγώτερο γίνεται αντιληπτή η ύπαρξη επεξεργασίας (με την προφανή εξαίρεση των ειδικών τεχνικών που γίνονται συχνά για να είναι ορατά).

Κάθε pixel μίας εικόνας περιέχει ένα αριθμό που περιγράφει την ένταση του ορισμένου pixel. Σε ένα σύστημα τριών χρωμάτων των 24 bit, κάθε χρώμα θα καθορίζεται από ένα αριθμό 8bit και επομένως θα έχει μία τιμή ανάμεσα στο 0 και το 255. Το Μαύρο ορίζεται σαν 0,0,0 και το άσπρο σαν 255,255,255. Το μέσον του εύρους χρωμάτων είναι το 128,128,128 ενώ το κόκκινο είναι 255,0,0 το πράσινο είναι 0,255,0 και το μπλε είναι 0,0,255. Ανάμεσα στο 000 και το 255,255,255 υπάρχουν περίπου 16,7 εκατομμύρια χρωματικές διαβαθμίσεις. Ο αριθμός αυτός είναι και το σύνολο των πληροφοριών που αναφέρεται στο ορισμένο pixel. Η τιμή αυτή καθαυτή αλλά και σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες τιμές γειτονικών ή και απομακρυσμένων pixels επιτρέπει τον χαρακτηρισμό της εικόνας στο σύνολό της και τον καθορισμό των χαρακτηριστικών της όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Η **Φωτεινότητα (Brightness)** είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει το γενικό ποσό φωτός που υπάρχει σε μια εικόνα. Είναι μια αποτύπωση του κατά πόσο μια εικόνα είναι φωτεινή ή σκοτεινή. Μια φωτογραφία που έχει υπό-εκτεθεί έχει χαμηλή φωτεινότητα ενώ αντίθετα μια φωτογραφία που έχει υπερεκταθεί έχει υψηλή φωτεινότητα.

Η **Αντίθεση (Contrast)** μίας εικόνας είναι μια αποτύπωση των διαφορών ανάμεσα στα ακραία pixels, δηλαδή ανάμεσα στο πιο φωτεινό και το πιο σκοτεινό pixel μίας εικόνας. Εικόνες που διαθέτουν μεγάλο εύρος τόνων έχουν μεγάλη αντίθεση (φωτογραφία με κανονική ηλιοφάνεια) ενώ εικόνες με περιορισμένο εύρος τόνων είναι χαμηλής αντίθεσης (φωτογραφία σε ομίχλη). Μια εικόνα έχει φτωχή αντίθεση (είναι χαμηλού contrast) εάν περιέχει τιμές pixel μέσα σε ένα στενό εύρος (μια εικόνα της οποίας τιμές κυμάνθηκαν από 100 έως 140 θα είχε φτωχή αντίθεση). Μια εικόνα έχει καλή αντίθεση (υψηλό contrast) εάν αποτελείται από ένα ευρύ φάσμα τιμών φωτεινότητας που εκτείνεται από το μαύρο μέχρι το λευκό.

Το ποσό της κλίμακας έντασης που αξιοποιείται στην πράξη από μια εικόνα καλείται **δυναμική περιοχή "dynamic range"**. Μια εικόνα με καλή αντίθεση θα έχει ευρεία δυναμική περιοχή. Σε ένα σύστημα των 8bit, υπάρχουν 256 διαθέσιμοι τόνοι του γκρι, από το μαύρο μέχρι το λευκό. Αν μια εικόνα διαθέτει περιορισμένο εύρος τόνων, για παράδειγμα ανάμεσα στο 90 και το 154 (εύρος 64 τόνοι) αυτό στην ουσία είναι ταυτόσημο με μια

εικόνα των 6 bit, καθώς $2^6=64$ διαβαθμίσεις. Σαν αποτέλεσμα έχουμε περιορίσει την δυναμική περιοχή της εικόνας κατά δύο bit.

Η **Καμπύλη γ** είναι μια ένδειξη του ποσοστού σκοτεινών και φωτεινών τόνων που υπάρχουν σε μια εικόνα και ιδιαίτερα του συσχετισμού που προσδιορίζει τους μεσαίους τόνους. Προσφέρει ένα τρόπο να μεταβάλλεται η σχετική φωτεινότητα και αντίθεση μίας εικόνας χωρίς να επηρεάζονται οι ακραίες τιμές και με τον τρόπο αυτό να αποφεύγεται το παραπάνω πρόβλημα.

4.1.1 Αξιολόγηση Εικόνας με το Ιστόγραμμα

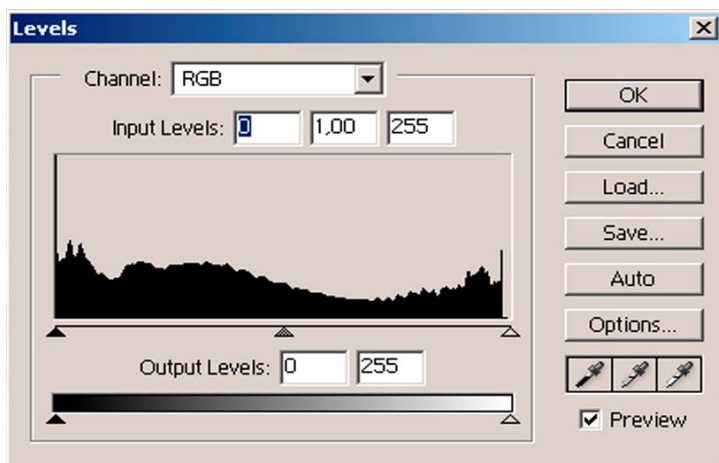
Όλες οι ψηφιακές εικόνες αποτελούνται από ένα πλέγμα εικονοστοιχείων (pixels) που κάθε ένα χαρακτηρίζεται από τη θέση (x,y), την φωτεινότητα και για μια έγχρωμη εικόνα, το χρώμα του. Στην περίπτωση μίας εικόνας 24bit, η φωτεινότητα και το χρώμα εκφράζονται από τον συνδυασμό τριών τιμών έντασης φωτός που αντιστοιχούν στα τρία πρωτεύοντα χρώματα (R,G,B) και που μπορούν να έχουν τιμές από 0 έως 255. Όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές ενός pixel, τόσο πιο φωτεινό θα δείχνει και όσο μικρότερες τόσο πιο σκοτεινό.

Είναι πολύ εύκολο να κάνουμε μια πρώτη και γρήγορη αξιολόγηση της ποιότητας μίας εικόνας τουλάχιστον όσον αφορά τα παραπάνω τεχνικά χαρακτηριστικά της (και σίγουρα όχι την αισθητική της), χρησιμοποιώντας το εξαιρετικά εύχρηστο εργαλείο του ιστογράμματος.

4.1.1.1 Περιγραφή

Το ιστόγραμμα είναι ένα γραφικό εργαλείο που αφενός μας δίνει μια οπτική απεικόνιση της ποιότητας μίας εικόνας αφετέρου μας επιτρέπει μέσα από συνδυασμένες ενέργειες να επεμβούμε στην φωτεινότητα την αντίθεση, την χρωματική ισορροπία και την καμπύλη γ μίας εικόνας. Την χρήση του σαν εργαλείο διόρθωσης και επεξεργασίας θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο. Εδώ θα αντιμετωπίσουμε το Ιστόγραμμα σαν ένα εργαλείο ανάλυσης και αξιολόγησης μίας εικόνας.

Ένα τυπικό ιστόγραμμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 12



Εικόνα 12
Το Ιστόγραμμα

Σε ένα ιστόγραμμα, ο οριζόντιος άξονας (άξονας x) αντιπροσωπεύει την κλίμακα έντασης (0 έως 255 σε ένα σύστημα των 8 bit), και ο κατακόρυφος άξονας (άξονας y) μετρά τον αριθμό από pixels στην εικόνα που έχουν μια ορισμένη αξία έντασης. Σε Gray scale 8 εικόνες, ο άξονας x αντιπροσωπεύει τις τιμές του γκρι από 0 μέχρι 255. Για εικόνες true color, έχουμε τη δυνατότητα να επιλέξουμε ώστε ο άξονας X, να μετράει είτε τη συνδυασμένη φωτεινότητα της εικόνας είτε τα χωριστά κανάλια χρώματός της (π.χ. Κόκκινο ή πράσινο ή μπλε, hue ή saturation ή intensity) όπως θα δούμε παρακάτω.

Στα περισσότερα λογισμικά επεξεργασίας, υπάρχει άμεσο αριθμητικό δείγμα των τιμών Pixels της εικόνας που έχουν επιλεγεί σαν κάτω όριο (μαύρο) άνω όριο (λευκό) και κεντρικό σημείο (ουδέτερο γκρι). Τα pixels μίας εικόνας που έχουν αυτές τις τιμές απεικονίζονται αντίστοιχα σαν μαύρα, λευκά ουδέτερα.

Μας δίνεται επιπλέον η δυνατότητα αντιστοίχισης των ακραίων τιμών (μαύρου & λευκού) με αντίστοιχες τιμές εξόδου. Κάθε συσκευή εξόδου θα αντιστοιχήσει αυτόματα τις τιμές εισόδου στις τιμές εξόδου και να αναπροσαρμόσει όλες τις ενδιάμεσες ανάλογα. Περισσότερα όμως στο κεφάλαιο της Επεξεργασίας.

Το ιστόγραμμα λοιπόν μας δείχνει με γραφικό τρόπο πόσα pixels μίας εικόνας έχουν κάθε τιμή έντασης. Ακόμα και αν υπάρχουν και πόσα pixels με κάποια δεδομένη τιμή έντασης. Δεν μας δείχνει όμως που βρίσκονται τα pixels αυτά μέσα στην εικόνα.

Μέσα από τις παραπάνω πληροφορίες, το ιστόγραμμα μας παρουσιάζει άμεσα και γραφικά ποιο είδος ανεπαρκειών φωτεινότητας ή αντίθεσης

μπορεί να υπάρχουν σε μια εικόνα. Για την ανάλυση και αξιολόγηση της εικόνας, ας δούμε αρχικά το ιστόγραμμα με περισσότερες λεπτομέρειες.

Αρχικά, η εικόνα μας χωρίζεται σε τρεις τονικές περιοχές ενδιαφέροντος:

- **Περιοχή Σκούρων Τόνων (Shadows)**, είναι τα σκοτεινότερα τμήματα της εικόνας με τόνους προς το μαύρο, στα οποία όμως υπάρχει ακόμα αξιοποιήσιμη ή χρήσιμη πληροφορία.
- **Περιοχή Ανοικτών Τόνων (Highlights)**, είναι τα φωτεινότερα τμήματα της εικόνας με τόνους προς το λευκό, στα οποία όμως υπάρχει ακόμα αξιοποιήσιμη ή χρήσιμη πληροφορία.
- **Περιοχή Μεσαίων Τόνων (Mid Tones)**, είναι τα τμήματα της εικόνας με τόνους γύρω από την κεντρική περιοχή έντασης χρώματος ή την περιοχή του ουδέτερου γκρι.

Οι τρεις παραπάνω περιοχές παρουσιάζονται γραφικά στο Ιστόγραμμα, στον οριζόντιο άξονα x , με τους Σκούρους Τόνους Αριστερά, τους Ανοικτούς Τόνους δεξιά και ανάμεσά τους την Περιοχή Μεσαίων Τόνων. Μια ματιά στο ιστόγραμμα μιάς εικόνας είναι σε πολλές περιπτώσεις αρκετή για να καταλάβουμε τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της εικόνας όπως φωτεινότητα, αντίθεση κλπ.

Το χρήσιμο χαρακτηριστικό του ιστογράμματος είναι πως μας δίνει μια γραφική εικόνα της ποιότητας της εικόνας. Στόχος μας είναι σχεδόν πάντα η αξιοποίηση του πλήρους εύρους τόνων που μας προσφέρει το σύστημα που δουλεύουμε. Αν για παράδειγμα χρησιμοποιούμε 24bit εικόνες, είναι άδικο να χρησιμοποιούμε μόνο μια περιοχή τόνων 5bit για το κόκκινο χρώμα. Αυτό θα είναι προφανές αν στο κανάλι του κόκκινου στο ιστόγραμμα δούμε τόνους να περιορίζονται σε μια στενή περιοχή του οριζόντιου άξονα. Αυτό σημαίνει πως αντί για 256 διαβαθμίσεις κόκκινου, χρησιμοποιούμε μόνο 64 διαβαθμίσεις.

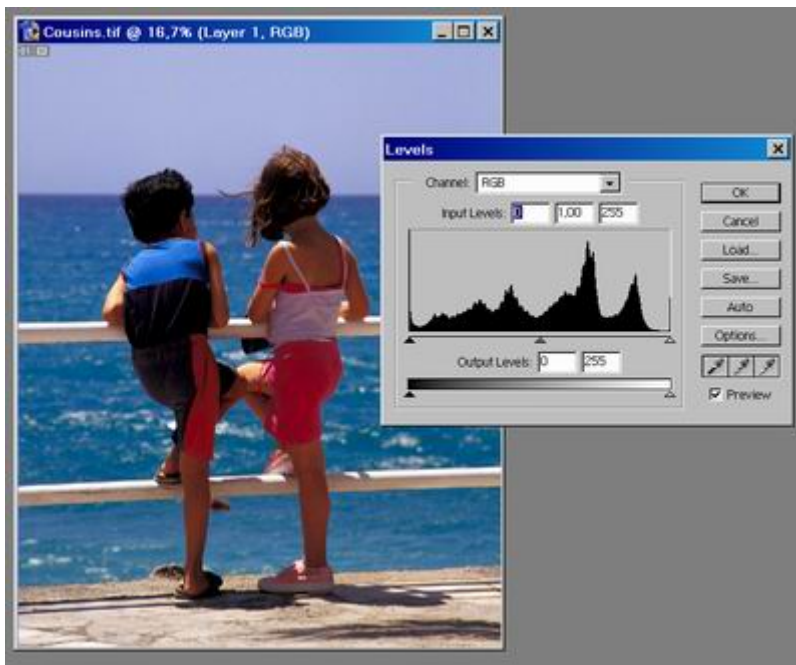
Μπορούμε να επιλέξουμε ποιο χαρακτηριστικό της εικόνας βλέπουμε στο ιστόγραμμα. Για μια μαυρόασπρη εικόνα απεικονίζονται οι τόνοι από μαύρο (0) μέχρι λευκό (255). Σε μια έγχρωμη εικόνα έχουμε τις παρακάτω επιλογές:

- **RGB ή Brightness**, όπου παρουσιάζεται η σχετική φωτεινότητα της εικόνας σαν συνδυασμός των τριών βασικών χρωμάτων. Επεμβάσεις εδώ μεταβάλλουν την συνολική φωτεινότητα ή την αντίθεση χωρίς να μεταβάλλουν τη χρωματική ισορροπία της εικόνας.
- **Κανάλι του Κόκκινου**. Παρουσιάζει την κατανομή κόκκινου χρώματος στην εικόνα. Επεμβάσεις στο κανάλι αυτό αυξάνουν ή μειώνουν το ποσοστό κόκκινου που υπάρχει στην εικόνα.
- **Κανάλι του Πράσινου**. Παρουσιάζει την κατανομή Πράσινου χρώματος στην εικόνα. Επεμβάσεις στο κανάλι αυτό αυξάνουν ή μειώνουν το ποσοστό Πράσινου που υπάρχει στην εικόνα.

- ο **Κανάλι του Μπλε**. Παρουσιάζει την κατανομή Μπλε χρώματος στην εικόνα. Επεμβάσεις στο κανάλι αυτό αυξάνουν ή μειώνουν το ποσοστό Μπλε που υπάρχει στην εικόνα.

Τα χαρακτηριστικά φωτεινότητας, αντίθεσης και gamma τροποποιούν με εύκολα αναγνωρίσιμο τρόπο τη μορφή του ιστογράμματος μίας εικόνας. Αυτό κάνει το ιστόγραμμα εξαιρετικά εύχρηστο εργαλείο αξιολόγησης. Ο αρχικός έλεγχος του Ιστογράμματος σε πολλές περιπτώσεις δείχνει ποιες είναι και οι επεμβάσεις που θα μας επιτρέψουν να βελτιώσουμε την εικόνα. Ας δούμε όμως με περισσότερες λεπτομέρειες πως παρουσιάζονται στο ιστόγραμμα διάφορες εικόνες.

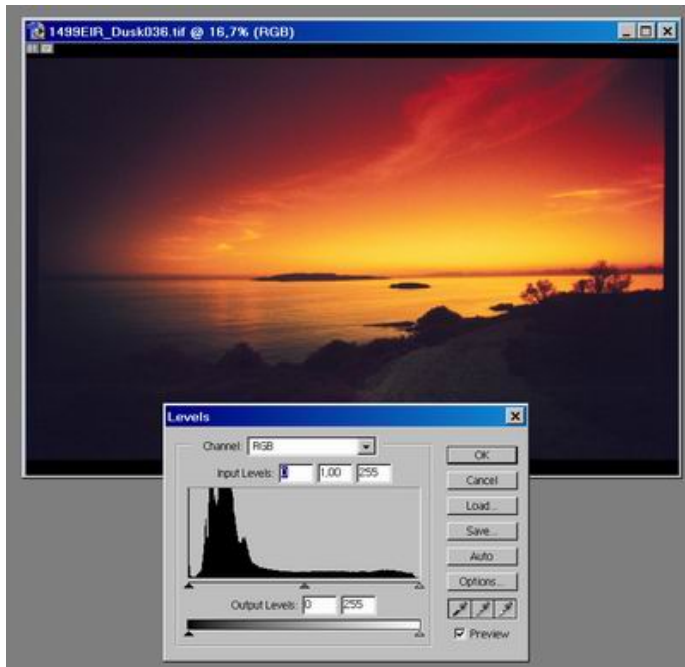
Μια εικόνα με κανονική αντίθεση και κανονική φωτεινότητα παρουσιάζει ένα ιστόγραμμα ομαλό, με ακραίες τιμές όσο πιο κοντά γίνεται στο 0 και το 255 και με ομαλή κατανομή pixels σε όλο το εύρος ενδιάμεσων τιμών.



Εικόνα
Ιστόγραμμα μίας κανονικά εκφωτισμένης εικόνας

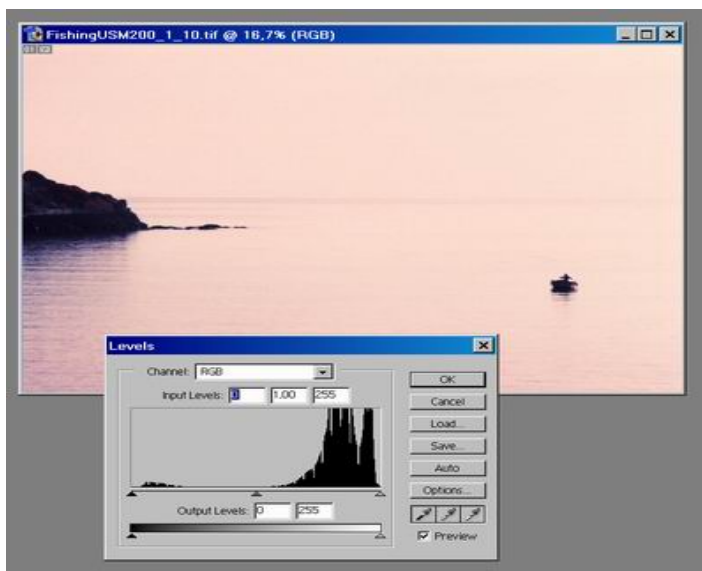
4.1.1.2 Η φωτεινότητα στο ιστόγραμμα.

Μια εικόνα που είναι σκοτεινή θα παρουσιάζει μια συγκέντρωση Pixels προς την πλευρά του 0.



Εικόνα Ιστόγραμμα μίας σκοτεινής εικόνας

Μια εικόνα που είναι υπερβολικά φωτεινή, θα παρουσιάζει μια συγκέντρωση pixels προς την πλευρά του 255.

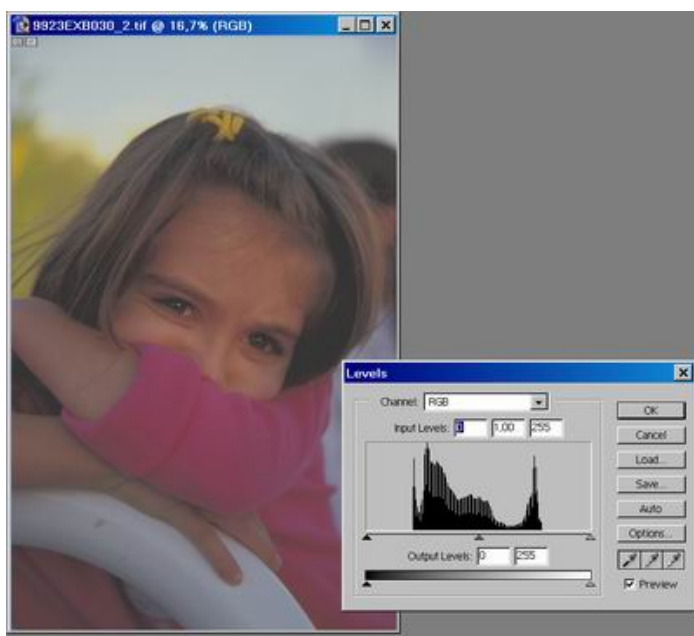


Εικόνα Ιστογράμμα μίας φωτεινής εικόνας

Μια αλλαγή φωτεινότητας έχει επιπτώσεις στη θέση του ιστογράμματος στην κλίμακα, που γλιστρά ολόκληρο το ιστογράμμα προς το μαύρο όταν μειώνεται, και προς το λευκό όταν αυξάνεται.

4.1.1.3 Η αντίθεση στο ιστογράμμα.

Οι εικόνες με χαμηλή αντίθεση θα έχουν ιστογράμμα που είναι συγκεντρωμένο σε μια πολύ στενή περιοχή του άξονα X, σε μορφή συστάδας. Η θέση της συστάδας θα δείξει εάν η εικόνα είναι πάρα πολύ σκοτεινή, φωτεινή ή απλά πάρα πολύ γκριζα.



Εικόνα
Ιστογράμμα μίας εικόνας με χαμηλή αντίθεση

Η μεταβολή της αντίθεσης έχει επιπτώσεις στο πλάτος ενός ιστογράμματος, που συμπιέζεται όταν η αντίθεση μειώνεται, και που απλώνει όταν η αντίθεση αυξάνεται.

Ας σημειώσουμε τελειώνοντας πως μερικές ακραίες περιπτώσεις δίνουν χαρακτηριστικά ιστογράμματα:

-
- Μια λευκή κάρτα, θα αναπαρασταθεί στο ιστόγραμμα σαν μία κάθετη γραμμή στο 255.
 - Μια μαύρη κάρτα, θα αναπαρασταθεί στο ιστόγραμμα σαν μία κάθετη γραμμή στο 0.
 - Μια μεσαία γκρι κάρτα, θα αναπαρασταθεί στο ιστόγραμμα σαν μία κάθετη γραμμή στο 128.
 - Μια σκακιέρα με λευκά/μαύρα τετράγωνα θα αναπαρασταθεί στο ιστόγραμμα σαν δύο κάθετες γραμμές, μία στο 0 και μία στο 255. Αξίζει να σημειώσουμε πως το ιστόγραμμα θα είναι ακριβώς το ίδιο για εικόνες με τέσσερα τετράγωνα (δύο λευκά – δύο μαύρα) ή 100 τετράγωνα (50 λευκά – 50 μαύρα) καθώς και στις δύο περιπτώσεις ο αριθμός λευκών και μαύρων pixels θα είναι ο ίδιος (το μισό του συνολικού αριθμού pixels της εικόνας). Αυτό μας δείχνει ακόμα μια φορά και με πιο χαρακτηριστικό τρόπο την αδυναμία του ιστογράμματος να μας δώσει πληροφορίες σχετικά με την διάταξη των pixels μέσα σε μια εικόνα.

4.2 Βελτίωση Εικόνας.

Η κυρίως επεξεργασία εικόνας συνήθως αποτελείται από μια σειρά ενεργειών που αποβλέπουν στην

- Ενίσχυση της Φωτεινότητας (Brightness) και της Αντίθεσης (Contrast).
- Μεταβολή της χρωματικής ισορροπίας μέσα από:
 - Διόρθωση χρώματος
 - Ενίσχυση ή μείωση έντασης χρώματος
 - Αφαίρεση κάποιας ενοχλητικής απόχρωσης
 - Χρωματισμός ή επι-χρωματισμός εικόνας.
- Μεταβολή της οξύτητας (sharpening, blurring)
- Μείωση του θορύβου και άλλων ενοχλητικών στοιχείων της εικόνας.
- Αφαίρεση ή αντικατάσταση τμημάτων της εικόνας.
- Μεταβολή της εικόνας με στόχο την αναγνώριση ή λήψη κάποιας πληροφορίας.
- Παραμόρφωση ή αλλοίωση των περιεχομένων της εικόνας.
- Μεταβολή του μεγέθους της εικόνας για διάφορους λόγους όπως:
 - Προσαρμογή στο μέσο εκτύπωσης,
 - Προσαρμογή στο επιθυμητό μέγεθος και άλλα χαρακτηριστικά εκτύπωσης,
 - Προσαρμογή στο μέσο είδος ή σκοπό αποθήκευσης ή διανομής της εικόνας.
- Εκτέλεση ειδικών τεχνικών (special effects)
 - Προσομοίωση τεχνητού φωτισμού,
 - Προσθήκη υφής (textures)
 - Lens-flare, haze, μεταβολή του βάθους πεδίου, φλουτάρισμα, vignettes κλπ.

Σήμερα πλέον το σύνολο της επεξεργασίας μίας εικόνας είναι δυνατό να εκτελεστεί με ψηφιακό τρόπο και με ευρέως διαδεδομένα εργαλεία σε προσωπικούς Η/Υ.

- Info Palette Eydropper ορίζουμε μέγεθος στα 3x3 για να αποφύγουμε μέτρηση σε σημείο ψηφιακού θορύβου.
- Image Adjust/Threshold μας επιτρέπει να ελέγξουμε ποια σημεία της εικόνας είναι τα άκρα φωτεινότητας.
- Οι περισσότερες εικόνες ξεκινάνε από RGB και καταλήγουν σε CMYK
- Επιδερμίδα, ίσα ποσά Y & M. Ανποιχτόχρωμοι Y >>M Καυκάσιοι C =1/5 ή 1/3 M

-
- Λατίνοι, $Y > 10$ ή 15% M
 - Το γ είναι στο RGB ότι το dot gain στο CMYK

4.2.1 Βασικά Εργαλεία Επεξεργασίας Εικόνας.

Η επεξεργασία εικόνας χρησιμοποιεί μια σειρά από βασικά και δευτερεύοντα εργαλεία. Τα εργαλεία αυτά προσφέρουν εναλλακτικούς τρόπους για την εκτέλεση των παραπάνω εργασιών. Τα βασικά εργαλεία είναι:

- Ρυθμιστικά Φωτεινότητας.
- Ρυθμιστικά Αντίθεσης.
- Ρυθμιστικά Εξισορρόπησης Χρώματος
- Το ιστόγραμμα
- Οι καμπύλη αντίθεσης (Curves)

4.2.1.1 Ρυθμιστικά Φωτεινότητας.

4.2.1.2 Ρυθμιστικά Αντίθεσης.

4.2.1.3 Ρυθμιστικά Εξισορρόπησης Χρώματος.

4.2.1.4 Το Ιστόγραμμα.

Το ιστόγραμμα επιτρέπει μεγάλο εύρος διόρθωσης εικόνας με ευελιξία και με άμεση οπτική (γραφική) απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Με το ιστόγραμμα μπορούμε να διορθώσουμε φωτεινότητα, αντίθεση και την καμπύλη γ . Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο γιατί η οπτική παρουσίαση των χαρακτηριστικών της εικόνας επιτρέπει εύκολη διόρθωση.

4.2.1.5 Η Καμπύλη Εισόδου/Εξόδου.

Περιγραφή

Το ιστόγραμμα, παρά την ευκολία που προσφέρει στην επεξεργασία εικόνας δεν προσφέρει δυνατότητα για πραγματικά λεπτομερειακή επέμβαση στα χαρακτηριστικά της. Τις δυνατότητες αυτές προσφέρουν τα εργαλεία που βασίζονται στην καμπύλη αντίθεσης που σε πολλές περιπτώσεις συναντάται και σαν καμπύλη εισόδου / εξόδου.

Η καμπύλη αντίθεσης που συχνά αναφέρεται σαν *gamma curve*, είναι μια εξειδικευμένη μορφή επέμβασης στην αντίθεση μιας εικόνας επικεντρωμένη στους πολύ σκοτεινούς ή πολύ ελαφρούς τομείς μιας εικόνας. Αυτό επιτυγχάνεται με την μεταβολή των τιμών στις κεντρικές περιοχές της εικόνας (*midtones*), ιδιαίτερα εκείνων στο χαμηλό όριο, χωρίς επιρροή στα ακραία σημεία φωτεινότητας δηλαδή κοντά στο λευκό (255) και το μαύρο (0).

Ο έλεγχος *gamma* τροποποιεί μια εικόνα με την εφαρμογή των τυποποιημένων, μη γραμμικών καμπυλών *gamma* στη κλίμακα έντασης. Μια αξία *gamma* 1 είναι ισοδύναμη με την καμπύλη ταυτότητας, η οποία δεν έχει καμία επίδραση στην εικόνα. Μια αύξηση στην αξία *gamma* (που την θέτει σε μια αξία μεγαλύτερη από 1) θα φωτίσει γενικά μια εικόνα και θα αυξήσει την αντίθεση στις σκοτεινότερες περιοχές της. Μια μείωση στην αξία *gamma* (που την θέτει σε μια αξία μικρότερη από 1) θα σκουραίνει γενικά την εικόνα και θα υπογραμμίσει την αντίθεση στις φωτεινότερες περιοχές.

Το εργαλείο βασίζεται σε μια αντιστοίχιση των τιμών έντασης μίας εικόνας από 0–255 όπως αυτές υπάρχουν στο αρχείο (τιμές εισόδου) με τις τιμές που επιθυμούμε να πάρουν μετά από την επέμβασή μας (τιμές εξόδου). Η αντιστοίχιση βασίζεται σε μια καμπύλη την οποία μεταβάλλουμε για να επέμβουμε στην εικόνα.

Το μεγάλο (και πιθανόν μοναδικό) μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι πως, σε αντίθεση με το ιστόγραμμα, δεν προσφέρει καμία οπτική απεικόνιση της εικόνας μας με γραφικό τρόπο. Είναι απαραίτητο επομένως να ελέγχουμε τα αποτελέσματα των επεμβάσεων που κάνουμε ελέγχοντας την εικόνα αυτή καθαυτή. Σε αντιδιαστολή προσφέρει τόση ακρίβεια, ευελιξία και εύρος δυνατοτήτων που την κάνει το αγαπημένο εργαλείο όλων των έμπειρων τεχνικών επεξεργασίας εικόνας.

Μία εικόνα πριν κάνουμε οποιαδήποτε επέμβαση απεικονίζεται σαν μία ευθεία γραμμή σε γωνία 45°. Σύμφωνα με αυτό, *pixels* του αρχείου με τιμές έντασης για παράδειγμα 130, απεικονίζονται στην «έξοδο» (*computer monitor*) με τιμές 130. Αν τώρα θέλουμε να αυξήσουμε την φωτεινότητα του ορισμένου σημείου μπορούμε να μεταβάλλουμε την καμπύλη ώστε τιμή εισόδου 130 να δίνει τιμή εξόδου 140 (άρα πιο φωτεινό *pixel*).

Η καμπύλη επιτρέπει απόλυτη και με ακρίβεια επιλογή της περιοχής στην οποία επεμβαίνουμε, κάτι που δεν είναι δυνατό με το ιστόγραμμα.

Όπως και στην περίπτωση του ιστογράμματος, μπορούμε να επιλέξουμε ποιο χαρακτηριστικό της εικόνας βλέπουμε στην καμπύλη αντίθεσης. Για μια μαυρόασπρη εικόνα αντιστοιχούνται οι τόνοι εισόδου/ εξόδου από μαύρο (0) μέχρι λευκό (255). Σε μια έγχρωμη εικόνα έχουμε τις παρακάτω επιλογές:

- **RGB ή Brightness**, όπου αντιστοιχούνται οι τόνοι εισόδου/ εξόδου σαν συνδυασμός των τριών βασικών χρωμάτων. Επεμβάσεις εδώ μεταβάλλουν την συνολική φωτεινότητα, την αντίθεση ή την

καμπύλη γ, χωρίς να μεταβάλλουν τη χρωματική ισορροπία της εικόνας.

- **Κανάλι του Κόκκινου**, όπου αντιστοιχούνται οι τόνοι εισόδου/εξόδου του κόκκινου χρώματος. Επεμβάσεις στο κανάλι αυτό αυξάνουν ή μειώνουν τη φωτεινότητα, την αντίθεση ή την καμπύλη μόνο για το κόκκινο κανάλι της εικόνας.
- **Κανάλι του Πράσινου**, όπου αντιστοιχούνται οι τόνοι εισόδου/εξόδου του πράσινου χρώματος. Επεμβάσεις στο κανάλι αυτό αυξάνουν ή μειώνουν τη φωτεινότητα, την αντίθεση ή την καμπύλη μόνο για το πράσινο κανάλι της εικόνας.
- **Κανάλι του Μπλε**, όπου αντιστοιχούνται οι τόνοι εισόδου/εξόδου του Μπλε χρώματος. Επεμβάσεις στο κανάλι αυτό αυξάνουν ή μειώνουν τη φωτεινότητα, την αντίθεση ή την καμπύλη μόνο για το Μπλε κανάλι της εικόνας.

Διόρθωση Εικόνας με την Καμπύλη Αντίθεσης

Η επεξεργασία εικόνων γίνεται με τον παρακάτω τρόπο:

- Επιλέγουμε το κανάλι εργασίας (RGB, R, G, ή B).
- Επιλέγουμε και καθορίζουμε την περιοχή ενδιαφέροντος τοποθετώντας σημεία ελέγχου πάνω στην γραμμή αντίθεσης.
- Επιλέγουμε και μετακινούμε το σημείο της γραμμής που μας ενδιαφέρει είτε προς τα πάνω για να αυξήσουμε είτε προς τα κάτω για να μειώσουμε την σχέση εισόδου / εξόδου, ελέγχοντας συγχρόνως το αποτέλεσμα στην εικόνα μας. Η γραμμή μετατρέπεται σε καμπύλη που απεικονίζει την αντιστοίχιση των τιμών του αρχείου προς τις τιμές της εικόνας στο monitor.
- Με επιβεβαίωση της επιλογής μας, οι νέες τιμές αποθηκεύονται στο αρχείο και η καμπύλη επανέρχεται σε γραμμή.

Η Καμπύλη αντίθεσης προσφέρει εξαιρετική ευελιξία καθώς μπορούμε να καθορίσουμε πολλαπλές περιοχές ενδιαφέροντος και να επέμβουμε ξεχωριστά και ανεξάρτητα σε κάθε μία για μεγάλης ακρίβειας επεξεργασία.

4.2.2 Επεμβάσεις στη Φωτεινότητα (Brightness), την Αντίθεση (Contrast) και καμπύλη γ.

Είναι απαραίτητο να είμαστε σε θέση να διακρίνουμε αν το πρόβλημα μιας εικόνας είναι στην αντίθεση ή την φωτεινότητα καθώς για την διόρθωση απαιτούνται διαφορετικές τεχνικές και εργαλεία.

Σε πολλά προγράμματα επεξεργασίας η Φωτεινότητα και η Αντίθεση μεταβάλλονται με ειδικά ρυθμιστικά αν και αυτά είναι συνήθως

περιορισμένων δυνατοτήτων και δεν προσφέρουν την ευελιξία των πιο προηγμένων σύνθετων εργαλείων όπως είναι το Ιστόγραμμα και οι καμπύλες αντίθεσης.

Όταν η φωτεινότητα τροποποιείται, αυτός ο έλεγχος έχει επιπτώσεις στο σύνολο της εικόνας. Σε μια έγχρωμη εικόνα, ο έλεγχος " Brightness " ρυθμίζει τη φωτεινότητα, δηλαδή τη συνδυασμένη ένταση των τριών RGB καναλιών. Είναι επίσης δυνατό να τροποποιηθεί η φωτεινότητα μόνο για ένα μεμονωμένο κανάλι χρώματος.

Όταν η φωτεινότητα αυξάνεται, αυξάνεται η αξία κάθε pixel στην εικόνα, μετακινώντας κάθε pixel πιο κοντά στα 255, ή στο λευκό. Όταν η φωτεινότητα μειώνεται, μειώνεται η αξία σε κάθε pixel, που κινείται προς το 0, ή το Μαύρο. Μεταβάλλοντας την φωτεινότητα μίας εικόνας, μετακινούμε τις τιμές έντασης όλων των pixels με το ίδιο ποσοστό προς το λευκό για να αυξήσουμε και προς το μαύρο για να μειώσουμε. Αν για παράδειγμα αυξήσουμε την φωτεινότητα κατά ένα ποσό, στην πράξη προσθέτουμε την ίδια τιμή σε όλα τα pixels. Αν προσθέσουμε 10 μονάδες φωτεινότητας, ένα pixel με ένταση 100, γίνεται 110, ένα pixel με ένταση 200 γίνεται 210 και ένα pixel με τιμή 240 γίνεται 250. Ανάλογα και για την μείωση της φωτεινότητας.

Χρειάζεται προσοχή στην επέμβαση φωτεινότητας καθώς υπάρχει αυξημένος κίνδυνος πολύ φωτεινές περιοχές της εικόνας να χάσουν κάθε λεπτομέρεια (πχ ένα pixel με ένταση 254, αν μεταβληθεί κατά +10 πέραν το 255 και γίνεται λευκό, οπότε η σχετική λεπτομέρεια χάνεται) και πολύ σκοτεινές περιοχές να μετατραπούν σε απόλυτο μαύρο. Είναι χρήσιμο όταν μεταβάλλουμε την φωτεινότητα να προσέχουμε ιδιαίτερα τις περιοχές αυτές.

Η φωτεινότητα δεν επηρεάζει ούτε μεταβάλλει το χρώμα ενός pixel. Δεν πρέπει πάντως να ξεχνάμε πως λόγω των ιδιοτήτων της ανθρώπινης όρασης, η ευαισθησία μας στα χρώματα μεταβάλλεται με τις αυξομειώσεις της φωτεινότητας.

Μεταβάλλοντας την αντίθεση, μεταβάλλουμε την απόσταση ανάμεσα στις εντάσεις που βρίσκονται στα διαφορετικά pixels. Τα φωτεινά pixels γίνονται πιο φωτεινά και τα σκοτεινά γίνονται πιο σκοτεινά και ανάλογα αναδιανέμονται τα ενδιάμεσα pixels. Για παράδειγμα, αν το πιο σκοτεινό pixel μίας εικόνας έχει ένταση 75 και το πιο φωτεινό pixel έχει τιμή 240, (αντίθεση $240-75 = 165$ μονάδων) αν αυξήσουμε την ένταση ώστε το σκοτεινό σημείο να πάρει τιμή 10 και το πιο φωτεινό τιμή 255, η αντίθεση αυξάνεται τώρα σε $(255 - 10 = 245$ μονάδες). Όλα τα ενδιάμεσα pixels θα μετακινηθούν ανάλογα.

Η **Καμπύλη γ** είναι μια ένδειξη του ποσοστού σκοτεινών και φωτεινών τόνων που υπάρχουν σε μια εικόνα και ιδιαίτερα του συσχετισμού που προσδιορίζει τους μεσαίους τόνους. Προσφέρει ένα τρόπο να μεταβάλλεται η σχετική φωτεινότητα και αντίθεση μίας εικόνας χωρίς να επηρεάζονται οι ακραίες τιμές και με τον τρόπο αυτό να αποφεύγεται το παραπάνω πρόβλημα.

4.2.3 Φωτεινότητα (Brightness), Αντίθεση (Contrast) και καμπύλη γ.

4.2.3.1 Απευθείας διόρθωση Φωτεινότητας και Αντίθεσης



4.2.3.2 Διόρθωση Φωτεινότητας και Αντίθεσης με το Ιστόγραμμα

Παράδειγμα: Εικόνα με περιορισμένη αντίθεση, με σκοτεινό σημείο στο 45 και φωτεινό στο 200.

Το ιστόγραμμα στον οριζόντιο άξονα έχει τρεις δείκτες ρύθμισης, ένα στο σημείο 0 (μαύρο), ένα στο σημείο 255 (λευκό) και ένα στο κεντρικό σημείο 128 (ουδέτερο γκρι).

Για να διορθώσουμε την παραπάνω εικόνα, σύρουμε το δείκτη του μαύρου στο 45, το δείκτη του λευκού στο 200 και παρατηρούμε πως η εικόνα ήδη παρουσιάζει αυξημένη αντίθεση. Με τον τρόπο αυτό επιβάλουμε στο πρόγραμμα επεξεργασίας μας να αντικαταστήσει τον τόνο 45 με τον τόνο 0,

τον τόνο 200 με τον τόπο 255 και ανάλογα μεταφέρει όλα τα υπόλοιπα σημεία της εικόνας ανάλογα.

Με τον ίδιο τρόπο μεταβάλλουμε σκοτεινές εικόνες (μεταφέρουμε τον δείκτη του 255 στο πιο φωτεινό σημείο της εικόνας) και φωτεινές εικόνες (μεταφέρουμε τον δείκτη του 0 στο πιο σκοτεινό σημείο της εικόνας).

Παράδειγμα: Εικόνα με κανονική μεν διανομή τόνων που όμως είναι σε γενικές γραμμές σχετικά σκοτεινή.

Στην περίπτωση αυτή επεμβαίνουμε μετακινώντας τον κεντρικό δείκτη (γκρι 128) προς την πλευρά των φωτεινών τόνων. Με τον τρόπο αυτό οι μεσαίοι τόνοι γίνονται πιο φωτεινοί χωρίς να επηρεάζονται οι ακραίοι σκοτεινοί και φωτεινοί τόνοι.

4.2.3.3 Διόρθωση Φωτεινότητας και Αντίθεσης με την καμπύλη εισόδου/εξόδου (curves)

Παράδειγμα: Εικόνα με περιορισμένη αντίθεση.

Σε αντίθεση με το ιστόγραμμα όπου βλέπουμε τα άκρα των τιμών της εικόνας (βλέπε παράδειγμα 1 παραπάνω, οι τιμές αυτές δεν είναι φανερές στο παρόν εργαλείο. Η μεταβολή της αντίθεσης δίνεται με τον παρακάτω τρόπο:

- Τοποθετούμε δύο σημεία ελέγχου κοντά στα άκρα της γραμμής αντίθεσης.
- Μετακινούμε το πάνω σημείο (φωτεινή περιοχή) προς τα αριστερά.
- Μετακινούμε το κάτω σημείο (σκοτεινή περιοχή) προς τα δεξιά.
- Έχουμε δημιουργήσει μια καμπύλη σχήματος "S".
- Ελέγχουμε το αποτέλεσμα στην εικόνα και μεταβάλλουμε ανάλογα.

Αν αναλύσουμε την νέα καμπύλη με βάση δύο σημεία θα δούμε πως με εξαίρεση τα δύο ακραία σημεία και το κεντρικό σημείο που μένουν αμετάβλητα, τα υπόλοιπα σημεία της εικόνας έχουν μεταβληθεί ώστε τα φωτεινά γίνονται πιο φωτεινά και τα σκοτεινά πιο σκοτεινά. Η αύξηση της κλίσης της καμπύλης στο κεντρικό τμήμα της αποτελεί αύξηση της αντίθεσης της εικόνας.

Παράδειγμα: Εικόνα που είναι σε γενικές γραμμές σχετικά σκοτεινή.

Τοποθετούμε ένα σημείο ελέγχου στο κέντρο της γραμμής και μετακινούμε προς τα πάνω ελέγχοντας το αποτέλεσμα στην εικόνα.

4.2.4 Διόρθωση Χρώματος.

Η διόρθωση χρώματος συνήθως αφορά είτε την μείωση ενός ενοχλητικού χρωματικού τόνου είτε την διόρθωση και προσαρμογή εικόνας σε κάποια δεδομένα είτε την δημιουργία ειδικών εφέ.

Για παράδειγμα, μια φωτογραφία που τραβήχτηκε σε εσωτερικό χώρο με λάμπα πυρακτώσεως, χρησιμοποιώντας φίλμ ημέρας, θα παρουσιάσει μια έντονα πορτοκαλοκίτρινη απόχρωση. Διορθώσεις του τύπου αυτού γίνονται εύκολα με τα διαθέσιμα εργαλεία που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Ο συνηθισμένος τρόπος να προσεγγίζουμε την χρωματική διαμόρφωση μίας εικόνας είναι με συνδυασμό των χρώρων RGB (προσθετικός) και CMY (αφαιρετικός) με δεδομένο πως τα χρώματα είναι συμπληρωματικά:

- Το R είναι συμπληρωματικό του C
- Το G είναι συμπληρωματικό του M
- Το B είναι συμπληρωματικό του Y

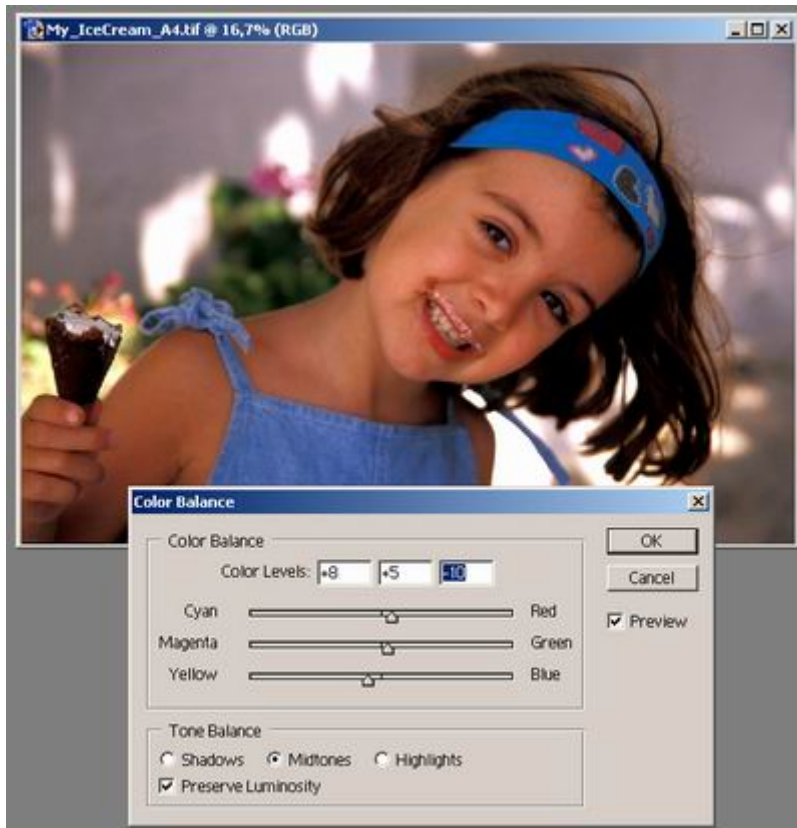
Στον RGB (προσθετικό) χώρο αξίες 0,0,0 δίνουν μαύρο και προσθέτοντας χρώμα φτάνουμε στο λευκό (255,255,255).

Στον CMY (αφαιρετικό) χώρο αξίες (255,255,255) δίνουν μαύρο και αφαιρώντας χρώμα φτάνουμε στο λευκό (0,0,0).

Το παραπάνω σημαίνει πως προσθέτοντας για παράδειγμα Μπλε (B) είναι ανάλογο του να αφαιρούμε Κίτρινο (Y). Επομένως κάθε πράξη μπορεί να αναφέρεται σαν πρόσθεση χρώματος και μπορούμε να πετύχουμε κάθε επιθυμητό αποτέλεσμα είτε προσθέτοντας κάποιο χρώμα για να το ενισχύσουμε είτε προσθέτοντας το συμπληρωματικό του για να το μειώσουμε.

4.2.4.1 Απευθείας διόρθωση Χρώματος.

- Μια εικόνα με έντονο κόκκινο (R), διορθώνεται προσθέτοντας το συμπληρωματικό του Κυανού (C).
- Μια εικόνα με έντονο κίτρινο (Y), διορθώνεται προσθέτοντας το συμπληρωματικό του Μπλε (B).



4.2.4.2 Διόρθωση Χρώματος με το Ιστογράμμα.

Παράδειγμα: Εικόνα με έντονη κόκκινη απόχρωση.

Στην περίπτωση αυτή επιλέγουμε το κόκκινο κανάλι του ιστογράμματος και μεταβάλλουμε ανάλογα ώστε να περιοριστεί το ποσό του κόκκινου. Αρχικά κινούμε τον κεντρικό δείκτη προς την πλευρά του λευκού (περιορίζουμε το κόκκινο στους μεσαίους τόνους). Όμοιο αποτέλεσμα μπορούμε να πετύχουμε μετακινώντας τον δείκτη του 0 προς την πλευρά προς την πλευρά των φωτεινών τόνων, επεμβαίνοντας στους σκοτεινούς τόνους, εφόσον με τον τρόπο αυτό δεν απαλείφουμε υπάρχουσα πληροφορία.

4.2.4.3 Διόρθωση Χρώματος με την καμπύλη εισόδου/εξόδου (curves).

Παράδειγμα: Εικόνα με έντονη κόκκινη απόχρωση.

Στην περίπτωση αυτή επιλέγουμε το κόκκινο κανάλι. Τοποθετούμε ένα σημείο ελέγχου στο κέντρο της γραμμής και μετακινούμε προς τα πάνω (μειώνοντας το κόκκινο), ελέγχοντας το αποτέλεσμα στην εικόνα.

4.2.5 Το gamma στο ιστογράμμα.

Μια μείωση στο gamma ενισχύει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα στον ελαφρύτερο τομέα της εικόνας, με το τέντωμα του ιστογράμματος στην ανώτερη περιοχή. Μια αύξηση στο gamma τεντώνει τις χαμηλότερες τιμές, που παρέχουν αυξανόμενη αντίθεση στις σκοτεινότερες περιοχές.

4.2.6 Τεχνολογίες Βελτίωσης Ευκρίνειας - Sharpening

Σε πολλές περιπτώσεις η επεξεργασία εικόνας ακόμα και η διαδικασία του scanning έχει σαν αποτέλεσμα η τελική εικόνα να μην είναι ικανοποιητική όσον αφορά την οξύτητά της. Η οξύτητα (sharpness) μίας εικόνας είναι το χαρακτηριστικό που επιτρέπει τον ευκρινή διαχωρισμό αντικειμένων με μεγάλη διαφορά φωτεινότητας και τελικά επηρεάζει την ευκρίνεια της εικόνας.

Η βελτίωση της ευκρίνειας μίας εικόνας γίνεται μέσα από μεθόδους αύξησης της οξύτητας (sharpness). Η πιο διαδεδομένη τεχνική ονομάζεται Un-Sharp Masking (USM).

Η διαδικασία μεταβάλλει την καθαρότητα με την οποία διαγράφονται τα περιγράμματα αντικειμένων που περιλαμβάνει η εικόνα.

Οι συνηθισμένες ρυθμίσεις που προσφέρονται είναι:

- **Ποσοστό (Amount).** Καθορίζει την ισχύ εφαρμογής της επεξεργασίας. Όσο αυξάνεται η τιμή, τόσο μεγαλύτερο είναι το αποτέλεσμα της διαδικασίας. Συνηθισμένες τιμές για συμβατική χρήση είναι από 120 –200.
- **Ακτίνα (Radius).** Καθορίζει τον τρόπο που εφαρμόζεται η διαδικασία σαν εύρος pixels που επηρεάζονται γύρω από τα pixels που κρίνονται σαν pixels περιγράμματος. Μικρές τιμές Ακτίνας (1 ή 2) επηρεάζει μόνο τα pixels που βρίσκονται πάνω στα περιγράμματα ενώ μεγαλύτερες τιμές (10) επηρεάζουν περισσότερα pixels γύρω από τα περιγράμματα.
- **Κατώφλι (Threshold).** Καθορίζει πόσο διαφορετικά πρέπει να είναι γειτονικά pixels ώστε να θεωρηθούν πως αποτελούν περίγραμμα και επομένως να επηρεαστούν από την διαδικασία. Τιμή 0 σημαίνει πως

όλα τα pixels θα επηρεαστούν ενώ όσο αυξάνεται η τιμή περιορίζεται το εύρος των pixels που επηρεάζονται. Ο στόχος είναι να αποφύγουμε την προσθήκη θορύβου σε επιφάνειες με ομοιόμορφα χρώματα (π.χ. ουρανό)

5 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

5.1 Αποθήκευση, File types και Τεχνολογίες Συμπίεσης Ψηφιακών Εικόνων.

5.1.1 Κύρια Πρότυπα

Tiff & Jpeg

Ένα αρχείο tiff ή Jpeg, αποτελείται από:

Header: -Horizontal and vertical dimension (pixel)
-Type of image (grasses ή colors)
-Bit depth
Comp. Tech
-IPTC info

HiRes Pointer (start)
HiRes Pointer (end)
-IPTC
-IPTC (VP 13 field) MAC

5.1.2 Εναλλακτικά Πρότυπα

BNP, EPS, PSD, GIF, PhotoCD, Jpeg 2000.

Για παράδειγμα ένα αρχείο 600x800, ασπρόμαυρη φωτογραφία των 8bit χωρίς compression θα είναι:

Header: W=600
H=800
Fs=GS
Bps=8
Comp=NO

Image data: 480000bytes of image data

Το ίδιο αρχείο σε διαφορετικές μορφές θα είναι:

Στο Photoshop 4Mb

Σε Tiff(L2W) 284MB
Σε JPEG "MAX" 286KB
Σε JPEG "MEDIUM" 59KB
Σε JPEG "LOW" 46KB
Σε EPS 5,5MB

Tiff: L2W: Lossless compression
50% reduction
EPS: Postscript layout program
Q xpress

EPS: Περιέχει πληροφορίες για Half toning και δίνει μεγαλύτερα αρχεία σε MB.

DCS Desktop color separation

Q-Xpress: Αποτελείται από πέντε αρχεία: Y, M, C, BR συν ένα αρχείο για Preview για position για layout

JPEG: Lossy compression μέχρι και 20:1. Αποτελεί πλέον κάτι σαν Industry standard.

5.1.3 Επιλέγοντας το σωστό Format

Capture Formats

Master Archive Formats

Formats for Processing

Formats for Delivery

Formats for Commercial Printing

Formats for Desktop Printing

Formats for Web Delivery

5.2 Χαρακτηρισμός, Αρχαιοθέτηση και Καταλογοποίηση Ψηφιακών Εικόνων

5.2.1 Προσεγγίσεις στην Αρχαιοθήκη

5.2.1.1 Image Browsers

5.2.1.2 Συστήματα Διαχείρισης Εικόνων - Image Management Systems (IMS)

Τι κάνουν

Διαφορετικοί τύποι

5.2.1.3 Η έννοια της Μεταπληροφορίας και Μεταδεδομένων (Metadata)

5.2.1.4 Προσέγγιση με βάση συμβατικές τεχνολογίες Βάσεων Δεδομένων

5.2.1.5 Η Προσέγγιση της ενσωματωμένης πληροφορίας - Tagging

5.2.1.6 Το Πρότυπο IPTC

5.2.1.7 Το EXIF

5.2.1.8 Εναλλακτικά διεθνή Πρότυπα Καταλογοποίησης και Χαρακτηρισμού Εικόνων

5.2.1.9 Ένα τυπικό Σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης ψηφιακών εικόνων

Οικογένεια Fotoware

5.3 Διανομή Ψηφιακών Εικόνων.

5.3.1 Μεταφερόμενα και Αφαιρούμενα μέσα

5.3.1.1 CD & DVD

5.3.2 Με ειδικές εφαρμογές παρουσίασης (viewers)

5.3.3 Με στατικές HTML σελίδες

5.3.4 Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και Internet – Λύσεις e-commerce

5.3.4.1 e-mail

5.3.4.2 Web sites

5.3.4.3 Web Sites με e-commerce

6 ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

6.1 Βασικός Εξοπλισμός

6.1.1 Υπολογιστικός Εξοπλισμός (Hardware)

6.1.1.1 Σαρωτές-Ψηφιοποιητές (Scanners)

- Επιλογή Bit Depth και Resolution
- Επιλογή Μεγέθους και τύπου αρχείου
- Επιλογή τύπου Scanner

6.1.1.2 Εκτυπωτές (Printers)

- Επιλογή Μεγέθους και Resolution
- Επιλογή Τύπου Εκτυπωτή

6.1.1.3 Οθόνες

6.1.1.4 Συσκευές Αποθήκευσης & Στρατηγικές Back-up

6.1.2 Λογισμικό Επεξεργασίας Εικόνας (Software)

6.1.2.1 Λογισμικό Επεξεργασίας Εικόνας

6.1.2.2 Λογισμικό Αρχειοθέτησης, Οργάνωσης, Διαχείρισης και Διανομής Ψηφιακής Φωτογραφικής Βιβλιοθήκης

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Digital Imaging for Photographers (4th Edition, reprint: 2002), Adrian Davies & Phil Fennessy, Focal Press, ISBN: 0-240-51590-0.
- Professional Photoshop (4th Edition, 2002), Dan Margulis, Wiley Publishing, ISBN: 0-7645-3695-8.
- Adobe Photoshop 7.0 for Photographers, Martin Evening, Focal Press September 2002, ISBN 0-240- 51690-7.
- The Complete Guide to Digital Imaging, Joel Lacey, Thames & Hudson, (2002), ISBN: 0-500-28314-1.
- The Digital Darkroom Masterclass, Max Ferguson, Focal Press 2001, ISBN 0-240-51569-2.