

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε.
Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας

ΕΙΚΟΝΑ HDR

Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία.
Αξιολόγηση.

Γαλανόπουλος Αριστείδης

Επιβλέπων: Τσακανίκας Βασίλειος

2017-2018

Περιεχόμενα

• <u>Πρόλογος</u>	3
• <u>Κεφάλαιο 1</u>	4
• Η εικόνα. Ιστορική αναδρομή 1.1.....	4
• Η ασπρόμαυρη και η έγχρωμη εικόνα 1.2.....	5
• Από την αναλογική εικόνα, στην ψηφιακή εικόνα 1.3.....	6
• Δειγματοληψία 1.3.1.....	10
• Κβαντισμός 1.3.2.....	11
• Vectors και bitmaps 1.3.3.....	12
• Ανάλυση ψηφιοποιημένης εικόνας 1.3.4.....	13
• Βάθος εικονοστοιχείων και έγχρωμη εικόνα 1.3.5.....	14
• <u>Κεφάλαιο 2</u>	16
• Πρότυπα ψηφιακής εικόνας-Χρωματικά μοντέλα 2.1.....	16
• Πρότυπο RGB 2.1.1.....	16
• CMY – CMYK 2.1.2.....	17
• HSV 2.1.3.....	18
• YCbCr 2.1.4.....	19
• YUV 2.1.5.....	20
• CIE L*a*b* - CIELAB 2.1.6.....	21
• <u>Κεφάλαιο 3</u>	23
• Το ανθρώπινο μάτι – Ανατομία ματιού 3.1.....	23
• Έλεγχος έντασης εισερχόμενου φωτός και εστίαση 3.2.....	25
• Πως βλέπει και αντιλαμβάνεται τις εικόνες το ανθρώπινο μάτι 3.3.....	26
• <u>Κεφάλαιο 4</u>	30
• Οι εικόνες HDR 4.1.....	30
• Αυτόματη δημιουργία HDR εικόνας 4.1.1.....	31
• Ημιαυτόματη δημιουργία HDR εικόνας 4.1.2.....	45
• <u>Επίλογος</u>	53

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Για το κομμάτι της εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επόπτη καθηγητή μου κύριο Τσακανίκα Βασίλειο που με προέτρεψε να ασχοληθώ με αυτό το θέμα. Τον ευχαριστώ θερμά, που με τη βοήθειά του και τις γνώσεις του με καθοδήγησε, με υπομονή, να φτάσω στο επιθυμητό αποτέλεσμα, μέσω του προγραμματισμού, και που μου “αναζωπύρωσε” το ενδιαφέρον που έχω για τη φωτογραφία

Πρόλογος

Αναρωτηθήκατε ποτέ τι σημαίνει η λέξη «ψηφιακό»; Η λέξη αυτή παράγεται από τη λέξη «ψηφίο». Η λέξη «ψηφίον» στα αρχαία ελληνικά, σημαίνει πετραδάκι ή χαλίκι. Από τη λέξη ψηφίο, παράγεται και η λέξη ψηφιδωτό. Ένα ψηφιδωτό κατασκευάζεται από ψηφίδες, που είναι μικρές πέτρες, βαμμένες με συγκεκριμένο χρώμα η καθεμία. Έτσι, κάθε ψηφιδωτό αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό χρωμάτων (Negrponte, 1995).

Σε αντίθεση με το ψηφιδωτό, μία φωτογραφία ή ένας πίνακας ζωγραφικής αποτελείται από μεγάλο πλήθος διαφορετικών χρωμάτων και είναι πρακτικά αδύνατο να διακρίνουμε όλες τους τις αποχρώσεις. Ένα ψηφιδωτό, λοιπόν, σχηματίζεται από συγκεκριμένα χρώματα, ανάλογα με τα διαφορετικά χρώματα των ψηφίδων που έχουμε χρησιμοποιήσει.

Γενικά, με τον όρο ψηφιακό (digital), εννοούμε ένα σύστημα που παίρνει τιμές από μια ομάδα συγκεκριμένων τιμών. Αντίθετα, όταν ένα σύστημα είναι αναλογικό (analog), οι τιμές που παίρνει είναι συνεχόμενες.

Εμείς, αυτό που θα προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε είναι, πώς μια αναλογική εικόνα μετατρέπεται σε ψηφιακή και πώς, την ψηφιακή εικόνα, μπορούμε να τη μετατρέψουμε σε εικόνα υψηλού δυναμικού εύρους (**High Dynamic Range image**), ή αλλιώς εικόνα HDR.

Με τη βοήθεια του Matlab, θα μάθουμε πώς να μετατρέπουμε μια ψηφιακή εικόνα σε HDR εικόνα, αυτόματα, αλλά και ημιαυτόματα, καθώς και πώς να αξιολογούμε το αποτέλεσμα της μετατροπής.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Κεφάλαιο 1

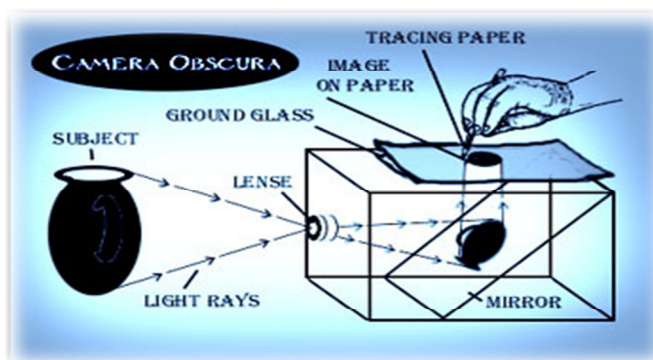
Η εικόνα. Ιστορική αναδρομή 1.1

Εικόνα είναι η αποτύπωση, η απομνημόνευση, της εμφάνισης ενός ή περισσότερων αντικειμένων. Η αποτύπωση αυτή μπορεί να γίνεται σε μέσο όπως το χαρτί, στη μνήμη και την οθόνη ενός υπολογιστή ή μιας φωτογραφικής μηχανής, στο ανθρώπινο μυαλό κλπ. Η εικόνα περιέχει συνήθως πληροφορία δύο ή τριών διαστάσεων και η «κινούμενη» εικόνα (βίντεο), έχει την έννοια της απεικόνισης με σειρές εικόνων στον χρόνο του θέματος που αποτυπώνεται.

Ως λέξη, η εικόνα χρησιμοποιείται επίσης για κάθε δύο διαστάσεων σχήμα, όπως ένα χάρτη, ένα διάγραμμα ή ένα ζωγραφικό έργο.

Μια φευγαλέα εικόνα συγκρατείται για μικρό χρονικό διάστημα. Τέτοια μπορεί να είναι αντανάκλασή μας που βλέπουμε σε έναν καθρέφτη ή μια σκηνή (καρέ), που εμφανίζεται σε μια ταινία. Μια σταθερή εικόνα, όπως μια φωτογραφία τυπωμένη σε χαρτί, έχει απομνημονευθεί για περισσότερο χρόνο. Μια εικόνα μπορεί να μορφώνεται στο μυαλό κάποιου από τη φαντασία του ή να ανασύρεται εύκολα από τη μνήμη του.

Η αρχή της ιδέας, στην αναπαραγωγή μιας εικόνας, ξεκινάει με το «σκοτεινό δωμάτιο» ή **Camera** (αίθουσα ή δωμάτιο στα Λατινικά) **Obscura** (σκοτεινός), με τον Γερμανό **Johannes Kepler** να χρησιμοποιεί πρώτη φορά αυτόν τον όρο, στις αρχές του 17^{ου} αιώνα. Η camera obscura, είναι μια οπτική συσκευή που προβάλλει το είδωλο του περιβάλλοντος χώρου σε μια οθόνη και ήταν μία από τις εφευρέσεις που οδήγησαν στη φωτογραφία και στη φωτογραφική μηχανή. Η συσκευή αποτελείται από ένα φωτοστεγές κουτί ή ακόμα και ένα δωμάτιο με μία οπή στη μια πλευρά. Το φως από τα αντικείμενα του εξωτερικού περιβάλλοντος, διέρχεται μέσα από την οπή και πέφτει πάνω σε μία επιφάνεια στο εσωτερικό της, όπου και τα αναπαράγει. Τα αντικείμενα αποτυπώνονται ανεστραμμένα, αλλά με διατήρηση του χρώματος και της προοπτικής. Η συσκευή φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί.



Οι πρώτες φωτογραφίες αποτελούν ουσιαστικά απλές προβολές εικόνων πάνω σε κάποια επιφάνεια. Τα πρώτα πειράματα πάνω σε φωτοευαίσθητα υλικά, χρονολογούνται περίπου στις αρχές του 18ου αιώνα, το 1725, και ανήκουν στον Γερμανό **Johann Heinrich Schulze**, ο οποίος είχε πετύχει την αποτύπωση του φωτός πάνω σε ένα φωτοευαίσθητοποιημένο από, άλατα αργύρου, χαρτί αλλά

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

στάθηκε αδύνατη η στερέωση της εικόνας. Πριν τον Schulze, το 1604, ο Ιταλός φυσικός **Angelo Sala** παρατήρησε ότι, μερικές ενώσεις του αργύρου μαυρίζουν μετά την έκθεσή τους το ηλιακό φως.

Ωστόσο, τον 19^ο αιώνα έχουμε καλύτερους και πιο βελτιωμένους φακούς, που μας δίνουν μεγαλύτερες και πιο ευδιάκριτες εικόνες και με ελάχιστες τροποποιήσεις στην camera obscura, τοποθετείται φύλλο φωτοευαίσθητου υλικού για να γίνει η πρώτη φωτογραφική μηχανή. Αυτό είχε ως συνέπεια να ξεκινήσουν οι προσπάθειες για τη μόνιμη αποτύπωση της εικόνας πάνω σε φωτοευαίσθητες επιφάνειες.

Η πρώτη φωτογραφία τραβήχτηκε, από τον **Joseph Niepce** το 1816, χρησιμοποιώντας χλωριούχο άργυρο και ήταν η πρώτη εικόνα φύσης. Ο ίδιος την ονόμασε «retinas», δηλαδή αμφιβληστροειδής χιτώνας ματιού. Ήταν ένα αρνητικό και η εικόνα εξαφανίστηκε, επειδή στο φως της μέρας γίνεται απολύτως μαύρο. Τον Ιούλιο του 1826 ο Niepce, σταθεροποιεί την εικόνα πάνω σε χαρτί και η πρώτη φωτογραφία, που απεικόνιζε τις στέγες του χωριού Chalon sur Saone της Γαλλίας, ήταν γεγονός. Αξίζει να σημειώσουμε ότι χρειάστηκε οχτώ ώρες, χρόνο έκθεσης, για να εμφανιστεί. Ο ίδιος, ονόμασε τη τεχνική του «ηλιογραφία» και προσπάθησε να τη διαδώσει. Πρακτικά, όμως, η μέθοδός του ήταν δύσχρηστη και απαιτούσε μεγάλους χρόνους έκθεσης, έτσι δεν είχε μεγάλη επιτυχία.

Κατά καιρούς ακολούθησαν κι άλλες τεχνικές όπως δαγκεροτυπία, ταλμποτυπία, σιδεροτυπία, κυανοτυπία κτλ.

Η ασπρόμαυρη και η έγχρωμη εικόνα 1.2

Οι εικόνες, αρχικά, ήταν ασπρόμαυρες ή είχαν αποχρώσεις του γκρι. Οι εικόνες αυτές διαφέρουν ανάλογα την ένταση του μαύρου χρώματος για τα σκούρα σημεία, και του λευκού για τα πιο φωτεινά σημεία.

Πατέρας της ασπρόμαυρης φωτογραφίας είναι ο **William Fox Talbot**, Άγγλος λόγιος και επιστήμονας. Το 1835 ανακάλυψε τη μέθοδο, που αρχικά, την ονόμασε «καλοτυπία». Πρόκειται για τη δημιουργία μιας ενδιάμεσης αρνητικής εικόνας, που αργότερα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθεί μια θετική, πραγματική εικόνα. Πότισε ένα φύλλο χαρτί με χημικά, που αντιδρούσαν όταν έπεφτε πάνω το φως. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να σχηματίζονται τα αρνητικά είδωλα των αντικειμένων πάνω στο χαρτί. Ιστορικά, πρέπει να αναφέρουμε ότι η πρώτη αρνητική εικόνα, απεικόνιζε το παράθυρο από το σπίτι του Talbot και φυλάσσεται στο Μουσείο Επιστημών του Λονδίνου. Η μέθοδος της «καλοτυπίας», ονομάστηκε «ταλμποτυπία» στη συνέχεια.

Οι ασπρόμαυρες εικόνες είναι παγχρωματικές, δηλαδή είναι ευαίσθητες σε όλα χρώματα τα οποία αναπαράγονται σε τόνους του γκρι. Το μπλε χρώμα σε μια ασπρόμαυρη εικόνα, καταγράφεται με πιο ανοιχτό τόνο γκρι, ενώ τα πράσινα και κίτρινα αντικείμενα, σε πιο σκούρο χρώμα.

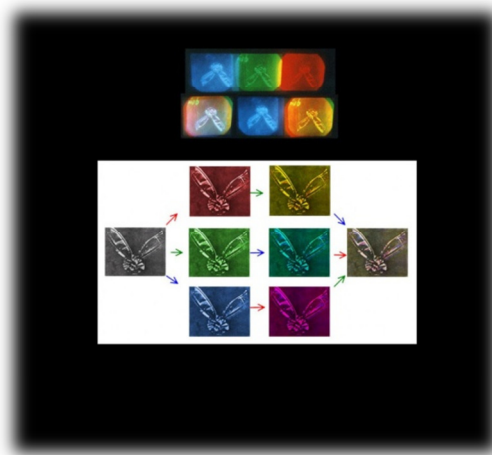
Γενικά, ένα χρωματιστικό φίλτρο στην ασπρόμαυρη εικόνα, κάνει πιο ανοικτή την ασπρόμαυρη αναπαραγωγή αντικειμένων ίδιου χρώματος και πιο σκούρα τα συμπληρωματικά χρώματα.

Το 1861, ο Σκωτσέζος φυσικός **James Clerk Maxwell** παρουσιάζει την πρώτη έγχρωμη φωτογραφία που αποτυπώνει μια σκωτσέζικη κορδέλα.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



Μια από τις πρώτες μεθόδους για έγχρωμες φωτογραφίες περιλάμβανε τη χρήση συνολικά τριών φωτογραφικών μηχανών, κάθε μια από τις οποίες είχε ένα διαφορετικό φίλτρο χρώματος μπροστά από τον φακό. Το πρώτο έγχρωμο φιλμ (Autochrome) κυκλοφόρησε ως εμπορικό προϊόν το 1907, αλλά η σύστασή του ήταν διαφορετική από του μεταγενέστερου φιλμ Kodachrome, που κυκλοφόρησε το 1935 βασισμένο σε τρία επιχρωματισμένα στρώματα, το κάθε ένα ευαίσθητο σε ένα από τα τρία πρωτεύοντα χρώματα (μπλε, πράσινο και κόκκινο). Για τη δημιουργία της φωτογραφίας με τη κορδέλα, έγιναν τρεις ίδιες ασπρόμαυρες λήψεις. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφάνειες που χρωματίστηκαν με τα τρία βασικά χρώματα και η προβολή τους συνέπτυξε σε μια μοναδική έγχρωμη, σύνθετη εικόνα.



Αυτά, σε γενικές γραμμές, έχουν να κάνουν με την αναλογική μορφοποίηση της εικόνας. Εν κατακλείδι, αναλογική μορφοποίηση, είναι μια μορφοποίηση στην οποία το σύνολο των δεδομένων σώζεται με συνεχόμενο τρόπο. Στη συνέχεια θα μελετήσουμε τη ψηφιακή εικόνα, ασπρόμαυρη και έγχρωμη, και θα μάθουμε πώς περάσαμε από το ένα στάδιο, στο άλλο.

Από την αναλογική εικόνα, στην ψηφιακή εικόνα 1.3

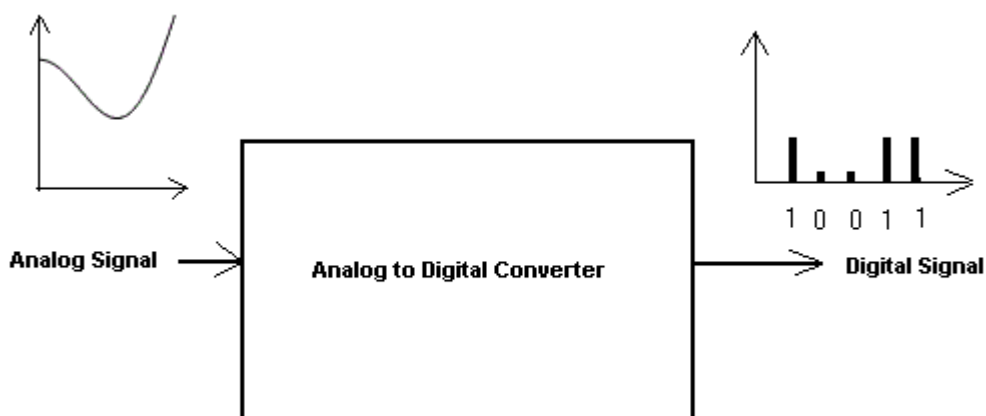
Η ψηφιακή επεξεργασία σήματος ή αλλιώς ΨΕΣ (Digital Signal Processing, DSP), ασχολείται με την αναπαράσταση σημάτων διακριτού χρόνου, ως ακολουθιών αριθμών ή συμβόλων, καθώς και με την επεξεργασία των σημάτων αυτών (Fennessy, 2002). Η ψηφιακή και η αναλογική επεξεργασία σήματος, συναποτελούν το διεπιστημονικό γνωστικό πεδίο των εφαρμοσμένων μαθηματικών, γνωστό ως επεξεργασία σήματος. Κάποιες εφαρμογές της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος είναι η

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

επεξεργασία ήχου, η αναγνώριση φωνής, η επεξεργασία σημάτων από σόναρ ή ραντάρ και συστοιχίες αισθητήρων, η εκτίμηση φάσματος, η στατιστική επεξεργασία σήματος, η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, όπου και θα μας απασχολήσει περισσότερο, η επεξεργασία σήματος στις τηλεπικοινωνίες, ο έλεγχος συστημάτων, η επεξεργασία βιοϊατρικών σημάτων και η επεξεργασία σεισμικών δεδομένων (Ν.Η.Παπαμάρκος, 2001).

Ο σκοπός της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος συνήθως είναι η μέτρηση, το φιλτράρισμα ή η συμπίεση συνεχόμενων αναλογικών φυσικών σημάτων. Το πρώτο βήμα συνήθως είναι η μετατροπή του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό, μέσω δειγματοληψίας και κβάντισης με τη βοήθεια ενός μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ADC), ο οποίος μετασχηματίζει το αναλογικό σήμα σε μια ακολουθία από αριθμούς. Συχνά όμως το ζητούμενο σήμα εξόδου είναι επίσης αναλογικό παρόλο που η επεξεργασία έχει ψηφιακό χαρακτήρα, επομένως χρειάζεται και ένας μετατροπέας ψηφιακού σήματος σε αναλογικό (DAC). Αν και αυτή η διαδικασία μπορεί να είναι πιο πολύπλοκη σε σχέση με την αναλογική επεξεργασία και έχει διακριτό πεδίο τιμών, η χρήση υπολογιστικής ισχύος στην ψηφιακή επεξεργασία σήματος έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με την αναλογική επεξεργασία σήματος σε πολλές εφαρμογές, όπως ο εντοπισμός και η σάρωση λαθών στις επικοινωνίες και η συμπίεση δεδομένων.

Στο παρακάτω σχήμα, βλέπουμε τον πιο απλό μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.



Οι αλγόριθμοι ΨΕΣ, εκτελούνται από παλιά σε υπολογιστές, σε εξειδικευμένους επεξεργαστές που ονομάζονται ψηφιακοί επεξεργαστές σήματος, σε υλικό που κατασκευάζεται ειδικά για αυτόν τον σκοπό, όπως τα ολοκληρωμένα κυκλώματα εφαρμογών (Application Specific Integrated Circuits, ASIC). Σήμερα χρησιμοποιούνται και άλλες τεχνολογίες για την ψηφιακή επεξεργασία σήματος όπως οι ισχυροί μικροεπεξεργαστές γενικής χρήσης, οι συστοιχίες επιτόπια προγραμματιζόμενων πυλών (FPGA), οι ψηφιακοί ελεγκτές σήματος (κυρίως σε εφαρμογές στη βιομηχανία, όπως ο έλεγχος κινητήρων) και οι επεξεργαστές ροής (stream processors).

Η ψηφιακή μορφοποίηση σώζει κάθε κομμάτι πληροφορίας με διακριτό τρόπο, δηλαδή ξεχωριστά. Αν πάρουμε ένα τμήμα μιας εικόνας και το μεγεθύνουμε αρκετά, αυτό που θα δούμε είναι πολλά τετράγωνα που το καθένα έχει διαφορετικό χρώμα. Αν μεγεθύνουμε πάρα πολύ μια εικόνα, το αποτέλεσμα που θα πάρουμε, είναι αυτό που βλέπουμε παρακάτω.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



Το μόνο που φαίνεται είναι ένα σύνολο τετραγώνων. Αυτό συμβαίνει επειδή η εικόνα δεν είναι συνεχής, αλλά έχει σχηματιστεί από έναν πίνακα από τετραγωνίδια, που ονομάζονται **εικονοστοιχεία**. Αυτό είναι ένα κύριο χαρακτηριστικό των ψηφιακών μορφοποιήσεων.

Εικονοστοιχείο ή **pixel** (ακρωνύμιο του αγγλικού picture element), είναι ένα σημείο μιας εικόνας που εμφανίζεται στην οθόνη ενός υπολογιστικού συστήματος, δηλαδή, για το υπολογιστικό σύστημα, ένα δείγμα πληροφορίας. Στον υπολογιστή η εικόνα αναπαριστάται υπό τη μορφή «ψηφιδωτού». Το εικονοστοιχείο είναι, απλά, μια ψηφίδα του ψηφιδωτού αυτού και, ως εκ τούτου, θεωρείται ως το μικρότερο πλήρες δείγμα μιας εικόνας. Στην οθόνη ενός υπολογιστή οι εικόνες αναπαριστώνται με υποδιαίρεση της οθόνης σε ένα δισδιάστατο πίνακα με στήλες και γραμμές. Κάθε «τετράγωνο» σε ένα τέτοιο πίνακα, είναι ένα εικονοστοιχείο. Ο αριθμός των υποδιαίρεσεων είναι επαρκώς μεγάλος, τόσο, ώστε το ανθρώπινο μάτι να μη μπορεί να διακρίνει το ένα εικονοστοιχείο από το άλλο και να βλέπει την εικόνα ενιαία. Οι τιμές ανάλυσης σε εικονοστοιχεία μπορούν να εκφραστούν είτε ως ένας ενιαίος αριθμός π.χ. 8 megapixel, που σημαίνει ότι η εικόνα αποτελείται από 8 εκατομμύρια εικονοστοιχεία ή ως ζεύγος αριθμών π.χ. 640 επί 480, που σημαίνει ότι η εικόνα έχει 640 εικονοστοιχεία κατά μήκος και 480 καθ' ύψος, άρα συνολικά $640 \times 480 = 307.200$ εικονοστοιχεία (ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ - Εικονοστοιχείο).

Με τον ίδιο τρόπο που θεωρούμε ότι το bit είναι ένα ατομικό στοιχείο της πληροφορίας, έτσι και το εικονοστοιχείο, είναι το μοριακό επίπεδο των γραφικών. Όπως είπαμε παραπάνω, σκεφτόμαστε μια εικόνα σαν ένα σύνολο από στήλες και γραμμές, όπως ένα άδειο σταυρόλεξο. Για κάθε μονόχρωμη εικόνα, μπορούμε να αποφασίσουμε για το συνολικό πλήθος των στηλών και των γραμμών που θα χρησιμοποιήσουμε. Όσο περισσότερες χρησιμοποιούμε, τόσο ελαττώνονται οι διαστάσεις των τετραγώνων, συνεπώς μικραίνουν τα pixel και το αποτέλεσμα είναι καλύτερο. Στη συνέχεια, αυτό το «πλέγμα» απλώνεται πάνω από μια φωτογραφία και σε κάθε τετράγωνο γράφεται η τιμή της φωτεινής έντασης στο σημείο αυτό. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας, είναι η αντικατάσταση του μέχρι προ τινός άδειου σταυρόλεξου από έναν αριθμητικό πίνακα. Τα εικονοστοιχεία μπορεί να έχουν είτε ορθογώνιο είτε τετράγωνο σχήμα. Ένας αριθμός αποκαλούμενος **λόγος διάστασης** περιγράφει το κατά πόσο πλησιάζει ένα κανονικό τετράγωνο το εκάστοτε εικονοστοιχείο.

Παραδείγματος χάριν, λόγος διάστασης 1.25:1 σημαίνει ότι κάθε εικονοστοιχείο είναι 1,25 φορές πιο πλατύ σε σχέση με το ύψος του. Η διαφορά λόγου διάστασης, δηλαδή του λόγου απεικόνισης, είναι η βασική αιτία που μερικές φορές εικόνες στον υπολογιστή εμφανίζονται παραμορφωμένες, ειδικά στις οθόνες με σταθερή ανάλυση.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Ανάλυση	Αριθμός pixel	Λόγος διάστασης
320x200	64.000	8:5
640x480	307.200	4:3
800x600	480.000	4:3
1024x768	786.432	4:3
1280x1024	1.310.720	5:4
1600x1200	1.920.000	4:3
1920x1080	2.073.600	16:9
3840x2160	8.294.400	16:9
7680x4320	33.177.600	16:9



Κάθε εικονοστοιχείο σε μια μονοχρωματική εικόνα έχει μία τιμή φωτεινότητας. Μια αριθμητική αντιπροσώπευση μηδενός συνήθως αντιπροσωπεύει το μαύρο, και η μέγιστη τιμή αντιπροσωπεύει το λευκό (ESA Eduspace).

Στην περίπτωση του χρώματος, έχουμε τρεις αριθμούς ανά εικονοστοιχείο. Ανά έναν για το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε χρώμα ή ανά έναν για την ένταση, την απόχρωση και τον κορεσμό. Αξίζει να ανοίξουμε μια παρένθεση και να θυμίσουμε κάποια πράγματα σε σχέση με τα χρώματα που χρησιμοποιούμε. Τα τρία προσθετικά (όπως στην τηλεόραση) είναι το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε. Τα τρία αφαιρετικά, που χρησιμοποιούνται και στη τυπογραφία, είναι το ματζέντα, το κυανό και το κίτρινο.

Συνεχίζοντας, στην περίπτωση της κίνησης, έχουμε δειγματοληψία του χρόνου, όπως και με τις εικόνες μιας κινηματογραφικής ή τηλεοπτικής ταινίας.

Κάθε δείγμα είναι μια εικόνα, ένα άλλο σταυρόλεξο, που όταν τοποθετούνται όλες μαζί και, στη συνέχεια, αναπαράγονται με μεγάλη ταχύτητα, τότε δημιουργείται το οπτικό φαινόμενο της ομαλής κίνησης.

Η αληθινή δύναμη του εικονοστοιχείου προέρχεται από τη «μοριακή» του φύση, δηλαδή, στο ότι το εικονοστοιχείο μπορεί να είναι μέρος ενός κειμένου, μιας γραμμής ή μιας φωτογραφίας. Το ότι τα

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

εικονοστοιχεία είναι εικονοστοιχεία, είναι τόσο αληθινό, όπως και το ότι τα bits είναι bits. Χρησιμοποιώντας, πλέον, ένα μεγάλο αριθμό εικονοστοιχείων και με αρκετά bits ανά εικονοστοιχείο (για τόνους του γκριζου ή για χρώμα), μπορούμε να πετύχουμε την καλύτερη δυνατή ποιότητα απεικόνισης. Εντούτοις, τόσο οι καλές όσο και οι κακές ποιότητες απεικόνισης, προέρχονται από τη «σαφήνεια» της βασικής πλεγματικής δομής.

Συνήθως, τα εικονοστοιχεία χρησιμοποιούν ένα μεγάλο τμήμα της υπολογιστικής μνήμης. Όσο όμως περισσότερα εικονοστοιχεία και bits ανά εικονοστοιχεία χρησιμοποιούμε, όλο και περισσότερη μνήμη χρειαζόμαστε για να τα αποθηκεύουμε. Μια τυπική οθόνη με 1000 επί 1000 pixel, για να αποδώσει πραγματικό χρώμα, χρειάζεται 24 εκατομμύρια bits μνήμης. Οι πρώτες οθόνες ανίχνευσης «κουκίδων» (raster-scan displays), χρησιμοποιούσαν μόλις ένα bit ανά pixel, με αποτέλεσμα να έρθουμε αντιμέτωποι με το πρόβλημα του «σκαλοπατιού» ή αλλιώς *χωρική παραμόρφωση* (spatial aliasing). Κάτι που σήμερα έχει επιλυθεί με τη χρήση περισσότερων bits ανά εικονοστοιχείο και μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ.

Έχοντας μελετήσει, λοιπόν, το εικονοστοιχείο μπορούμε να προχωρήσουμε και να μάθουμε κάποια παραπάνω στοιχεία για τη δημιουργία της ψηφιακής εικόνας. Στην ουσία, η ψηφιακή μορφοποίηση βασίζεται σε μια μαθηματική διαδικασία, το δυαδικό σύστημα (binary system) που επιτρέπει στους υπολογιστές να εγγράφουν δεδομένα και στη συνέχεια να τα ανακαλούν, να κάνουν υπολογισμούς και να τα αποθηκεύουν, ή ακόμη και να τα εμφανίζουν με τη μορφή εικόνας. Για την ακρίβεια, το δυαδικό σύστημα αποτελεί το θεμέλιο ολόκληρου του κόσμου των υπολογιστών.

Δειγματοληψία 1.3.1

Οι διαφορετικές συνθήκες ψηφιοποίησης καλύπτονται από τη θεωρία της **Δειγματοληψίας**. Είναι εξαιρετικά εκτεταμένη, αποτελεί έναν από τους κύριους πυλώνες της Πληροφορικής Επιστήμης και είναι εφαρμόσιμη σε όλες τις πλευρές των ψηφιακών τεχνολογιών και συστημάτων. Ένα από τα βασικά θεώρημά της είναι, το **Θεώρημα Δειγματοληψίας** που καθορίζει τη σχέση ανάμεσα στο αναλογικό μήνυμα, που πρόκειται να ψηφιοποιηθεί και τη συχνότητα δειγματοληψίας. Πιο συγκεκριμένα, προσδιορίζει σε σχέση με τη 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 μπορούμε να επανασυνθέσουμε το αρχικό αναλογικό χωρίς απώλειες.

Πιο απλά, η μέγιστη συχνότητα που περιμένουμε να συναντήσουμε σε ένα αναλογικό σήμα, είναι η ένδειξη του πόσο συχνά συμβαίνει το γεγονός που μας ενδιαφέρει. Επίσης, με βάση το Θεώρημα της Δειγματοληψίας, είναι απαραίτητο να επιλέξουμε μια συχνότητα δειγματοληψίας διπλάσια, τουλάχιστον, από τη μέγιστη που περιμένουμε να συναντήσουμε σε ένα σήμα. Αυτή η συχνότητα ονομάζεται, **συχνότητα Nyquist**. Όλα τα γεγονότα που επαναλαμβάνονται με συχνότητα μικρότερη από τη συχνότητα Nyquist, καταγράφονται με ακρίβεια. Τα γεγονότα όμως που επαναλαμβάνονται με μεγαλύτερη συχνότητα από τη Nyquist, σπάνια καταγράφονται σωστά ή δε καταγράφονται καθόλου.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



Εικόνα μετά από δειγματοληψία.

Η συχνότητα, στην ουσία, είναι ο ρυθμός της επανάληψης. Στην περίπτωση της εικόνας πιο πάνω, αλλά και γενικότερα στις εικόνες, ο ρυθμός της επαναληψιμότητας εκφράζεται από την πυκνότητα του πλέγματος των στοιχείων σε σχέση με κάποιο μέτρο αναφοράς. Δηλαδή, παίρνουμε n δείγματα ανά μονάδα μήκους, πλάτους ή εμβαδού, σε αντιστοιχία των δειγμάτων αυτών ανά μονάδα χρόνου.

Τελικά, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι για να πετύχουμε την δυνατότερη αξιόπιστη απεικόνιση ενός αντικειμένου μιας εικόνας, πρέπει να εξασφαλίσουμε πώς το μέγεθος του ελάχιστου στοιχείου καταγραφής που χρησιμοποιούμε, να είναι το πολύ το μισό από την ελάχιστη επιφάνεια που θέλουμε να καταγράψουμε. Αντίστροφα, με δεδομένο το μέγεθος των στοιχείων, θα πρέπει να θυμόμαστε πως το ελάχιστο μέγεθος που μπορούμε να καταγράψουμε με ακρίβεια και αξιοπιστία, είναι το διπλάσιο, τουλάχιστον, του μεγέθους των στοιχείων μας.

Η δειγματοληψία, λοιπόν, καθορίζει αφενός τον μέγιστο αριθμό πληροφοριών που μπορούμε να πάρουμε από μια εικόνα και αφετέρου την ελάχιστη λεπτομέρεια που μπορούμε να καταγράψουμε με αξιοπιστία.

Παρόλα αυτά, πρέπει να αναφέρουμε πως τα χαρακτηριστικά αυτά, δεν εγγυώνται με κανένα τρόπο την τελική ποιότητα της πληροφορίας που καταγράφεται.

Κβαντισμός 1.3.2

Ο **κβαντισμός** (quantization), μας επιτρέπει να χωρίσουμε το εύρος των τιμών του φαινομένου που θέλουμε να ψηφιοποιήσουμε, σε διακριτά βήματα.

Σε μια εικόνα που υπέστη δειγματοληψία, η φωτεινότητα κάθε pixel (εικονοστοιχείο) παίρνει μια τιμή από ένα πεπερασμένο σύνολο αριθμών L , συνήθως ακεραίων, από 0 έως $L-1$. Τυπικά το πλήθος των επιπέδων φωτεινότητας είναι δύναμη του 2, $L = 2^k$. Όπου k , είναι τα bits. Στις ασπρόμαυρες εικόνες, συνήθως το $k = 8$, άρα έχουμε $2^8 = 256$ πιθανά επίπεδα φωτεινότητας, με τιμές από 0 έως 255.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Όπως και με την συχνότητα δειγματοληψίας, οι τιμές της φωτεινότητας μιας εικόνας, θα πρέπει να κβαντιστούν σωστά, ώστε να μη χαθεί σημαντική πληροφορία φωτεινότητας. Για αυτό και θέλουμε μικρό διάστημα κβαντισμού.

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

Στον ψηφιακό κόσμο, δεν υπάρχουν υποδιαιρέσεις τιμών. Κατά το βήμα της κβάντισης η στρογγυλοποίηση, που δίνεται προς τα πάνω ή προς τα κάτω, αυξάνει ή μειώνει την πραγματική τιμή της μέτρησης κατά ένα ποσοστό που δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από μισό βήμα. Καθώς η στρογγυλοποίηση αναφέρεται στο τελευταίο ψηφίο του δυαδικού αριθμού μας, το *ψηφίο τελευταίας τάξης* αλλιώς, το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να εισάγει ο κβαντισμός είναι το μισό του ελάχιστου βήματος ($1/2$ LSB-Least Significant Bit), και λέγεται **Μέγιστο Πιθανό Σφάλμα Κβαντισμού**. Για να περιορίσουμε τα σφάλματα αυτού του τύπου, είναι λογικό να φροντίζουμε ώστε το ελάχιστο βήμα να είναι όσο μικρότερο γίνεται. Για να μειώσουμε το ελάχιστο βήμα, είναι απαραίτητο να αυξήσουμε τον αριθμό από bits που χρησιμοποιούμε για να εκφράσουμε τις τιμές αυτές.

Συμπερασματικά, ο κβαντισμός, με βάση τον αριθμό των bits που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή μιας μέτρησης, καθορίζει την ακρίβεια με την οποία καταγράφεται η αξία ενός δείγματος, δηλαδή του κάθε pixel. Παρά το γεγονός ότι κάποιο σφάλμα θα εισαχθεί από τη κβάντιση, η διαδικασία, αυτή, μας δίνει μια ξεκάθαρη εικόνα της ανανεωμένης ποιότητας και αξιοπιστίας της απεικόνισης των χαρακτήρων, της εικόνας αυτής, στον ψηφιακό κόσμο.

Η δειγματοληψία, που μας επιτρέπει να έχουμε τον μέγιστο αριθμό διαθέσιμων δειγμάτων (pixel) και ο κβαντισμός, με την ακρίβεια καταγραφής του κάθε δείγματος, δηλαδή τον αριθμό $\text{bits} / \text{pixel}$, μας επιτρέπει να καθορίσουμε την επιθυμητή ή την αναμενόμενη ποιότητα και πιστότητα ψηφιοποίησης.

Vectors και bitmaps 1.3.3

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, δηλαδή διαφορετικό 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**. Μιας και η ελάχιστη πληροφορία, που μπορεί να καταγραφεί, 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». Το φαινόμενο αυτό λέγεται *aliasing* και περιορίζεται όσο μικραίνει το φυσικό μέγεθος του pixel, χωρίς ωστόσο να είναι πάντα δυνατή η πλήρης εξάλειψη του.

Επομένως, ενώ μία στοιχειογραφημένη 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.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Οι στοιχειογραφημένες εικόνες, όμως, έχουν και τον παρακάτω περιορισμό. Κάθε σχέδιο ή σχήμα που καταγράφουν, αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό από pixels και επομένως δεν είναι εύκολο να μεγεθυνθεί. Μεγαλώνοντας χάνει την ευκρίνεια και την λεπτομέρειά του και στην πιο απλή περίπτωση δημιουργούνται κενά ανάμεσα στα υπάρχοντα pixels, που το σύστημα απεικόνισης βρίσκεται σε θέση 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.

Η απεικόνιση γραμμικών στοιχείων, υποστηρίζεται από μια άλλη κατηγορία εικόνων που χρησιμοποιούν μαθηματικές εκφράσεις για την περιγραφή των αντικειμένων ή των σχημάτων που απεικονίζονται, χωρίς να αποθηκεύουν τα επιμέρους σημεία των σχημάτων αυτών. Οι εικόνες αυτές ονομάζονται **ανυσματικές** ή **διανυσματικές (vector based)**. Το κάθε αντικείμενο περιγράφεται με βάση το *περίγραμμα* και το *περιεχόμενό* του, ανεξάρτητα από το μέγεθος που καταλαμβάνει μέσα στην εικόνα. Ένα τετράγωνο, για παράδειγμα, θα απεικονίζεται με τον μαθηματικό τύπο του τετραγώνου με μια επιπλέον περιγραφή των χαρακτηριστικών της γραμμής για το περίγραμμά του, όπως του χρώματος και του πάχους, 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. Το μειονέκτημα των ανυσματικών εικόνων, όμως, ενώ απεικονίζουν γραμμικά και γεωμετρικά σχέδια με μεγάλη ακρίβεια, είναι ότι δεν έχουν δυνατότητες εύκολης απεικόνισης διαβαθμίσεων χρώματος και είναι εξαιρετικά «φτωχές» στην απόδοση συνεχών τόνων.

Οι ανυσματικές εικόνες, χρησιμοποιούνται κυρίως σε σχεδιαστικές εφαρμογές ενώ οι στοιχειογραφημένες, προτιμούνται στην περίπτωση της ψηφιακής εικόνας.

Αξίζει όμως να αναφερθούμε στα ανυσματικά αρχεία επειδή, σε πληθώρα προγραμμάτων επεξεργασίας εικόνας, πολλά εργαλεία χρησιμοποιούν ανυσματική απεικόνιση βοηθημάτων επεξεργασίας όπως, περιγράμματα, πλαίσια, γραμμές, εισαγωγή χαρακτήρων περιγραφή κειμένου κλπ.

Ανάλυση ψηφιοποιημένης εικόνας 1.3.4

Το τελευταίο και σημαντικό κομμάτι αυτού του κεφαλαίου, είναι αυτό που θα αναλύσουμε τώρα. Η ανάλυση της ψηφιοποιημένης, πλέον, εικόνας.

Όταν μια εικόνα *ψηφιοποιείται* ή, αλλιώς, *κωδικοποιείται*, το γινόμενο των γραμμών (x) του πλέγματος επί των στηλών (y) του, επιλέγεται και σταθεροποιείται. Κάθε ζεύγος αριθμών x και y, χαρακτηρίζει ένα εικονοστοιχείο. Το γινόμενο των διαστάσεων, x επί y, δηλαδή ο συνολικός αριθμός pixels της εικόνας, είναι γνωστό με τον όρο, **ανάλυση** της εικόνας ή **resolution**. Όσο περισσότερα pixels διαθέτει μια εικόνα, με δεδομένο φυσικό μέγεθος, τόσο περισσότερη πληροφορία είναι διαθέσιμη για να την περιγράψει.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

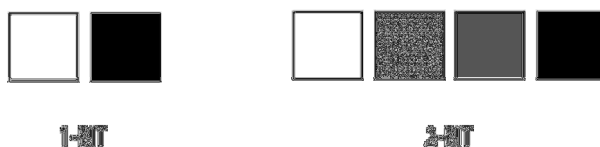
Η ανάλυση μίας ψηφιακής εικόνας επηρεάζει κυρίως το φυσικό μέγεθος εκτύπωσής της. Είναι όμως και μια ένδειξη της *διακριτικότητας* που εμπεριέχει μια εικόνα, δηλαδή μια έκφραση της ικανότητάς της να καταγράφει πληροφορίες μικρού φυσικού μεγέθους.

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.

Βάθος εικονοστοιχείων και έγχρωμη εικόνα 1.3.5

Την ακρίβεια της καταγραφής της πληροφορίας που αποθηκεύεται σε ένα pixel καθορίζει το **βάθος εικονοστοιχείου** ή **bit depth**. Όσο μεγαλύτερο το βάθος εικονοστοιχείου, τόσο περισσότερη η λεπτομέρεια της πληροφορίας που μπορεί να χωρέσει. Το βάθος εικονοστοιχείου, είναι στην ουσία μια ένδειξη της ακρίβειας και της ανάλυσης του κβαντισμού μιας εικόνας. Εκφράζει τον αριθμό από ενδιάμεσα βήματα ή διαβαθμίσεις που είναι δυνατόν να οριστούν, ανάμεσα στα δύο άκρα της κλίμακας μέτρησης. 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.

Τις διαθέσιμες διαβαθμίσεις, μας τις δίνει η τιμή του βάθους του εικονοστοιχείου υψωμένη στο τετράγωνο. Μια μονοχρωματική εικόνα με βάθος 2 bits έχει $2^2 = 4$ διαβαθμίσεις, μια εικόνα των 3 bit θα έχει $2^3 = 8$.



Ας γίνουμε λίγο πιο συγκεκριμένοι.

Μια εικόνα ενός bit, έχει 2^1 διαβαθμίσεις, δηλαδή μόνο δύο τιμές, 0 και 1 ή άσπρο και μαύρο. Μια εικόνα 2 bits, έχει 2^2 δηλαδή τέσσερις, οι οποίες είναι, 00 (μαύρο), 01 (βαθύ γκρι), 10 (ανοιχτό γκρι) και 11 (λευκό).

Η παραπάνω μέθοδος καταγραφής εφαρμόζεται και στις έγχρωμες ψηφιακές εικόνες. 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

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

στόχο να μελετήσει και να αναλύσει το χρώμα στη φύση και τελικά να προσδιορίσει τρόπους καταγραφής των χρωμάτων με μεθοδικότητα και ακρίβεια.

Η ψηφιακή αναπαράσταση, έχει το μεγάλο πλεονέκτημα **να μένει αναλλοίωτη στο πέρασμα του χρόνου και η ποιότητά της να είναι σταθερή**. Τα αρνητικά ενός φωτογραφικού φιλμ με την πάροδο του χρόνου είναι πιθανό να αλλοιώνονται, με αποτέλεσμα τα χρώματα σε μελλοντικές εκτυπώσεις να μην είναι το ίδιο ζωντανά. Αντίθετα, μια φωτογραφία σε ψηφιακή μορφή μπορεί να αναπαραχθεί με την ίδια ποιότητα, χωρίς να έχει σημασία πότε αποθηκεύτηκε για πρώτη φορά.

(Negrponte, 1995).

(Fennessy, 2002).

(Ν.Η.Παπαμάρκος, 2001).

(ESA Eduspace).

(ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ - Εικονοστοιχείο).

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Κεφάλαιο 2

Πρότυπα ψηφιακής εικόνας – Χρωματικά μοντέλα 2.1

Όταν ο άνθρωπος άρχισε να ασχολείται με τα χρώματα, ένοιωσε την ανάγκη να τα περιγράψει με σαφή τρόπο και να δημιουργήσει ένα «χρωματικό» κατάλογο. Με τη μελέτη και τη ανάλυση, είναι δυνατή η ακριβής περιγραφή ενός χρώματος και η αναπαραγωγή του κατά βούληση. Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναλύσουμε όσα μας είναι απαραίτητα για την κατανόηση των θεμάτων που μας απασχολούν σχετικά με την εικόνα, την αποτύπωση και την επεξεργασία της, ψηφιακά.

Ιστορικά, χρησιμοποιήθηκαν διάφορες ιδιότητες που αποδόθηκαν στα χρώματα όπως η απόχρωση, ο κορεσμός, η λαμπρότητα, η φωτεινότητα κλπ. 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 **Color Models**. Τα χρωματικά μοντέλα είναι πολύτιμα και είναι η βάση πάνω στην οποία καθορίζονται όλες οι διαδικασίες διαχείρισης χρώματος ανεξαρτήτως μέσου ή εφαρμογής (Lacey, 2002).

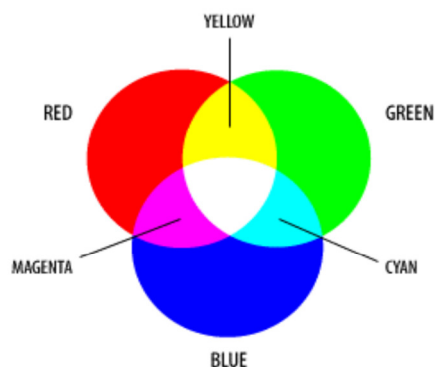
Πρότυπο RGB 2.1.1

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

Το χρωματικό μοντέλο RGB, ονομάζεται **προσθετικό** 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. Η επιλογή των βασικών χρωμάτων προήλθε πιθανώς από την ανθρώπινη βιολογία, επειδή είναι ερεθίσματα τα οποία διεγείρουν συγκεκριμένους δέκτες του ανθρώπινου αμφιβληστροειδούς. Το ανθρώπινο μάτι έχει 3 τέτοιους δέκτες (κωνία) και ο κάθε ένας είναι ευαίσθητος σε συγκεκριμένη περιοχή μήκους κύματος, αλλά είναι γενικά πιο ευαίσθητα στο πράσινο φως. Με αυτό το κομμάτι, όμως, θα ασχοληθούμε στο επόμενο κεφάλαιο.

Το παρακάτω σχήμα 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.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



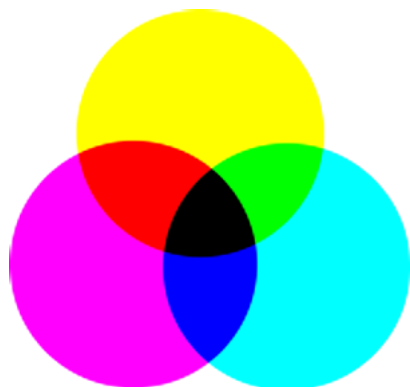
Προσθετικό χρωματικό μοντέλο.

CMY – CMYK 2.1.2

Το **CMY** ή **CMY(K)** είναι ένα χρωματικό πρότυπο που έχει συστατικά για κυανό, ματζέντα, κίτρινο και μαύρο. Είναι ένα *αφαιρετικό χρωματικό μοντέλο* και αυτό είναι σημαντικό όταν τυπώνεται μια εικόνα. Αφαιρετικό, γιατί 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. Είναι συμπληρωματικό στο χρωματικό πρότυπο RGB.

Οι τιμές των ατομικών χρωμάτων ποικίλλουν από 0% μέχρι 100%, όπου 0% αντιστοιχεί σε ένα ανεκτύπωτο χρώμα και 100% αντιστοιχεί σε μια πλήρως εκτυπωμένη περιοχή χρώματος. Τα χρώματα σχηματίζονται από την ανάμιξη των τριών βασικών χρωμάτων (κόκκινο, πράσινο, μπλε). Η τελευταία από αυτές τις τιμές, **K** (μαύρο) στο CMYK, είναι η πρόσθεση ενός επιπλέον καναλιού που αντιπροσωπεύει απλά τη πυκνότητα μαύρου χρώματος και ονομάζεται κανάλι K, είτε από το black είτε από τη λέξη **Key**, δηλαδή κλειδί. Το νέο κανάλι δίνει και το πλήρες όνομα του χρωματικού μοντέλου και πολλές φορές αναφέρεται και σαν «τετραχρωμία». Δεν συνεισφέρει στο χρώμα, αλλά χρησιμεύει μόνο για να σκοτεινιάσει τα άλλα χρώματα. Το γράμμα K χρησιμοποιείται, για το μαύρο, για την αποφυγή σύγχυσης, μιας και το B συνήθως αντιστοιχεί στο γαλάζιο. Αναλύοντας περισσότερο το προηγούμενο κομμάτι, ένα αντικείμενο με επιφάνεια που περιέχει το 100% από τα τρία χρώματα C, M και Y, 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.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



Αφαιρετικό χρωματικό μοντέλο.

HSV 2.1.3

Το **HSV**, είναι ένα χρωματικό πρότυπο που, έχει συστατικά για *απόχρωση* (το χρώμα, όπως γαλάζιο ή κόκκινο), *κορεσμό* (πόσο δυνατό είναι το χρώμα) και *τιμή* (τη φωτεινότητα).

Η κατάσταση RGB είναι πολύ καλή για οθόνες υπολογιστή, αλλά δεν μας επιτρέπει να περιγράψουμε τι βλέπουμε στην καθημερινή ζωή, για παράδειγμα, ένα ανοιχτό πράσινο, ένα ανοιχτό ροζ, ένα εκτυφλωτικό κόκκινο κλπ. Το πρότυπο HSV λαμβάνει υπόψη του αυτά τα χαρακτηριστικά. Το HSV και το RGB δεν είναι τελείως ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Με την αναφορά σε αυτό το μοντέλο, θα κάνουμε και μια περιγραφή των συστατικών του. Θα ξεκινήσουμε με την **απόχρωση**. Είναι το *χρώμα*¹, που καταλήγει από ένα συνδυασμό των βασικών χρωμάτων. Όλες οι αποχρώσεις, εκτός από τις στάθμες του γκρι, αναπαριστώνται σε έναν *χρωματικό κύκλο* (κίτρινο, γαλάζιο, πορφυρό, πορτοκαλί κλπ). Το εύρος των τιμών του χρωματικού κύκλου ή του χρωματικού «τροχού», είναι μεταξύ 0° και 360°.



¹ Ο όρος χρώμα, συχνά χρησιμοποιείται αντί της απόχρωσης.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Κορεσμός, είναι η τιμή περιγράφει πόσο «χλομό» είναι το χρώμα. Ένα ολότελα ακόρεστο χρώμα, είναι μια απόχρωση του γκρι. Καθώς ο κορεσμός αυξάνει, το χρώμα γίνεται μια απόχρωση του παστέλ. Ένα ολότελα κορεσμένο χρώμα, είναι καθαρό. Οι τιμές κορεσμού πηγαίνουν από 0 μέχρι 100, από άσπρο στο πολύ καθαρό χρώμα.

Τέλος βρίσκουμε τη **φωτεινότητα**, που περιγράφει τη φωτεινή ένταση. Είναι το ποσό του φωτός που εκπέμπεται από ένα χρώμα. Μπορείτε να δείτε μια αλλαγή φωτεινότητας όταν ένα χρωματισμένο αντικείμενο μετακινείται από τη σκιά στον ήλιο ή όταν αυξάνεται τη φωτεινότητα της οθόνης σας. Οι τιμές πάνε από 0 έως 100. Οι τιμές του εικονοστοιχείου στα τρία κανάλια είναι επίσης φωτεινότητες.

YCbCr 2.1.4

Το **YCbCr**, αναπτύχθηκε για το πρότυπο τηλεόρασης PAL και για να καλύψει τις ανάγκες της ψηφιακής επεξεργασίας video. Είναι ένα ψηφιακό μοντέλο χρωμάτων και ανήκει στην οικογένεια των συστημάτων που χρησιμοποιούνται στην τηλεοπτική μετάδοση. Η δημιουργία του κάλυψε ουσιαστικά την ανάγκη προσθήκης της πληροφορίας του χρώματος στο ήδη υπάρχον ασπρόμαυρο τηλεοπτικό σήμα.

Είναι πολύ χρήσιμο σε εφαρμογές συμπίεσης, αλλά δεν απεικονίζει τα χρώματα σύμφωνα με τον τρόπο που τα αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι. Η συνιστώσα Y περιγράφει τη φωτεινότητα και οι Cb, Cr τις πληροφορίες χρώματος.

Συγκεκριμένα, το Cb εκφράζει τη χρωματική διαφορά ως προς το μπλε και το Cr τη χρωματική διαφορά ως προς το κόκκινο. Υπάρχουν δύο λόγοι που καταφεύγουμε σε αυτόν το μετασχηματισμό. Ο πρώτος αφορά την ανθρώπινη όραση, το γεγονός δηλαδή ότι η ανθρώπινη όραση είναι πολύ πιο ευαίσθητη στη φωτεινότητα της εικόνας παρά στα χρώματα. Μετασχηματίζοντας το RGB σήμα, σε ένα σήμα φωτεινότητας και δύο άλλα που μεταφέρουν τη χρωματική πληροφορία, μπορούμε να βελτιστοποιήσουμε την ταχύτητα μετάδοσης της εικόνας. Τα δύο χρωματικά σήματα μπορούν να παρασταθούν και μεταδοθούν με μικρότερη ακρίβεια από ότι το σήμα φωτεινότητας, κάνοντας έτσι οικονομία του διαθέσιμου bandwidth.

Ο δεύτερος λόγος είναι η διατήρηση της συμβατότητας με τα παλαιότερα συστήματα τηλεόρασης. Μια μαυρόασπρη τηλεόραση θα αγνοήσει τα χρωματικά σήματα και θα απεικονίσει μόνο τη φωτεινότητα.

Η μετατροπή του RGB χρωματικού χώρου, στον YCbCr, γίνεται βάσει της παρακάτω σχέσης

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112 \\ 112 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

YUV 2.1.5

Ένα χρωματικό πρότυπο που χρησιμοποιεί δύο συστατικά για να αναπαραστήσουν τη χρωματική πληροφορία. Την ένταση του φωτός (ισχύ του φωτός ανά επιφάνεια) ή το ποσοστό του χρώματος (χρώμα), όπου η χρωματικότητα αποτελείται πάλι από δύο συστατικά. Η ανάπτυξη του χρωματικού προτύπου YUV επίσης πηγαινει πίσω στην ανάπτυξη του τηλεοπτικού χρώματος PAL, όπου τρόποι αναζητήθηκαν για τη μεταφορά της χρωματικής πληροφορίας μαζί με το ασπρόμαυρο σήμα για να επιτευχθεί συμβατότητα, χωρίς να έχουμε αύξηση στο διαθέσιμο εύρος ζώνης μετάδοσης.

Από το χρωματικό πρότυπο YUV των τεχνικών της αναλογικής τηλεόρασης, αναπτύχθηκε το χρωματικό πρότυπο YCbCr, που ασχοληθήκαμε παραπάνω. Λαθεμένα, το χρωματικό πρότυπο YUV αναφέρεται ότι χρησιμοποιείται σε είδη ψηφιακής εικόνας και συμπίεσης βίντεο, διότι το YCbCr χρησιμοποιείται στην πραγματικότητα.

Για τον υπολογισμό των σημάτων φωτεινότητας, τα υποκείμενα δεδομένα RGB ρυθμίζονται πρώτα με τη τιμή γάμα², της συσκευής εξόδου και ένα σήμα R' G' B' λαμβάνεται. Τα τρία ατομικά συστατικά προστίθενται μαζί με διαφορετικές βαρύτητες, για να σχηματίσουν την πληροφορία φωτεινότητας.

$$Y = R + G + B$$

Τα σήματα χρωμικότητας και τα σήματα χρωματικής διαφοράς επίσης, περιέχουν τη χρωματική πληροφορία. Σχηματίζονται από τη διαφορά του γαλάζιου με τη φωτεινότητα ή του κόκκινου με τη φωτεινότητα.

$$U = B - Y$$

$$V = R - Y$$

Από τα τρία δημιουργημένα συστατικά, Y, U και V, οι ατομικές αναλογίες χρώματος του βασικού χρώματος μπορούν να υπολογιστούν ξανά αργότερα.

$$Y + U = Y + (B - Y) = Y - Y + B = B$$

$$Y + V = Y + (R - Y) = Y - Y + R = R$$

$$Y - B - R = (R + G + B) - B - R = G$$

Επιπλέον, λόγω της δομής του αμφιβληστροειδή χιτώνα του ανθρώπινου ματιού, οι πληροφορίες φωτεινότητας αντιλαμβάνονται σε υψηλότερη ανάλυση, σε σχέση με το χρώμα, έτσι ώστε πολλοί τύποι βασισμένοι στο χρωματικό πρότυπο YUV, συμπιέζουν την χρωμικότητα για να αποθηκεύσουν το εύρος ζώνης κατά τη μετάδοση.

² Γάμα ή γάμα διόρθωση είναι μια μη γραμμική λειτουργία που χρησιμοποιείται για να κωδικοποιήσει και να αποκωδικοποιήσει τη φωτεινότητα ή τιμές χρώματος σε βίντεο ή σε συστήματα στατικής εικόνας. Χρησιμοποιείται σε πολλούς τύπους συστημάτων εικόνας για να ισιώσει μια καμπύλη απάντηση σήματος σε φως ή έντασης σε σήμα.

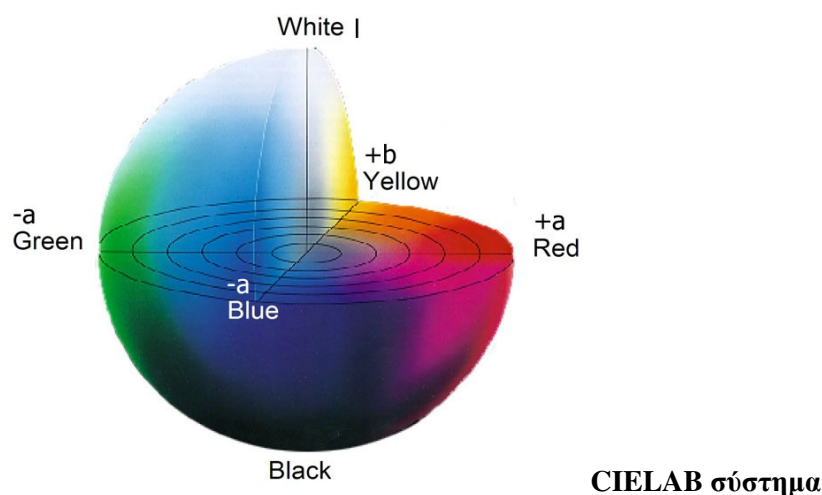
Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

CIE L*a*b* - CIELAB 2.1.6

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 στους άξονες L*, a* και b*, όπου ο κεντρικός άξονας απεικονίζει τη φωτεινότητα, Lightness (L), με τιμές μεταξύ 0, για το μαύρο, και 100 για το λευκό. Οι άλλοι δύο άξονες, είναι άξονες χρώματος και βασίζονται στο ότι, ένα χρώμα δε μπορεί να είναι κόκκινο και πράσινο ταυτόχρονα αλλά ούτε γαλάζιο και κίτρινο, καθώς τα χρώματα ανά ζεύγος, αντιτίθεται το ένα στο άλλο σύμφωνα με την αρχή της αντίδρασης χρωμάτων που αναφέραμε.

Σε κάθε άξονα οι τιμές είναι θετικές και αρνητικές. Στον άξονα a, οι θετικές τιμές αντιστοιχούν σε ποσότητες κόκκινου και οι αρνητικές σε ποσότητες πράσινου. Στον άξονα b, οι θετικές αντιστοιχούν σε ποσότητες κίτρινου και οι αρνητικές σε ποσότητες γαλάζιου χρώματος. Βλέπου με και το σχήμα παρακάτω.



Είναι απαραίτητο εδώ να σημειώσουμε πως στο CIELAB, η φωτεινότητα είναι απόλυτα ανεξάρτητη από τα χρώματα και την παρουσία ή απουσία τους.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

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 ως το βασικό σύστημα χρωματικού ελέγχου στο Adobe PostScript, επίπεδα II και III, και αποτελεί τη βάση για τον καθορισμό της διαδικασίας διαχείρισης χρώματος, σε όλα τα προφίλ συσκευών του ICC (International Colour Consortium).

(BIKIPAIΔEIA - RGB).

(Γλωσσάρι).

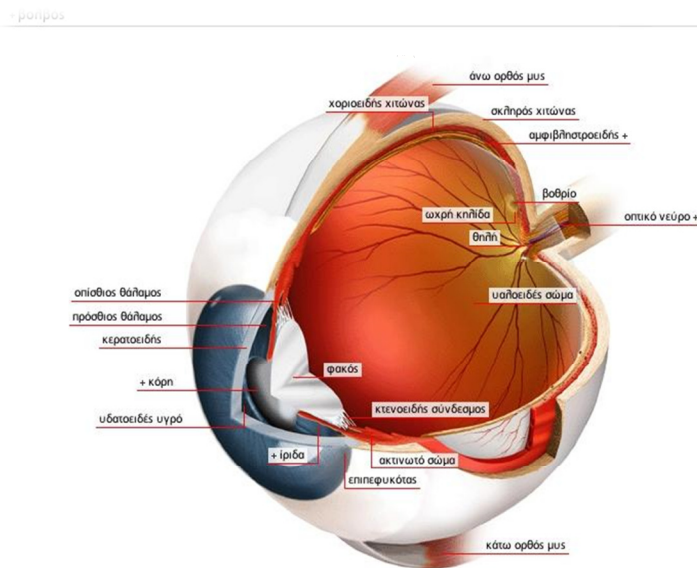
(Lacey, 2002)

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Κεφάλαιο 3

Το ανθρώπινο μάτι – Ανατομία ματιού 3.1

Η όραση αποτελεί την ανώτερη αισθητηριακή αντίληψη του φωτός, των αντικειμένων και των χρωμάτων. Χάρη σε αυτήν την ικανότητα ερχόμαστε σε επαφή με τον έξω κόσμο και συνειδητοποιούμε τη θέση μας και τη κίνησή μας μέσα στο χώρο (Εγκύκλιος Παιδεία - ΤΟ ΜΑΤΙ ΜΑΣ).



Ανατομία του ανθρώπινου ματιού.

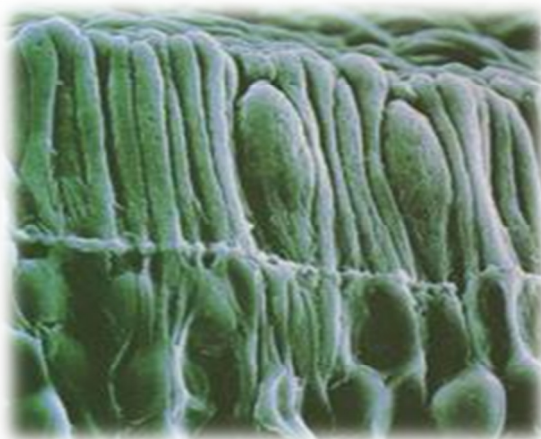
Το μάτι έχει τη μορφή μιας μικρής μπάλας που ονομάζεται **βολβός** και μπορεί να περιστρέφεται μέσα στην κόγχη εύκολα με τη βοήθεια έξι μυών. **Σκληρός χιτώνας**, είναι το άσπρο μέρος και καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του ματιού. Έχει πολλά αιμοφόρα αγγεία και μεταφέρουν αίμα στο μάτι. Ο **κερατοειδής χιτώνας**, είναι η διαφανής επιφάνεια που προεξέχει ελαφρά, στο μπροστινό μέρος του οφθαλμικού βολβού. Είναι διαφανής και επειδή δεν έχει αιμοφόρα αγγεία, η κυρτή του επιφάνεια συμβάλλει στην εστίαση των φωτεινών ακτινών πάνω στον αμφιβληστροειδή, στο πίσω μέρος του ματιού. Ο κερατοειδής είναι πολύ ευαίσθητος και προειδοποιεί για πιθανή βλάβη στο μάτι. Η **ίριδα**, είναι το χρωματιστό μέρος του ματιού, βρίσκεται πίσω από τον κερατοειδή και λειτουργεί όπως το διάφραγμα της φωτογραφικής μηχανής. Στο κέντρο της βρίσκεται η **κόρη**. Η **κόρη**, είναι το σημείο στο οποίο, μπαίνει το φως στο εσωτερικό του ματιού. Μεγαλώνει ή μικραίνει ανάλογα με την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στο εσωτερικό του. Ο **κρυσταλλοειδής φακός**, βρίσκεται ακριβώς πίσω από την εξωτερική επιφάνεια του ματιού. Είναι διαφανής και το φως τον διαπερνά και εστιάζεται στο πίσω μέρος του ματιού. Όταν εστιάζουμε πάνω σε αντικείμενα, κοντινά ή μακρινά, ο φακός αλλάζει σχήμα. Αυτό το αναλαμβάνουν οι ίνες του Ζιν, που έλκουν τη περιφέρεια του φακού. Ο **αμφιβληστροειδής**, είναι ο χιτώνας στο πίσω μέρος του ματιού. Ο εσωτερικός αυτός χιτώνας έχει εκατομμύρια κύτταρα, που αντιδρούν στο φως και στέλνουν νευρικά

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

ερεθίσματα στον εγκέφαλο. Τα κύτταρα αυτά είναι τα κωνία και τα ραβδία, που θα αναλύσουμε παρακάτω. Τα πρώτα, αντιδρούν σε φως συγκεκριμένου χρώματος, δηλαδή συγκεκριμένου μήκους κύματος, ενώ τα δεύτερα λειτουργούν στο αμυδρό φως αλλά δεν ανιχνεύουν διαφορές στα χρώματα. Το **υαλώδες σώμα**, αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του ματιού και είναι το διάφανο υγρό που βρίσκεται πίσω από το φακό(υπάρχει και το υδατώδες υγρό που βρίσκεται ανάμεσα στο φακό και τον κερατοειδή). Τέλος, το **οπτικό νεύρο**, συνδέει τον αμφιβληστροειδή, τον πίσω χιτώνα του ματιού, με τον εγκέφαλο. Τα ερεθίσματα που παράγονται, όταν φτάσει φως στον αμφιβληστροειδή, ταξιδεύουν κατά μήκος του νεύρου και ο εγκέφαλος ανασυνθέτει τον εξωτερικό κόσμο. Το νεύρο συναντά τον αμφιβληστροειδή στην **οπτική θηλή**, που είναι τελείως αναισθητη στο φως.

Η όραση είναι εφικτή μόνο όταν υπάρχει φως. Το φως παράγεται συνήθως από τον ήλιο, ή φυσικά από μερικούς οργανισμούς με ειδικές διαδικασίες, από αστραπές και πυρκαγιές. Τεχνητά παράγεται από τον άνθρωπο με τη φωτιά και τα τελευταία χρόνια με τον ηλεκτρισμό.

Το φως του περιβάλλοντος προσπίπτει σε διάφορα αντικείμενα και έπειτα ένα μέρος του φτάνει στα μάτια. Εκεί, οι ακτίνες προσανατολίζονται κατάλληλα, ώστε να προβληθεί στον αμφιβληστροειδή η εικόνα του περιβάλλοντος. Στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, ο οποίος έχει διάμετρο 2,5 εκατοστά περίπου, υπάρχουν πάρα πολλοί κατάλληλοι υποδοχείς φωτός, τα *κωνία* και τα *ραβδία*, βοηθώντας στην αντίληψη του χρώματος και του σχήματος αντίστοιχα. Αυτά είναι, γύρω στα 132.000.000, εξειδικευμένα νευρικά κύτταρα από τα οποία, τα 125.000.000 έχουν σχήμα ραβδιού, με διάμετρο 0,002 mm, και έτσι λέγονται **ραβδία**. Τα υπόλοιπα 7.000.000, έχουν σχήμα που θυμίζει το κωνί και λέγονται **κωνία**, με μέγιστη διάμετρο 0,006 mm. Αυτά τα κύτταρα λέγονται και **φωτοαισθητήρες**.



Φωτοαισθητήρες.

Τα ραβδία είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στη φωτεινή ακτινοβολία και είναι υπεύθυνα για την όραση σε συνθήκες χαμηλής έντασης φωτός. Στις συνθήκες αυτές, τα αντικείμενα που γίνονται αντιληπτά με τη βοήθεια των ραβδίων, εμφανίζονται θολά, δίχως σαφή όρια και σε αποχρώσεις του γκριζου. Στα ραβδία περιέχεται η φωτοευαίσθητη χρωστική, **ροδοψίνη**. Η ροδοψίνη αποτελείται από την πρωτεΐνη οψίνη, που είναι συνδεδεμένη με μία χρωστική παράγωγο της βιταμίνης Α, τη ρετινίνη. Όταν η ροδοψίνη απορροφήσει φωτεινή ενέργεια, τελικά διασπάται σε οψίνη και ρετινίνη. Η διάσπαση αυτή έχει ως αποτέλεσμα, τη δημιουργία **νευρικής ώσης**, η οποία μεταφέρεται μέσω του

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

οπτικού νεύρου στον εγκέφαλο (ινιακός λοβός). Η οψίνη και η ρετινίνη με κατανάλωση ATP, μετατρέπονται σε ροδοψίνη. Η επανασύνθεση της ροδοψίνης, αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για να μπορέσουν τα ραβδία να αντιδράσουν και πάλι στη φωτεινή ακτινοβολία. Η σύνθεση της ροδοψίνης απαιτεί περισσότερο χρόνο από τη διάσπασή της και επιταχύνεται σε χαμηλές εντάσεις φωτός.

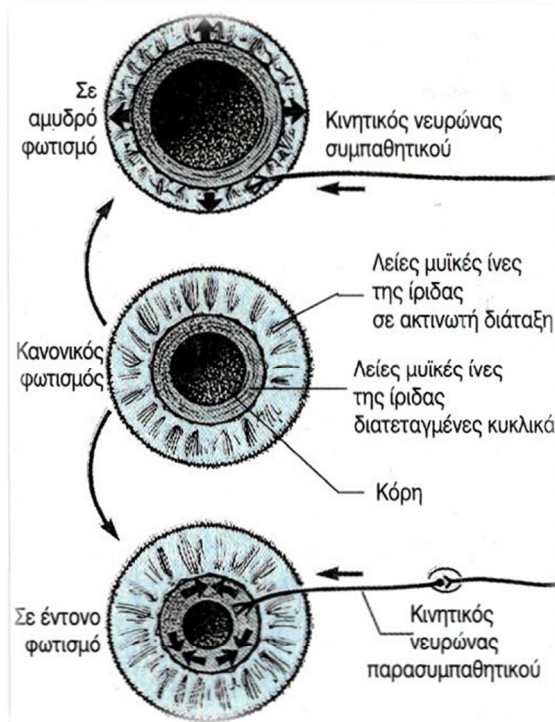
Τα κωνία, που εντοπίζονται κυρίως στην ωχρή κηλίδα, διεγείρονται μόνο σε συνθήκες επαρκούς φωτισμού και μας επιτρέπουν να διακρίνουμε τα χρώματα και τις λεπτομέρειες ενός αντικειμένου. Η φωτοευαίσθητη χρωστική των κωνίων, είναι η **ιωδοψίνη**. Η χρωστική αυτή είναι λιγότερο ευαίσθητη στη φωτεινή ακτινοβολία από τη ροδοψίνη. Απαιτεί, γι' αυτό το λόγο, μεγαλύτερη ένταση φωτός για να διασπαστεί και να προκαλέσει τη δημιουργία νευρικής ώσης. Στα κωνία περιέχονται τρεις διαφορετικοί τύποι ιωδοψίνης, οι οποίοι παρουσιάζουν μέγιστο βαθμό απορρόφησης σε τρεις συγκεκριμένες περιοχές του ορατού φάσματος, και αντιστοιχούν στα χρώματα μπλε, πράσινο και κόκκινο. Σύμφωνα με την τριχρωματική θεωρία της όρασης, που θα μιλήσουμε παρακάτω, η διέγερση ενός μόνο τύπου κωνίων ερμηνεύεται από τον εγκέφαλο ως μπλε, πράσινο ή κόκκινο χρώμα. Τα υπόλοιπα χρώματα γίνονται αντιληπτά από την ταυτόχρονη διέγερση σε συγκεκριμένο ποσοστό κωνίων και από τις τρεις ομάδες. Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που μπορεί να ανιχνευτεί από τον ανθρώπινο οφθαλμό, εντοπίζεται στην περιοχή των 400-700 nm περίπου.

Έλεγχος έντασης εισερχόμενου φωτός και εστίαση 3.2

Στην ίριδα υπάρχουν λείες μυϊκές ίνες, οι οποίες μεταβάλλουν τη διάμετρο της κόρης του οφθαλμού και συνεπώς την ένταση του φωτός που φτάνει στα φωτοευαίσθητα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς. Το έντονο φως προκαλεί, αντανακλαστικά, τη μείωση της διαμέτρου της κόρης του οφθαλμού, ενώ, αντίθετα, το ασθενές φως την αύξηση.

Η υψηλής ευκρίνειας όραση, εξαρτάται από τον ακριβή σχηματισμό του ειδώλου του παρατηρούμενου αντικειμένου πάνω στον αμφιβληστροειδή. Για να γίνει εστίαση του αντικειμένου, είναι απαραίτητο οι ακτίνες του φωτός που εισέρχονται στο οφθαλμό να διαθλαστούν. Η γωνία διάθλασης των ακτινών εξαρτάται από την απόσταση του αντικειμένου από τον αμφιβληστροειδή. Η διάθλαση του φωτός, επιτυγχάνεται με τη διέλευση των ακτινών από τον κερατοειδή στο υδατοειδές υγρό, τον κρυσταλλοειδή φακό και το υαλώδες σώμα (διαθλαστική συσκευή του οφθαλμού). Για την εστίαση αντικειμένων που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 6 m, είναι απαραίτητη η αύξηση της κυρτότητας του κρυσταλλοειδούς φακού, και αυτό επιτυγχάνεται με σύσπαση των μυών του ακτινωτού σώματος. Η ικανότητα μεταβολής της κυρτότητας του κρυσταλλοειδούς φακού, ονομάζεται **προσαρμογή**. Το είδωλο σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή ανεστραμμένο.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



Μεταβολές της κόρης του οφθαλμού.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι, η μικρότερη απόσταση στην οποία όταν βρίσκεται ένα αντικείμενο, ο οφθαλμός έχει την ικανότητα να εστιάζει, με ευκρίνεια ονομάζεται **εγγύς σημείο όρασης**. Για τα παιδιά το εγγύς σημείο όρασης βρίσκεται σε απόσταση 7-9 cm από τον οφθαλμό, στους εφήβους στα 15-20 cm, ενώ σε άτομα ηλικίας 60 ετών στα 80 περίπου cm.

Πως βλέπει και αντιλαμβάνεται τις εικόνες το ανθρώπινο μάτι 3.3

Η αναγνώριση των χρωμάτων γίνεται μόνο από τα κωνία, που μετατρέπουν τη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε πληροφορία. Η θεωρία για την αντίληψη των χρωμάτων είναι η λεγόμενη, **τριχρωματική θεωρία**. Διατυπώθηκε πρώτη φορά το 1801 από τον **Thomas Young** και μετά από μισό αιώνα, εμπλουτίστηκε από τον Γερμανό, **Herman von Helmholtz**. Στη συνέχεια ενδιαφέρθηκε γι' αυτή ο μεγαλύτερος θεωρητικός του αιώνα, **James Clerk Maxwell**.

Σύμφωνα με τη θεωρία υπάρχουν τρία είδη κωνίων με ευαίσθητες ουσίες για τα βασικά χρώματα (κόκκινο, πράσινο, μπλε). Με τη ταυτόχρονη και ισοδύναμη διέγερση και των τριών ειδών κωνίων, προκαλείται το αίσθημα του λευκού φωτός. Οι τρεις, αυτοί, τύποι κωνίων μετατρέπουν διαφορετικά μήκη κύματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η αίσθηση του κόκκινου, ανατίθεται στα κωνικά κύτταρα L, με μέγιστη ευαισθησία στα 620 nm. Το πράσινο, ανατίθεται στα κωνικά κύτταρα S, με μέγιστη ευαισθησία στα 520 nm και το μπλε στα κωνικά κύτταρα M, με μέγιστη ευαισθησία στα 450 nm.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Συνοπτικά, το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται τρία χρώματα το κόκκινο, το πράσινο, το μπλε και την ένταση του φωτός στο ορατό φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Με βάση αυτά, επεξεργάζεται την εικόνα που λαμβάνει και αντιλαμβάνεται και τα υπόλοιπα χρώματα σύμφωνα με το προσθετικό μοντέλο σύνθεσης χρωμάτων που χρησιμοποιείται και στις οθόνες. Άλλοι οργανισμοί μπορούν να δουν και άλλες συχνότητες εκτός από το ορατό φως, όπως οι σκύλοι που βλέπουν ένα μέρος από τις υπέρυθρες. Άλλοι πάλι, δεν αντιλαμβάνονται συχνότητες που μπορεί να δει ο άνθρωπος, όπως ορισμένα ψάρια στα βάθη των ωκεανών δε μπορούν να δουν το κόκκινο χρώμα. Ορισμένοι οργανισμοί, βλέπουν τον κόσμο με περισσότερα ή λιγότερα χρώματα από τον άνθρωπο, για παράδειγμα τα μάτια του χαμαιλέοντα διακρίνουν δεκαπέντε χρώματα.

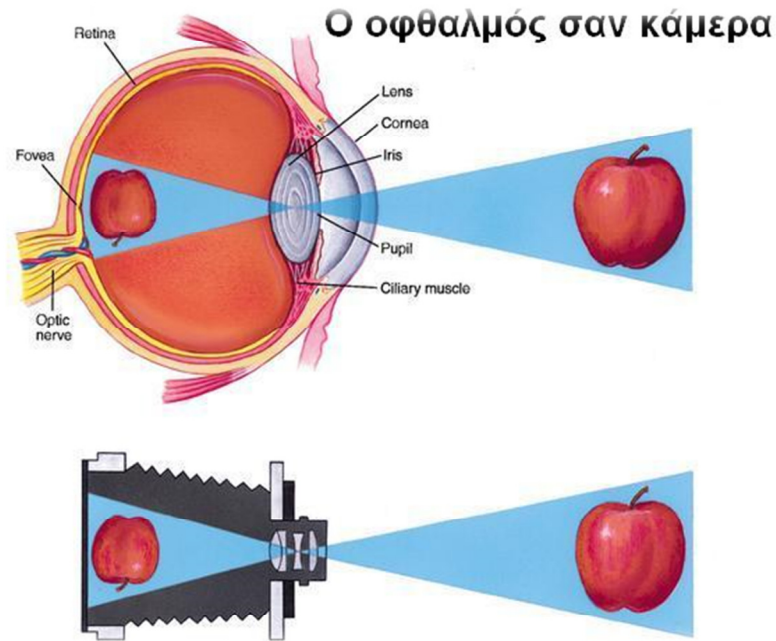
Ανθρώπινες παθήσεις που σχετίζονται με την αντίληψη των χρωμάτων είναι η δυσχρωματοψία, η μερική αχρωματοψία και η ολική αχρωματοψία. Στην περίπτωση της δυσχρωματοψίας γίνεται σύγχυση μεταξύ των χρωμάτων βασικών και παράγωγων, ονομάζεται και *Δαλτονισμός*, από το διάσημο χημικό **Dalton**³, που έπασχε από την ασθένεια. Η αχρωματοψία σημαίνει, τη μη αντίληψη κάποιων από τα τρία βασικά χρώματα, άρα και τη διαφορετική αντίληψη των παραγώγων τους. Όταν περιλαμβάνει και τα τρία ονομάζεται ολική, οπότε ο άνθρωπος αυτός βλέπει σε κλίμακα του γκρι όπως στις παλιές τηλεοράσεις, ενώ στις άλλες περιπτώσεις ονομάζεται μερική (BIKIPAIΔEIA - Τζων Ντάλτον).

Τα μάτια μας λειτουργούν όπως περίπου και η φωτογραφική μηχανή. Η οπή της φωτογραφικής μηχανής, αντιστοιχεί με την κόρη του ματιού μας, ο φακός που διαθέτει μια φωτογραφική μηχανή, αντιστοιχεί με τον κρυσταλλοειδή φακό του ματιού και το φωτογραφικό φιλμ, με τον αμφιβληστροειδή χιτώνα.

Απλά το φωτογραφικό φιλμ είναι επίπεδο ενώ ο αμφιβληστροειδής χιτώνας καμπύλος. Και όπως σχηματίζονται ανεστραμμένα τα είδωλα στο φιλμ έτσι σχηματίζονται και στον αμφιβληστροειδή. Πιο αναλυτικά, οι ακτίνες περνούν από την κόρη του ματιού, πέφτουν στον κρυσταλλοειδή φακό, ο οποίος όπως είπαμε, μπορεί να αλλάζει σχήμα ώστε να εστιάζει καλύτερα το φως. Όταν το αντικείμενο βρίσκεται κοντά στο μάτι μας, αυτός γίνεται πιο παχύς ενώ όσο απομακρύνεται, λεπταίνει. Ο φακός είναι συγκεντρωτικός και έτσι προσαρμόζεται ώστε το αντικείμενο να σχηματιστεί στη σωστή θέση, δηλαδή, ανεστραμμένο και μικρότερο πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.

³ Ο John Dalton (6 Σεπτεμβρίου 1766 με 27 Ιουλίου 1844) ήταν Άγγλος φαρμακοποιός, μετεωρολόγος και φυσικός. Είναι γνωστός για την πρωτοποριακή εργασία του στην ανάπτυξη της σύγχρονης ατομικής θεωρίας, και την έρευνά του για την αχρωματοψία, η οποία μερικές φορές αναφέρεται ως "Δαλτονισμός" προς τιμήν του.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



Η εξήγηση, στο γιατί τα βλέπουμε όλα μικρά και ανάποδα, οφείλεται στο όργανο που έχει αναπτύξει ο άνθρωπος και τον κάνει να διαφέρει από τα άλλα έμβια όντα, **τον εγκέφαλο**.

Συγκεκριμένα από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα, που αποτελείται από εκατομμύρια κύτταρα ευαίσθητα στο φως, το οπτικό σήμα μετατρέπεται σε ηλεκτρικό και διοχετεύεται μέσω του οπτικού νεύρου στον εγκέφαλο. Εκεί, **τα ηλεκτρικά σήματα αποκωδικοποιούνται και αναγνωρίζονται ως εικόνες** (Εγκύκλιος Παιδεία - ΠΩΣ ΒΛΕΠΟΥΜΕ). Αν και το είδωλο που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή έχει μόνο δύο διαστάσεις, ο άνθρωπος είναι σε θέση να έχει μία τρισδιάστατη αντίληψη του αντικειμένου. Αυτό οφείλεται στη θέση των οφθαλμών, που απέχουν 6 - 7 cm μεταξύ τους. Κάθε αντικείμενο που βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των 6 m παρατηρείται από διαφορετική οπτική γωνία και σχηματίζει ελαφρώς διαφορετικά είδωλα στους δύο οφθαλμούς. Στον εγκέφαλο φτάνουν δύο διαφορετικές πληροφορίες για το ίδιο αντικείμενο. Εκεί συνδυάζονται, συντίθενται και ερμηνεύονται. Το αποτέλεσμα των διεργασιών αυτών είναι η τρισδιάστατη αντίληψη του αντικειμένου και του χώρου (**στερεοσκοπική όραση**).

Τέλος, είπαμε παραπάνω ότι ο κρυσταλλοειδής φακός του ματιού μας μπορεί και αλλάζει σχήμα, ανάλογα με το πού βρίσκεται το αντικείμενο, ώστε να εστιάζει καλύτερα. Επίσης ότι συγκεντρώνει τις ακτίνες και σχηματίζεται το είδωλο στη σωστή θέση, δηλαδή στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Αυτό όμως δε συμβαίνει πάντα, λόγω κάποιων παθήσεων του ματιού. Σε αυτές τις περιπτώσεις το πρόβλημα διορθώνεται με τη χρήση κατάλληλων φακών επαφής ή γυαλιών. Αναφορικά, όσοι έχουν μυωπία, το είδωλο σχηματίζεται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα και βλέπουν έτσι θολά τα αντικείμενα που είναι μακριά τους. Η μυωπία διορθώνεται με αποκλίνοντες φακούς.

Αντίθετα, όσοι έχουν πρεσβυωπία, το είδωλο σχηματίζεται πίσω από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα και βλέπουν, έτσι, θολά τα αντικείμενα που είναι κοντά τους. Εμφανίζεται συνήθως σε μεγαλύτερης

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

ηλικίας άτομα που, ο κερατοειδής χιτώνας έχασε την ελαστικότητά του και δε μπορεί να κατευθύνει σωστά τις ακτίνες. Η πρεσβυωπία διορθώνεται με συγκλίνοντες φακούς.

Μια τρίτη πάθηση είναι ο αστιγματισμός. Αυτός παρουσιάζεται, όταν ο κερατοειδής χιτώνας, αντί να είναι απόλυτα ομαλός, είναι ακανόνιστος και οι ακτίνες μπαίνουν ακανόνιστα στο μάτι και βλέπουμε θολά.

(Φυσική έκτης δημοτικού, 1999)

(ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ - Τζων Ντάλτον)

(Βιολογία (Εμπλουτισμένο) Βιβλίο Μαθητη - Ψηφιακό Σχολείο)

(Εγκύκλιος Παιδεία - ΤΟ ΜΑΤΙ ΜΑΣ)

(Εγκύκλιος Παιδεία - ΠΩΣ ΒΛΕΠΟΥΜΕ)

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Κεφάλαιο 4

Οι εικόνες HDR 4.1

High Dynamic Range Imaging (HDRI ή HDR), δηλαδή **εικονοληψία υψηλού δυναμικού εύρους**, ονομάζεται η τεχνική που χρησιμοποιείται στη φωτογραφία για να «αναπαράγει» καλύτερου βαθμού δυναμικό εύρος φωτεινότητας, από όσο είναι εφικτό στην στάνταρ ψηφιακή εικονοληψία ή στις φωτογραφικές τεχνικές. Η λήψη και η δημιουργία μιας εικόνας HDR γίνεται, για να προσαρμόσει τη φωτεινότητα της εικόνας έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο γνώριμο, στο τρόπο που το οπτικό μας σύστημα αντιλαμβάνεται το βαθμό του φωτός στην καθημερινότητά μας. Όπως αναφέραμε και παραπάνω, το ανθρώπινο μάτι, μέσω των μεταβολών της ίριδας, προσαρμόζεται στις ευρείες δυναμικές αλλαγές του περιβάλλοντος. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος, συνέχεια προσαρμόζεται σε αυτές τις πληροφορίες έτσι ώστε, οι περισσότεροι από εμάς να δούμε σε ένα μεγαλύτερο εύρος φωτεινότητας.

Το δυναμικό εύρος ορίζεται ως, η αναλογία της μέγιστης φωτεινότητας στην εικόνα και του RMS θορύβου σε μια κενή περιοχή. Το υψηλό δυναμικό εύρος συνεπάγεται χαμηλά λάθη, έτσι σημαίνει ότι, η δυναμική περιοχή είναι ένα μέτρο της ακρίβειας της προκύπτουσας εικόνας. Αυτό μπορεί να είναι παραπλανητικό. Η αλήθεια είναι ότι ο θόρυβος σε μια κενή περιοχή, αντιπροσωπεύει το κατώτατο όριο του σφάλματος φωτεινότητας σε μια μη κενή περιοχή, που προσδιορίζεται εύκολα. Το πραγματικό σφάλμα διανομής δεν έχει «φόρμα». Οι εικόνες HDR, συμπεριλαμβάνουν ένα μεγαλύτερο εύρος φωτεινότητας που υπάρχει στις «σκηνές» του πραγματικού κόσμου, που μπορεί να είναι πιο φωτεινές σε ορισμένα σημεία ή να έχουν περισσότερη σκιά ή να είναι τελείως σκοτεινές.

Σκοπός σε αυτό το κεφάλαιο είναι να επεξεργαστούμε τις εικόνες υψηλού δυναμικού εύρους στο **Matlab**. Να τις κατανοήσουμε σε ψηφιακή μορφή, να μάθουμε πως μπορούμε να δημιουργήσουμε τέτοιες εικόνες ημιαυτόματα και πως αυτόματα και τέλος, να αξιολογήσουμε ποιος τρόπος μας δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα.

Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε η **R2015a(8.5.0.197613)** έκδοση του Matlab και τα παραδείγματα που θα ακολουθήσουν γίνονται με τη χρήση συναρτήσεων του **Image Processing Tool**.

Αρχικά, θα ασχοληθούμε με την αυτόματη δημιουργία HDR εικόνας, όπου θα χρησιμοποιήσουμε πέντε διαφορετικές λήψεις της ίδιας εικόνας, για να δημιουργήσουμε της δική μας HDR εικόνα. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε την ημιαυτόματη δημιουργία μιας τέτοιας εικόνας.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Αυτόματη δημιουργία HDR εικόνας 4.1.1

Ξεκινώντας το Matlab, δημιουργούμε ένα αρχείο αποθήκευσης, στην ενότητα τα έγγραφά μου. Εκεί, θα αποθηκεύσουμε τα αρχεία των συναρτήσεων που θα δημιουργήσουμε. Στον ίδιο φάκελο, τοποθετούμε και τα αρχεία των εικόνων, που θα χρησιμοποιήσουμε, για την παραγωγή της τελικής εικόνας υψηλού δυναμικού εύρους. Δεν παίζει κάποιο συγκεκριμένο ρόλο το μονοπάτι που βρίσκονται οι εικόνες, αφού μπορούμε να τις αναζητήσουμε μέσω του Matlab, απλά το κάνουμε για διευκόλυνση δική μας (Littlefield).

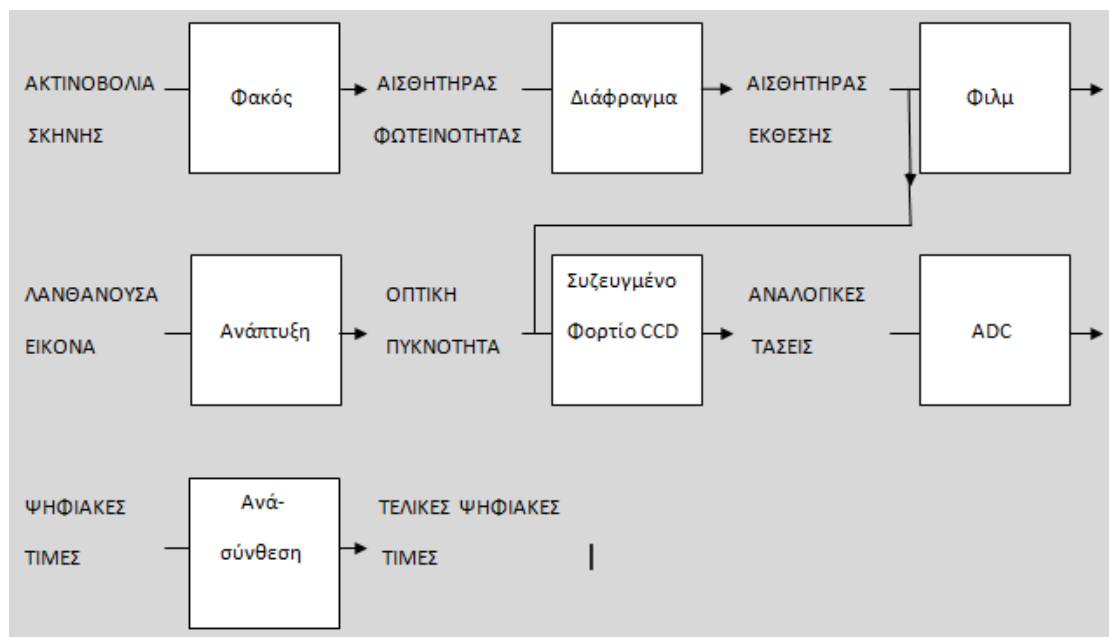
Current folder

C:\Users\Administrator\Documents\Matlab\Codeergasia

Η ιδέα στην HDR είναι να προσεγγίσουμε, από μια σειρά εικόνων χαμηλού δυναμικού εύρους, τον τρόπο που ανταποκρίνεται ο αμφιβληστροειδής του ανθρώπινου ματιού στην αντανάκλαση οπτικών αντικειμένων.

Σε εφαρμογές επεξεργασίας και σύνθεσης εικόνας, όπως αυτή, απαραίτητο στοιχείο είναι οι σχετικές τιμές ακτινοβολίας. Και χρησιμοποιούμε τον όρο **ακτινοβολία**, που είναι μια ραδιομετρική ποσότητα, μόνο και μόνο, για να θυμόμαστε ότι οι ποσότητες σταθμίζονται με τη φασματική απόκριση του αισθητήρα της ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής.

Παρακάτω, βλέπουμε και το διάγραμμα ροής. Βλέπουμε πώς η ακτινοβολία της σκηνής, μετατρέπεται σε τιμές φωτεινότητας εικονοστοιχείων.



Διάγραμμα ροής.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Τη σειρά των εικόνων χαμηλού δυναμικού εύρους, που θα χρησιμοποιήσουμε, τη λαμβάνουμε με τη φωτογραφική μέθοδο του **Bracketing**. Πώς λειτουργεί το Bracketing;

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, έχουμε πέντε διαφορετικές εκθέσεις της ίδιας σκηνής, με χρόνο έκθεσης φωτός από -3 έως +3. Η ποσότητα φωτός, που περνάει από τον φακό, αλλοιώνει την εικόνα. Η ποσότητα φωτός, είναι ανάλογη του χρόνου έκθεσης και της διαμέτρου του διαφράγματος.

Με μικρή διάμετρο διαφράγματος, έχουμε ελάττωση του φωτός και υποέκθεση της εικόνας σε φως. Με μεγάλη διάμετρο διαφράγματος, έχουμε αύξηση του φωτός και υπερέκθεση της εικόνας σε φως. Με κανονική διάμετρο διαφράγματος, εισχωρεί στο φακό κανονική ποσότητα φωτός, άρα η έκθεση της εικόνας είναι κανονικά φωτισμένη. Το διάφραγμα, μετριέται σε μονάδες "f", που ονομάζονται αλλιώς βήματα ή **f-stop**. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των f, τόσο μικρότερο είναι το διάφραγμα και όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των f, τόσο μεγαλύτερο είναι το διάφραγμα. Οπότε, στο παράδειγμά μας, έχουμε αυτόματα, πέντε διαφορετικές εκθέσεις της ίδιας σκηνής, που ξεκινούν από τις υποφωτισμένες και καταλήγουν στις υπερφωτισμένες (ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια).

Για να δημιουργήσουμε την τελική εικόνα υψηλού δυναμικού εύρους, θα πρέπει να γνωρίζουμε δύο πολύ σημαντικούς παράγοντες. Τη **χαρακτηριστική καμπύλη** ή **καμπύλη απόκρισης** της φωτογραφικής και την **ακτινοβολία** των εκθέσεων της σκηνής (Banterle, 2011).

Στη λήψη μιας φωτογραφίας, δημιουργείται ένας πίνακας δύο διαστάσεων που περιέχει τις τιμές της φωτεινότητας. Οι τιμές, αυτές, σπάνια είναι αποτέλεσμα αληθινών μετρήσεων ακτινοβολίας. Αν ένα εικονοστοιχείο (pixel) έχει διπλάσια αξία από ένα άλλο, τότε πιθανόν να παρατηρηθεί με διπλάσια ακτινοβολία. Το αποτέλεσμα που επιθυμούμε να πάρουμε, στην εικόνα υψηλού δυναμικού εύρους, είναι μια ομαλότητα στις τιμές της κανονικοποιημένης ακτινοβολίας, σε σχέση με τη φωτεινότητα των εικόνων.

Πρώτο βήμα για να ανακτήσουμε την απόκριση των εικόνων χαμηλού δυναμικού εύρους, στο Matlab, είναι να προσπαθήσουμε να ευθυγραμμίσουμε το σύνολο των εικόνων που έχουμε, για να πάρουμε ως αποτέλεσμα μια νέα σειρά εικόνων που θα εμφανίζεται παρόμοια σε σχέση με τις λήψεις που έχουμε. Επειδή δεν χρησιμοποιούμε επαγγελματικό εξοπλισμό (βάση, τρίποδο, κτλ), για τη μέγιστη σταθερή λήψη των φωτογραφιών, όπως απαιτείται στην δημιουργία HDR εικόνων, χρησιμοποιούμε την συνάρτηση **align** που μας βοηθά να ευθυγραμμίσουμε τους οριζόντιους και τους κατακόρυφους άξονες των εικόνων. Επιλέγουμε να πάρουμε τη μέση τιμή των bitmaps (απεικόνιση σε bits) των εικόνων και να δημιουργήσουμε νέες μετατοπισμένες εικόνες, σε ένα μέσο βαθμό μετατόπισης.

Οι εικόνες, αυτές, πιθανόν να έχουν διαφορετικές διαστάσεις από τις αρχικές, καθώς μπορούμε να διαλέξουμε να αλλάξουμε και τον τύπο του αρχείου της αρχικής εικόνας. Σε αυτή τη περίπτωση, διαλέγουμε τις αρχικές εικόνες, τύπο αρχείου *.jpg* και τις μετατοπίζουμε με τύπο αρχείου *.tif*. Δεν είναι τυχαίο που επιλέγουμε αυτή τη μορφή συμπίεσης, και αυτό γιατί με την αλλαγή από jpeg σε tiff, τα χαρακτηριστικά των αρχικών εικόνων παραμένουν ίδια σε μεγάλο βαθμό από το να χρησιμοποιήσουμε κάποιον άλλο τύπο συμπίεσης π.χ. gif, bmp κτλ.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Έχοντας δημιουργήσει τη βασική μας συνάρτηση, που αλληλεπιδρά με αυτές που θα φτιάξουμε στη συνέχεια, προχωράμε στο δεύτερο βήμα που έχει να κάνει με τη συνάρτηση μετατόπισης. Η συνάρτηση μετατόπισης, που θα την ονομάσουμε **metatopish.m**, χρησιμοποιεί τα στοιχεία της **mtbalign.m**, για να δημιουργήσει τις νέες και μετατοπισμένες εικόνες σε μορφή **.tif**.

Τη συγκεκριμένη συμπίεση δεδομένων, τη χρησιμοποιούν κυρίως στον τύπο. Ένα αρχείο **tiff**, αποθηκεύει δεδομένα στο χρωματικό χώρο **CMYK**. Συμπιέζει τα δεδομένα μιας εικόνας, χρησιμοποιώντας αλγόριθμο που δεν αλλάζει τα δεδομένα προέλευσης, άρα έχουμε συμπίεση χωρίς απώλειες. Υποστηρίζει επίσης, το κανάλι άλφα (διαφάνεια) και αν έχει ανοίξει και αποθηκευτεί το ίδιο αρχείο **tiff** θα καταλήξει με, ακριβώς, την ίδια εικόνα ως πηγή. Δεν θα αλλάξει κάτι από πλευράς άποψης δεδομένων της εικόνας.

function metatopish

```
L = 5;
ektheseis = cell(L, 1);
for i = 1:L
ektheseis{i} = imread(sprintf('WP%02d.jpg', i));
end
height = size(ektheseis{1}, 1);
width = size(ektheseis{1}, 2);
new_img = mtbalign(ektheseis, fix(L/2), [1 1; height width]);
for j = 1:L
imwrite(new_img{j}, sprintf('metaWP%02d.tif', j));
end
end
```

Θα μπορούσαμε να κρατήσουμε τις νέες εικόνες στη μορφή **.jpg** αλλά λόγω της αλλαγής που προκύπτει στα δεδομένα των εικόνων, για να καταλάβουν μικρότερο χώρο στο δίσκο, έχουν τα μειονεκτήματα που ακολουθούν. Δε μπορεί να ελεγχθεί η θέση μεταβολής των εικόνων. Με κάθε επεξεργασία εικόνας και αποθήκευσης, δημιουργούνται επιπλέον αλλαγές που είναι ορατές, και τελικά δεν είναι κατάλληλη προς χρήση.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



Αρχικές εικόνες jpeg.



Αποτέλεσμα σε tiff, από τη `metatopish.m`.

Τονίζουμε ότι, οι εικόνες πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο σταθερές. Όσο λιγότερη κίνηση, τόσο καλύτερο αποτέλεσμα στην εικόνα υψηλού δυναμικού ευρους, που θα δημιουργηθεί.

Το τρίτο βήμα είναι, να δημιουργούμε τη συνάρτηση `auto_shmeia.m`. Οι εικόνες .tif, παρουσιάζονται ως μια ακολουθία. Η επιλογή έχει να κάνει με τη διαφορετική φωτεινότητα στις

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

πέντε εκθέσεις. Οι εκθέσεις ξεκινούν από χαμηλά επίπεδα φωτεινότητας και συνεχίζουν με πιο υψηλά.

Με τον τρόπο αυτό, μπορούμε να καταλάβουμε τη λειτουργία της όρασης του ανθρώπινου ματιού και πώς αντιλαμβάνεται τα χαμηλά επίπεδα φωτεινότητας, καθώς και τα πιο υψηλά. Δηλαδή, βλέπουμε ότι αναλύσαμε στο κεφάλαιο 3, στην πράξη.

Για την αυτόματη επιλογή των pixels των εικόνων, που είναι πιο σκούρα ή πιο φωτεινά, μετατρέπουμε τις εικόνες στη κλίμακα του γκρι, **grayscale**. Χρησιμοποιούμε την **rgb2gray**, που μετατρέπει την έγχρωμη εικόνα σε ασπρόμαυρη. Ο πίνακας **ImGray** περιέχει τα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν, αφού θέλουμε να σαρώσουμε κάθε pixel από την ακολουθία των εικόνων, για να βρούμε αυτά με τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη φωτεινότητα. Οι τιμές που θα πάρουμε, θα μας βοηθήσουν να πάρουμε την **καμπύλη απόκρισης της φωτογραφικής, g**.

Η ανάκτηση γίνεται από ένα πεπερασμένο αριθμών τιμών $g(Z)$, με Z το σύνολο των πεπερασμένων τιμών φωτεινότητας.

Αυτό που θέλουμε είναι, να βρούμε στο σύνολο το “πραγματικά” μεγαλύτερο και “πραγματικά” μικρότερο στοιχείο. Για κάθε περιοχή τιμών pixels, $(v_{max} - v_{min}) = 255$, πενήντα pixels είναι αρκετά. Οι θέσεις τους επιλέγονται έτσι, ώστε να υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή των τιμών τους από v_{min} έως v_{max} . Τα εικονοστοιχεία από περιοχές χαμηλής έντασης, είναι καλύτερα δειγματοληπτημένα γιατί έχουν σταθερή ακτινοβολία και η οπτική θολούρα ελαχιστοποιείται. Ο κάθε βρόγχος αναλαμβάνει να ελέγξει τις ασπρόμαυρες, πλέον, εικόνες οριζόντια και κατακόρυφα για να βρει τα σημεία που θα χρειαστούμε. Γίνεται έλεγχος για τις εικόνες, που κατά τη μέθοδο **bracketing**, λήφθηκαν με χαμηλή φωτεινότητα (υποφωτισμένες), για τις εικόνες που λήφθηκαν με υψηλή φωτεινότητα (υπερφωτισμένες) και για αυτή που είναι κατάλληλα φωτισμένη. Στον έλεγχο των εικόνων των δύο πρώτων περιπτώσεων, επιλέγουμε να μην πάρουμε το 100% της μέγιστης ή της ελάχιστης τιμής, αντίστοιχα, γιατί ενδέχεται να μη βρούμε τα σημεία που ψάχνουμε ή να πάρουμε τις μέγιστες τιμές παραπάνω από μία φορά.

Μετά την επιλογή σημείων, αυτά αποθηκεύονται σε έναν πίνακα, τον οποίο θα τον χρησιμοποιήσουμε στην τελευταία συνάρτηση που θα δημιουργήσουμε και χρησιμοποιώντας τη παράμετρο *-ascii*, μπορούμε να διαβάσουμε τα στοιχεία του σε οποιονδήποτε editor.

```
clear all
clc
```

```
//Επιλέγουμε με τυχαίο τρόπο μια ομάδα πέντε σημείων από την ακολουθία των εικόνων.
```

```
//Αρχικοποιούμε το s, που τοποθετεί στον πίνακα coord τις συντεταγμένες.
```

```
s = 1;
```

```
//Τα σημεία, θα τα αποθηκεύσουμε στο πίνακα coord.
```

```
coord = zeros(25, 2);
```

```
for img = 1:5
```

```
RGB = imread(sprintf('metaWP%02d.tif', img));
```

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

//Μετατρέπουμε την ακολουθία των εικόνων σε κλίμακα grayscale.

```
ImGray = rgb2gray(RGB);
imshow (ImGray)
[rows, columns] = size(ImGray);
```

//Αρχικοποιούμε τις μεταβλητές vmin και vmax.

```
vmin = 255;
vmax = 0;
for I = 1:rows
for J = 1:columns
v = ImGray(I,J);
if (v > vmax)
vmax = v;
end
if (v < vmin)
vmin = v;
end
end
end
```

//Με τη k, δηλώνουμε τα πέντε τυχαία σημεία μέσα στην εικόνα.

```
for k = 1:5
telos = 0;
if (img <= 2)
while (telos == 0)
I = 1 + round((rows-1) * rand);
J = 1 + round((columns-1) * rand);
v = ImGray(I, J);
```

//Παίρνουμε το 95% της τιμής του vmax. Δε χρησιμοποιούμε το 100% γιατί ενδέχεται να μη βρούμε το σημείο που θέλουμε.

```
if (v > .95 * vmax)
```

//Η φωτεινότητα του σημείου IJ, περνάει στη τιμή v του πίνακα.

```
coord(s, 1) = I;
coord(s, 2) = J;
s = s + 1;
telos = 1;
end
end
end
if (img == 3)
while (telos == 0)
I = 1 + round((rows-1) * rand);
J = 1 + round((columns-1) * rand);
v = ImGray(I, J);
if ((v > .95 * vmax) || (v < 1.2 * vmin))
coord(s, 1) = I;
coord(s, 2) = J;
s = s + 1;
telos = 1;
end
end
end
```

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

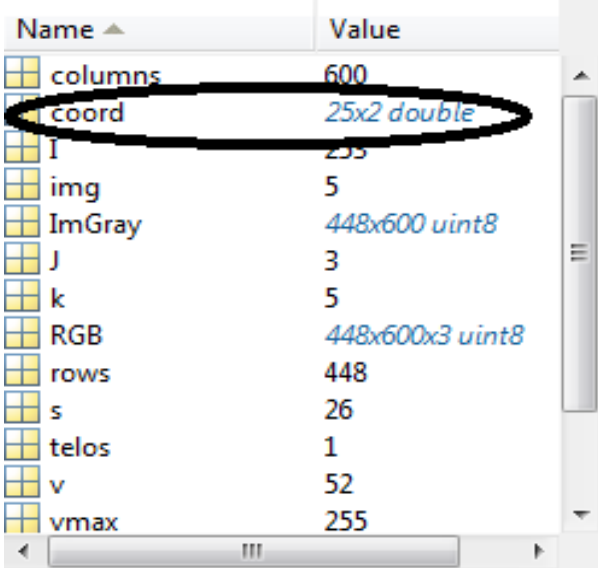
```

if (img >= 4)
while (telos == 0)
I = 1 + round((rows-1) * rand);
J = 1 + round((columns-1) * rand);
v = ImGray(I, J);
if (v < 1.2 * vmin)
coord(s, 1) = I;
coord(s, 2) = J;
s = s + 1;
telos = 1;
end
end
end
end
end

//Οι πρώτες 25 εγγραφές.
x = coord(:, 1);

//Οι επόμενες 25 εγγραφές.
y = coord(:, 2);
save('shmeia_duo.mat', 'x', 'y', '-ascii')

```



Name	Value
columns	600
coord	25x2 double
I	255
img	5
ImGray	448x600 uint8
J	3
k	5
RGB	448x600x3 uint8
rows	448
s	26
telos	1
v	52
vmax	255

Στο τέταρτο βήμα, καλούμαστε να πάρουμε τις τιμές έκθεσης των εικόνων με διαφορετική φωτεινότητα, τα **Exposure Values**, δηλαδή (Reddit).

Οι τιμές έκθεσης που μας δίνει το ενσωματωμένο φωτόμετρο έχουν σχετική ακρίβεια και εξαρτώνται και από το θέμα μας. Σε συνηθισμένα θέματα, όπου η φωτεινότητα είναι περίπου ίδια σε όλη την έκταση της εικόνας, οι μετρήσεις αυτές είναι αρκετά ακριβείς. Όταν, όμως έχουμε έντονες διαφορές και μεγάλες φωτεινές ή σκοτεινές επιφάνειες, το φωτόμετρο "ξεγελιέται" και μας υπό-φωτίζει ή υπέρ-φωτίζει το φιλμ, αντιστοίχως. Όταν έχουμε αμφιβολίες για την ακρίβεια των

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

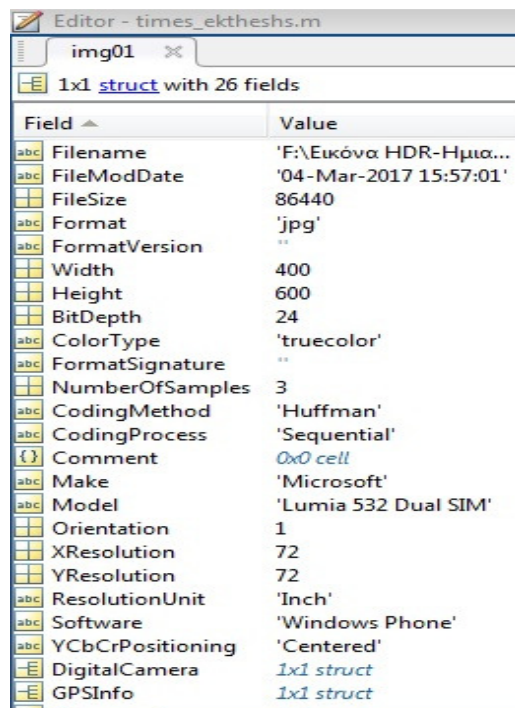
μετρήσεων του φωτόμετρου, κάνουμε το λεγόμενο **Bracketing** (όπως αναφέραμε παραπάνω), δηλαδή βγάζουμε περισσότερες φωτογραφίες, συνήθως τρεις (στη συγκεκριμένη περίπτωση πέντε), μία στις τιμές που μας δείχνει το φωτόμετρο, μία με συν ένα (ή περισσότερα) stop και μία με πλην ένα (ή περισσότερα) stop.

Αυτό, βέβαια, προϋποθέτει ότι η φωτογραφική μηχανή μας δίνει τη δυνατότητα χειροκίνητης ρύθμισης της έκθεσης. Πολλές πλήρως αυτόματες ερασιτεχνικές μηχανές χαμηλών απαιτήσεων δε δίνουν αυτή τη δυνατότητα. Στις συνηθισμένες φωτογραφίες σε αρνητικό φιλμ υπάρχει μεγάλη ανοχή στην ακρίβεια της έκθεσης γιατί τα σφάλματα μπορούν να διορθωθούν κατά την εκτύπωση, με αντιστάθμιση των υπό-εκθέσεων ή υπέρ-εκθέσεων, από το μηχάνημα εκτύπωσης ή τον χειριστή του.

Αυτό που θα χρειαστούμε, είναι ένα διάνυσμα που θα περιέχει τις τιμές έκθεσης κάθε εικόνας χαμηλού δυναμικού εύρους ξεχωριστά. Τις τιμές αυτές, θα τις λάβουμε σε μορφή πίνακα. Η αύξηση σε μια τιμή έκθεσης, exposure value, αντιστοιχεί σε διπλασιασμό της φωτεινότητας στην έκθεση. Η μείωση, αντίστοιχα, μειώνει τη φωτεινότητα κατά το ήμισυ.

Οι τιμές των εκθέσεων είναι προκαθορισμένες και βρίσκονται, ως πληροφορία, στις εικόνες που έχουμε τραβήξει. Έτσι, αυτό που θέλουμε να κάνουμε είναι, να βρούμε ένα τρόπο για να πάρουμε τις τιμές αυτές μέσα από τα διάφορα πεδία, που περιέχουν πληροφορίες σε σχέση με τις εικόνες. Με τη βοήθεια της συνάρτησης **imfinfo**, μπορούμε να δούμε ακριβώς τα πεδία της κάθε εικόνας, ξεχωριστά, που περιέχουν πληροφορίες σε σχέση με αυτή.

Ας δούμε, για παράδειγμα, τα πεδία της πρώτης εικόνας χαμηλού δυναμικού εύρους από τη δεύτερη σειρά εικόνων.

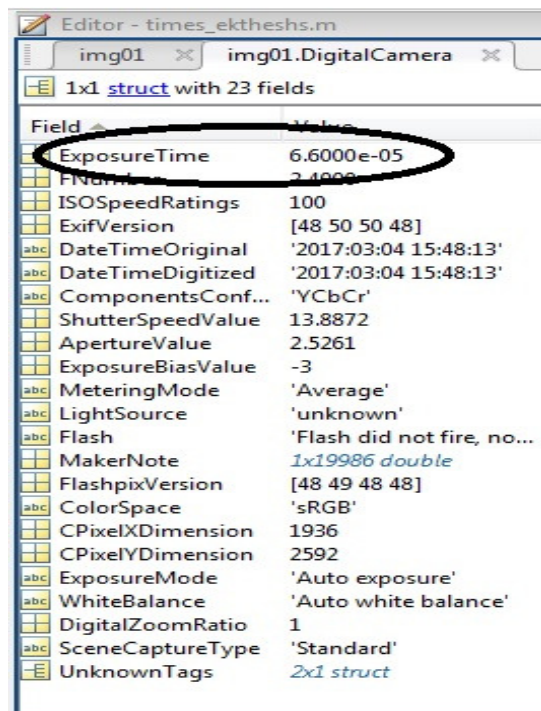


Field	Value
Filename	'F:\Εικόνα HDR-Ημια...
FileModDate	'04-Mar-2017 15:57:01'
FileSize	86440
Format	'jpg'
FormatVersion	''
Width	400
Height	600
BitDepth	24
ColorType	'truecolor'
FormatSignature	''
NumberOfSamples	3
CodingMethod	'Huffman'
CodingProcess	'Sequential'
Comment	0x0 cell
Make	'Microsoft'
Model	'Lumia 532 Dual SIM'
Orientation	1
XResolution	72
YResolution	72
ResolutionUnit	'Inch'
Software	'Windows Phone'
YCbCrPositioning	'Centered'
DigitalCamera	1x1 struct
GPSInfo	1x1 struct

Τα πεδία πληροφοριών της εικόνας.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Επιλέγοντας το πεδίο, **DigitalCamera**, θα εμφανιστούν και άλλα υποπεδία.



Παρατηρούμε ότι μέσα στα υποπεδία, του πεδίου DigitalCamera, βρίσκεται και το κομμάτι των Exposure Values που μας ενδιαφέρει. Εδώ, βέβαια, το συναντάμε ως “**ExposureTime**”. Σε τι χρόνο έκθεσης έγινε η λήψη της φωτογραφίας δηλαδή.

Η κάθε εικόνα έχει διαφορετική τιμή για το ExposureTime. Στόχος μας είναι να λάβουμε τις τιμές αυτές και να τις εμφανίσουμε υπό μορφή πίνακα, που θα χρησιμοποιήσουμε στο τελικό στάδιο για τη δημιουργία της εικόνας υψηλού δυναμικού εύρους. Σε αυτό το σημείο, θα μας βοηθήσει η **getfield**. Η συνάρτηση θα μας επιστρέψει, από τη δομή που είδαμε πιο πάνω, τις τιμές ενός συγκεκριμένου πεδίου που θα διαλέξουμε. Στη περίπτωση μας, τις τιμές του ExposureTime. Αυτό το κάνουμε για όλες τις εικόνες της πρώτης σειράς και της δεύτερης σειράς.

Ο κώδικας βρίσκεται πιο κάτω, με το όνομα **times_ekthshs.m**.

```
//Με την times_ekthshs, λαμβάνουμε τις τιμές έκθεσης των εικόνων που αλλάζουν με βάση τη φωτεινότητα.
function exps = times_ekthshs
L = 5;
exps = zeros(1, 5);
```

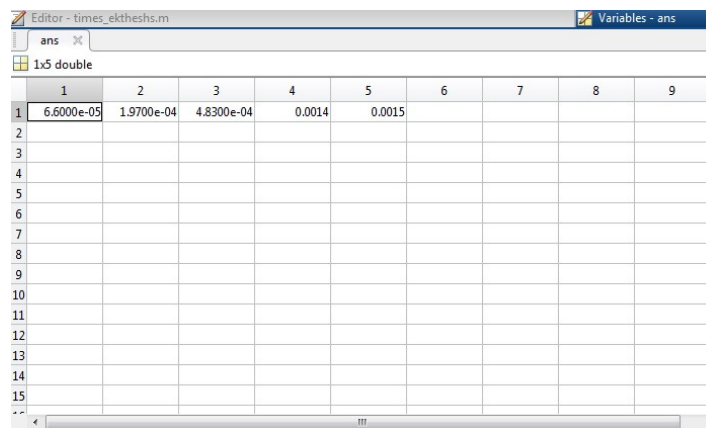
```
//Λαμβάνουμε τις τιμές της φωτεινότητας από τις 5 διαφορετικές εκθέσεις.
//Η φωτεινότητα της κάθε μιας έκθεσης, είναι προκαθορισμένη από τη
//φωτογραφική από την οποία τραβήχτηκε.
```

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

```
for img = 1:L
img01 = imfinfo('WP01.jpg');
exposure_value1 = getfield(img01, 'DigitalCamera', 'ExposureTime');
img02 = imfinfo('WP02.jpg');
exposure_value2 = getfield(img02, 'DigitalCamera', 'ExposureTime');
img03 = imfinfo('WP03.jpg');
exposure_value3 = getfield(img03, 'DigitalCamera', 'ExposureTime');
img04 = imfinfo('WP04.jpg');
exposure_value4 = getfield(img04, 'DigitalCamera', 'ExposureTime');
img05 = imfinfo('WP05.jpg');
exposure_value5 = getfield(img05, 'DigitalCamera', 'ExposureTime');
end
```

//Αποθηκεύουμε τις τιμές σε έναν πίνακα.

```
exps(:, 1) = exposure_value1;
exps(:, 2) = exposure_value2;
exps(:, 3) = exposure_value3;
exps(:, 4) = exposure_value4;
exps(:, 5) = exposure_value5;
end
```



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6.6000e-05	1.9700e-04	4.8300e-04	0.0014	0.0015				
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

Το αποτέλεσμα θα είναι ένας πίνακας με τις τιμές των εκθέσεων των εικόνων.

Το πέμπτο βήμα έχει ως εξής. Θεωρούμε τη μεταβλητή g , τον φυσικό αλγόριθμο της συνάρτησης της κάμερας, που θα χρησιμοποιήσουμε στο επόμενο βήμα για τη δημιουργία της εικόνας υψηλού δυναμικού εύρους. Με z_{min} και z_{max} , τα όρια των τιμών των pixels. Με F τον αριθμό των δειγμάτων και L των αριθμό των φωτογραφιών.

Με βάση τα παραπάνω, δημιουργούμε τη **weight.m**, που θα παίζει το ρόλο της συνάρτησης, η οποία θα βοηθήσει το λογάριθμο της καμπύλης απόκρισης να γίνει πιο ομαλός.

Η **weight.m** είναι της μορφής που βλέπουμε στη συνέχεια.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

function w = weight(z)

//Δεν χρησιμοποιούμε μηδενικά βάρη για να μην επηρεαστεί το σύστημα εξίσωσης.

w = double(z) + 0.4;

w(z > 127) = 256 - z(z > 127);

end

Το έκτο βήμα έχει ως εξής. Αφού έχουμε πάρει τα σημεία από την συνάρτηση `auto_shmeia.m` και τα έχουμε αποθηκεύσει στον πίνακα `auto.mat`, δημιουργούμε την **autoHDR.m**. Η συνάρτηση αυτή, θα ανοίξει και θα χρησιμοποιήσει τα σημεία του πίνακα αλλά και τις τιμές των εκθέσεων από την `times_ektheshs.m`. Κάνουμε ανάκτηση της καμπύλης απόκρισης και του χάρτη ακτινοβολίας, σε σχέση με τη φωτεινότητα και αφού συνδυαστούν οι πολλαπλές εκθέσεις έχουμε ως αποτέλεσμα και τη μείωση του θορύβου.

Στο κομμάτι αυτό, χρησιμοποιούμε την ιδιότητα φωτοχημικών και ηλεκτρονικών συστημάτων, που ονομάζεται **αμοιβαιότητα**. Ο μαθηματικός τύπος της αμοιβαιότητας, δίνεται από τη σχέση

$$Z_{ij} = f(E_i \Delta t_j)$$

Με Z_{ij} , το σύνολο των πεπερασμένων τιμών φωτεινότητας, i , ένα χωρικό δείκτη εικονοστοιχείων και j , την ευρετήρια σχέση στους χρόνους έκθεσης σε φως. Η συνάρτηση της καμπύλης απόκρισης f , μας δίνει το πώς οι τιμές ακτινοβολίας, E_i , βρίσκονται στη φωτεινότητα των pixels, Z . Ο όρος Δt_j , είναι οι γνωστοί αλλά διαφορετικοί χρόνοι έκθεσης των εικόνων σε φως.

Η f αυξάνεται μονοτονικά και μπορούμε να καθορίσουμε την αντίστροφή της. Χρησιμοποιώντας τον φυσικό λογάριθμο και απλοποιώντας, έχουμε ως λύση του υπερκαθορισμένου συστήματος εξισώσεων την

$$g(Z_{ij}) = \ln E_i + \ln \Delta t_j$$

που μπορεί να λυθεί με τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων, για να έχουμε τα ελάχιστα τετραγωνικά σφάλματα και το αποτέλεσμα είναι η απόκριση της κάμερας.

Τη καμπύλη απόκρισης g , τη χρησιμοποιούμε για να μετατρέψουμε τις τιμές των pixels σε σχετικές τιμές ακτινοβολίας. Επίσης, γίνεται χρήση των αρχικών εικόνων που λάβαμε με τη μέθοδο Bracketing και όχι μόνο των εικόνων που χρησιμοποιήσαμε για την ανάκτηση της καμπύλης

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

απόκρισης. Για την ανάκτηση των τιμών ακτινοβολίας της HDR, πρέπει να ισοσταθμίσουμε το βάρος των εκθέσεων, όπου οι τιμές των pixels είναι πιο κοντά στο μέσο της συνάρτησης απόκρισης. Αγνοώντας τις κορεσμένες τιμές τους, για να έχουμε λιγότερες επιπτώσεις στις ανακτημένες τιμές ακτινοβολίας. Ο μαθηματικός τύπος της ακτινοβολίας είναι

$$\ln E_i = g(Z_{ij}) - \ln \Delta t_j$$

Το κομμάτι του κώδικα, μπορούμε να το δούμε παρακάτω.

```
clear all
clc

lambda = 100;
L = 5;
F = 25;
exps = times_ektheshs;
ektheseis = cell(L, 1);
for i = 1:L
ektheseis{i} = sprintf('WP%02d.jpg', i);
end
C = cell(L, 1);
for j = 1:L
C{j} = imread(ektheseis{j});
end

//Φορτώνουμε το υποσύνολο των pixels που θα χρησιμοποιήσουμε.
load auto.mat -ascii
x = auto(1:25,1);
y = auto(26:50,1);

//Η φορέας περιέχει και τα τρία χρωματικά κανάλια (red,green,blue).
foreas = zeros(F, L, 3);
for j = 1:L
ind = sub2ind(size(C{j}), x, y);
for c = 1:3
channel = C{j}(:, :, c);
foreas(:, j, c) = reshape(channel(ind), [F 1]);
end
end
g = zeros(256, 3);
logE = zeros(F, 3);

//Κάθε χρωματικό κανάλι, χρησιμοποιείται ανεξάρτητα.
for c = 1:3
A = sparse(F*L+255, F+256);
b = sparse(F*L+255, 1);
```

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

```

k = 0;
for j = 1:L
l = log(exps(j));
for i = 1:F
k = k+1;
w = weight(foreas(i, j, c));
A(k, foreas(i, j, c)+1) = 1;
A(k, 256+i) = -w;
b(k) = w*i;
end
end

//Περιορισμοί στην ομαλότητα της καμπύλης απόκρισης.
k = F*L;
for i = 1:254
k = k+1;
A(k, i) = lambda;
A(k, i+1) = -2*lambda;
A(k, i+2) = lambda;
end

//Περιορισμός g(foreasmid) = 0.
A(size(A, 1), 128) = 1;

//Λύση συστήματος.
x = A \ b;
g(:, c) = x(1:256)./weight((0:255)');
logE(:, c) = x((1:F)+256);
end
figure;
plot(0:255, g(:, 1), 'r', 0:255, g(:, 2), 'g', 0:255, g(:, 3), 'b')

//Αναδημιουργία του χάρτη φωτεινότητας.
[m, n, c] = size(C{1});
num = zeros(m, n, 3);
den = zeros(m, n, 3);
for c = 1:3
for j = 1:L
foreas = C{j}(:, :, c);
w = weight(foreas);
num(:, :, c) = num(:, :, c)+w.*(reshape(g(foreas+1, c), size(foreas))-log(exps(j)));
den(:, :, c) = den(:, :, c)+w;
end
end
E = exp(num./den);
rgb = tonemap(E, 'AdjustLightness', [0.1 1], 'AdjustSaturation', 3);
%rgb = tonemap(hdr, 'AdjustLightness', [0.1 1], 'AdjustSaturation', 1.5);
figure;
imshow(rgb);
imwrite(rgb, 'autoHDR.jpg');

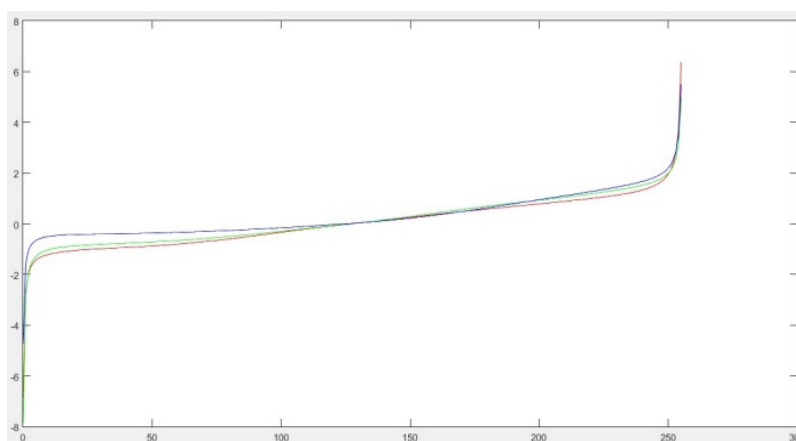
```

Αυτό το παρατηρούμε και στο αποτέλεσμα και στην εικόνα αλλά και στο γράφημα φωτεινότητας.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



autoHDR.



Κανονικοποιημένη ακτινοβολία & φωτεινότητα.

Η διαφορά στο δυναμικό εύρος και των δύο εικόνων είναι ξεκάθαρη. Συγκρίνοντας τις αρχικές εκθέσεις που πήραμε για να εμφανίσουμε το τελικό αποτέλεσμα, παρατηρούμε τη σκίαση σε σημεία τα οποία είναι πιο φωτεινά. Παρατηρούμε επίσης, την αύξηση φωτεινότητας σε σημεία πιο σκιερά – σκούρα, με το διπλασιασμό φωτός και χρώματος.

Κάθε κανάλι κόκκινου, πράσινου και μπλε (RGB), υπολογίζεται από τις εξισώσεις *Debevec*. Το κάθε γράφημα, που χαρακτηρίζεται από την κανονικοποιημένη ακτινοβολία (**Normalized Irradiance**) σε σχέση με τη φωτεινότητα των εικόνων (**Image Brightness**) και στην ιδανική περίπτωση, στον άξονα ακτινοβολίας, ο χάρτης θα πρέπει να είναι λείος και να αυξάνεται μονοτονικά. Λόγω των σφαλμάτων που εισάγονται στην επίλυση των εξισώσεων, όμως, και ενδεχομένως στις ατελείς συσκευές απεικόνισης, οι καμπύλες απόκρισης (**Response Curves**) εμφανίζονται με λίγες διαταραχές.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Ημιαυτόματη δημιουργία HDR εικόνας 4.1.2

Στο προηγούμενο κομμάτι του τέταρτου κεφαλαίου, είδαμε πώς μπορούμε να δημιουργήσουμε μια εικόνα υψηλού δυναμικού εύρους (**HDR**), με τη χρήση συναρτήσεων και πέντε διαφορετικών εκθέσεων της εικόνας σε φωτεινότητα έτσι, ώστε να πάρουμε την εικόνα HDR, ως αποτέλεσμα μετά από τονική χαρτογράφηση (Tonemapping).

Στο 4.1.2, θα μιλήσουμε για το πώς μπορούμε να δημιουργήσουμε μια εικόνα υψηλού δυναμικού εύρους ημιαυτόματα. Δηλαδή, η επιλογή των σημείων από τις εκθέσεις της σκηνής, να γίνει με βάση κάποιον εξωτερικό παράγοντα. Σε αυτή τη περίπτωση ο παράγοντας, είναι ο χειριστής του προγράμματος που, με βάση τη δική του κρίση, θα επιλέξει ποια θα είναι τα σημεία που θα γίνουν αλλαγές ώστε να πάρουμε το τελικό αποτέλεσμα.

Για να μπορέσουμε να δουλέψουμε στο συγκεκριμένο κομμάτι, θα το ονομάσουμε **semiautoHDR.m** στο Matlab. Το σκεπτικό παραμένει το ίδιο, απλά πλέον θα διαλέξουμε τα σημεία που θέλουμε εμείς, με τη βοήθεια της συνάρτησης **getpts** και θα τα αποθηκεύσουμε στον πίνακα **semiauto.mat**, για να τα χρησιμοποιήσουμε για το τελικό μας αποτέλεσμα.

Το κομμάτι του κώδικα φαίνεται στη συνέχεια.

```
clear all
clc
```

//Επιλέγουμε μια ομάδα σημείων από την ακολουθία των εικόνων με ημιαυτόματο τρόπο.

```
L = 5;
%L = 3;
RGB = cell(L, 1);
ImGray = cell(RGB);
for i = 1:L
RGB{i} = imread(sprintf('metaWP%02d.tif', i));
ImGray{i} = rgb2gray(RGB{i});
end
x = [];
y = [];
fig = figure;
for j = 1:L
C = ImGray{j};
imshow(C)
[u, v] = getpts(fig);
x = [x; u];
y = [y; v];
end
points = unique(round([x, y]), 'rows');
x = points(:, 1);
y = points(:, 2);
F = length(x);
save ('semiauto.mat', 'x', 'y', 'F')
```

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Θα ζητηθούμε, να διαλέξουμε τα σημεία που θέλουμε.



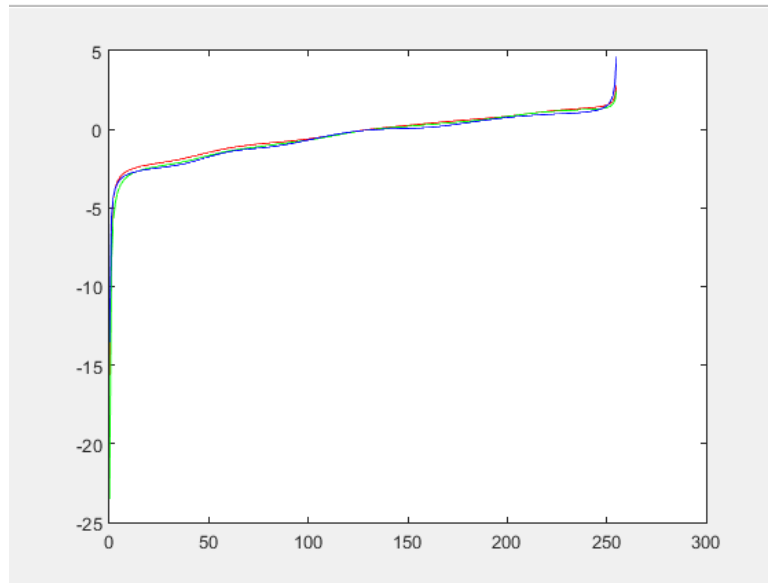
Ημιαυτόματη επιλογή σημείων.

Και αφού τελειώσουμε με αυτό το κομμάτι, θα πρέπει να λάβουμε ξανά τις τιμές έκθεσης των αρχικών εκθέσεων από την **times_ektheshs.m** και να προσαρμόσουμε όλα τα δεδομένα μας στην **semiautoHDR.m**.



semiautoHDR.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

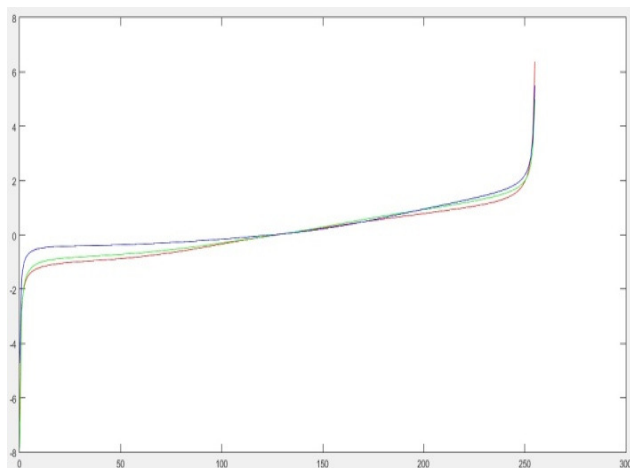


Κανονικοποιημένη ακτινοβολία & φωτεινότητα.

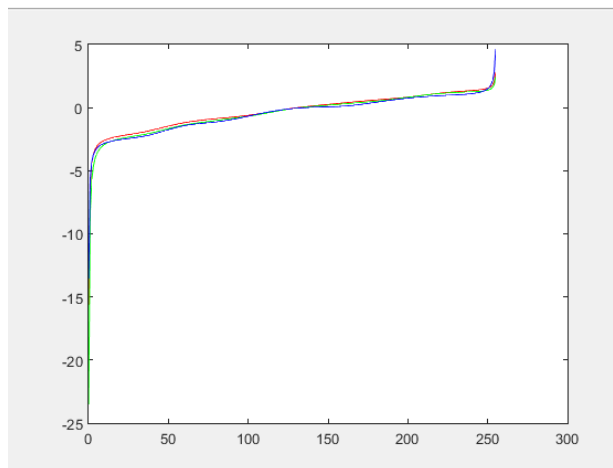
Ας δούμε μαζί τα αποτελέσματα της αυτόματης και της ημιαυτόματης λειτουργίας για να συγκρίνουμε.



Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



autoHDR.



semiautoHDR.

Μιλώντας για διαφορές, η πρώτη και αρκετά σημαντική είναι στη λειτουργία τους. Η αυτόματη επιλέγει τα σημεία με αυτόματο τρόπο, άρα κερδίζουμε χρόνο σε σχέση με την ημιαυτόματη.

Στα αποτελέσματα των εικόνων, παρατηρούμε την ένταση και τη λάμψη του χρώματος να υπερισχύει στην αυτόματη. Ως προς τον αριθμό των δειγμάτων που εμφανίζονται στα ιστογράμματα λάμψης-φωτεινότητας, ανακατασκευασμένα, για να εμφανίζουμε την εικόνα υψηλού δυναμικού εύρους, παρατηρούμε μια σχετική ισότητα στην ημιαυτόματη αλλά και στην αυτόματη λειτουργία.

Μεγαλύτερη εξομάλυνση των καμπύλων των χρωματικών καναλιών κόκκινου, πράσινου και μπλε (RGB), παρατηρείται στην αυτόματη λειτουργία. Στο ιστογράμμα της ημιαυτόματης λειτουργίας παρατηρούμε, στον κατακόρυφο άξονα λάμψης-ακτινοβολίας, μικρότερο αριθμό δειγμάτων, γι' αυτό βλέπουμε στην εικόνα την ένταση του χρώματος να αλλάζει αισθητά (Mon-Ju).

Εκτός, όμως του παραδείγματος παραπάνω, ας δούμε και μερικά πειράματα και σε εξωτερικό αλλά και σε εσωτερικό χώρο.

Αυτό το κάνουμε για να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα, που έχουν να κάνουν με τις τιμές ακτινοβολίας, καθώς η φωτεινότητα και η σκίαση αλλάζει σε σχέση με τον εσωτερικού χώρου, αλλάζει σε σχέση με τον εξωτερικό χώρο.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



Η ακολουθία της σκηνής που έχουμε πιο πάνω, αναφέρεται σε εξωτερικό χώρο και στη συνέχεια θα δούμε την ακολουθία της σκηνής εσωτερικού χώρου που θα χρησιμοποιήσουμε.



Η φασματική απόκριση, του αισθητήρα της ψηφιακής μηχανής, αντιλαμβάνεται διαφορετικά σκηνές εξωτερικού χώρου αφού από το περιβάλλον εισέρχεται μεγαλύτερη ποσότητα φωτός στο διάφραγμα του φακού. Η ποσότητα φωτός, είναι ανάλογη του χρόνου έκθεσης και της διαμέτρου του διαφράγματος και όσο περισσότερη περνάει από το φακό, η εικόνα αλλοιώνεται.

Η αλλοίωση της εικόνας, παρατηρείται συχνά σε σκηνές εξωτερικού από φυσικούς παράγοντες όπως το φως του ήλιου.

Κλείνοντας την παρένθεση, αυτή, παρατηρούμε τα αποτελέσματα των δύο σκηνών μας και καταλήγουμε σε κάποια συμπεράσματα.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.



autoHDR.



semiautoHDR.



Αν η σκηνή δεν έχει αρκετές τιμές ακτινοβολίας, τότε η χαρακτηριστική καμπύλη δε μπορεί να ανασυντεθεί με λίγα δείγματα. Με περισσότερες, από δύο, εικόνες, βελτιώνεται η ευαισθησία του θορύβου. Ο αριθμός των εικόνων, της σκηνής, που χρειάζεται είναι μια συνάρτηση του δυναμικού εύρους των τιμών ακτινοβολίας της σκηνής.

Αν υποθέσουμε ότι το φάσμα των μέγιστων και των ελάχιστων τιμών ακτινοβολίας είναι R και η σειρά των εικόνων, φιλμ, είναι ικανή να αντιπροσωπεύσει μια δυναμική περιοχή F , ο ελάχιστος αριθμός φωτογραφιών που χρειάζονται είναι $d[R/F]$. Για να εξασφαλίσουμε ότι κάθε μέρος της σκηνής, θα εμφανίζεται σε μια φωτογραφία, τουλάχιστον, σε χρονική διάρκεια έκθεσης που το θέτει σε λειτουργία στη καμπύλη απόκρισης της κάμερας.

Κάνοντας τη διαδικασία με όσο το δυνατόν λιγότερες εικόνες της σκηνής, θα πρέπει να προσέξουμε να υπάρχει ποικίλο εύρος τιμών ακτινοβολίας στις εκθέσεις, ώστε να είναι ικανοποιητικό το αποτέλεσμα της χαρακτηριστικής καμπύλης. Σε σκηνές εσωτερικού χώρου, όπως το παράδειγμα πιο πάνω, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε λιγότερες εκθέσεις της σκηνής. Είναι σημαντικό όμως να τονίσουμε ότι, ο φωτογράφος θα πρέπει να αποφασίσει να τραβήξει τις εικόνες, με εύρος ακτινοβολίας ικανοποιητικό.

Για σκηνές εξωτερικού χώρου, με περισσότερες εκθέσεις καλύπτουμε το μεγαλύτερο μέρος των τιμών ακτινοβολίας.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Πέραν, όμως, των μεθόδων που αναλύουμε παραπάνω, υπάρχει και κάτι ακόμα. Στο *Matlab*, βρίσκουμε μία συνάρτηση στο πακέτο του *Image Processing Toolbox* που ονομάζεται **makehdr** (MathWorks Documentation). Σκοπός της είναι να δημιουργήσει αυτόματα μία εικόνα υψηλού δυναμικού εύρους, από μια σειρά εικόνων χαμηλού δυναμικού εύρους. Με άλλα λόγια, κάνει ότι ακριβώς κάνουν και οι δύο μέθοδοι που μιλήσαμε παραπάνω και στη συνέχεια περιγράφεται και η δική της λειτουργία.

Χρησιμοποιεί, έναν πίνακα χαρακτήρων με τα αρχεία που θα δουλέψουμε. Τα διανύσματα των τιμών έκθεσης των αρχείων, τα `expValue`. Η αύξηση ενός διανύσματος συνεπάγεται με το διπλασιασμό της φωτεινότητας στην έκθεση της εικόνας, ενώ η μείωση συνεπάγεται μείωση κατά το ήμισυ και οι τιμές που επιτρέπονται είναι μόνο θετικές. Μια αριθμητική βαθμίδα από το πεδίο τιμών 0 έως 255 που μας εμφανίζει την ελάχιστη τιμή σε μία έκθεση και μια αριθμητική βαθμίδα, στο ίδιο πεδίο τιμών, που μας εμφανίζει την μέγιστη τιμή μιας έκθεσης. Όταν οι τιμές των pixels, των εκθέσεων, είναι χαμηλές θεωρεί ότι είναι υποφωτισμένες και όταν είναι υψηλές θεωρεί ότι είναι υπερφωτισμένες. Τις τιμές αυτές, δεν τις συμπεριλαμβάνει στο τελικό αποτέλεσμα.

Αρχικά, ελέγχονται τα αρχεία που θα χρησιμοποιηθούν. Επιλέγεται η εικόνα με την ελάχιστη έκθεση, ως σημείο αναφοράς, από τον χρήστη ή γίνεται ένα πέρασμα στις εικόνες με τις διαφορετικές εκθέσεις, για να βρεθεί αυτή με τη μικρότερη τιμή έκθεσης.

Ένας συσσωρευτής, λαμβάνει μεταβλητές ως τιμές εξόδου. Η ανακατασκευή της εικόνας υψηλού δυναμικού εύρους γίνεται με την αναδημιουργία των εικόνων χαμηλού δυναμικού εύρους. Οι λογαριθμικές τιμές έκθεσης, μετατρέπονται σε ισοδύναμες δεκαδικές τιμές, δηλαδή αριθμοί κινητής υποδιαστολής, γίνονται δεκαδικοί και γειτονικές εκθέσεις υψώνονται στο τετράγωνο.

Σαρώνονται τα LDR αρχεία. Ελέγχονται οι τιμές είτε από υποφωτισμένες εκθέσεις, είτε από υπερφωτισμένες. Οι υποφωτισμένες είναι μικρότερες από την ελάχιστη τιμή έκθεσης, ενώ οι υπερφωτισμένες είναι μεγαλύτερες από τη μέγιστη τιμή έκθεσης. Αυτές δε χρησιμοποιούνται για το τελικό αποτέλεσμα. Οι κατάλληλα φωτισμένες, δεν είναι ίσες με τις υπερφωτισμένες ή τις υποφωτισμένες, άρα βρίσκονται στο διάστημα μεταξύ αυτών.

Η ένταση των εικόνων χαμηλού δυναμικού εύρους, θα προστεθεί στο συσσωρευτή, αφού ομαλοποιηθεί, διαιρώντας κάθε στοιχείο των εικόνων με τη γειτονική του έκθεση.

Ο μέσος όρος των τιμών, των LDR εικόνων, που χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθεί ο χάρτης ακτινοβολίας-λάμψης της HDR εικόνας διαιρείται από τις κατάλληλα φωτισμένες εκθέσεις. Η αξία των υπερφωτισμένων και των υποφωτισμένων pixels θα υπολογιστεί για τις κατάλληλα φωτισμένες εκθέσεις. Έτσι, για pixels που κάποιες φορές θα είναι υποφωτισμένα και κάποιες άλλες υπερφωτισμένα, αλλά ποτέ φωτισμένα κατάλληλα, με την εξίσωση **Laplace**, θα συμπληρωθούν συγκεκριμένες περιοχές πάνω στην τελική εικόνα.

Συνεχίζοντας, εξάγονται οι τιμές των εκθέσεων και ειδικότερα η μέση έκθεση, από το σύνολο των αρχείων. Έτσι, σαρώνουμε τα αρχεία που χρησιμοποιούμε. Η `makehdr`, παίρνει παραμέτρους από πεδία των εικόνων, αν έχουμε μια σειρά εκθέσεων, για αυτό το κομμάτι, όπως τον μέγιστο και τον ελάχιστο χρόνο έκθεσης και το μέγιστο και το ελάχιστο *f-stop*. Το *f-stop* αντιπροσωπεύει μια μείωση κατά το ήμισυ της έντασης του φωτός από ένα προηγούμενο stop. Αντιστοιχεί στη μείωση

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

διαμέτρων της κόρης κατά παράγοντα “1”, σύμφωνα με τους όρους της φωτογραφίας. Αν ανοίξουμε το φακό περισσότερο σε κάποιο stop, επιτρέπει να περάσει διπλάσιο φως μια δεδομένη χρονική περίοδο, *exposureTime*.

Η μέση τιμή έκθεσης που υπολογίζεται, εξάγεται και φαίνεται να ποικίλλει ανάλογα με το χρόνο έκθεσης και αντιστρόφως ανάλογα των f-stop υψωμένων στο τετράγωνο. Οι περιοχές που αποκλείονται δεν παρέχονται, γιατί παίρνουν την τιμή της αμέσως επόμενης περιοχής.

Για τη διαδικασία της απεικόνισης, θεωρούμε απαραίτητο να έχουμε τρεις ή περισσότερες λήψεις μίας σκηνής με διαφορετική φωτεινότητα ώστε, να μπορέσουμε να καλύψουμε ολόκληρο το δυναμικό εύρος της σκηνής.

(Mon-Ju)

(Chang)

(Banterle, 2011)

(Littlefield)

(ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια)

(Reddit)

(MathWorks Documentation)

(Wikipedia The Free Encyclopedia)

Paul E. Debevec, J. M. (n.d.). Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs. <http://www.pauldebevec.com/Research/HDR/debevec-siggraph97.pdf>.

Εικόνα HDR. Ημιαυτόματη και αυτόματη δημιουργία. Αξιολόγηση.

Επίλογος

Ξεκινώντας αναδρομικά, από την ιδέα της φωτογραφίας έως και την πρώτη έγχρωμη φωτογραφία, για να περάσουμε στη ψηφιακή εποχή και κατά συνέπεια στην ψηφιοποίηση των χρωμάτων και τελικά την δημιουργία της εικόνας υψηλού δυναμικού εύρους, οι προσπάθειες ήταν πάρα πολλές.

Η ερμηνεία του όρου "HDR" δεν είναι ομολογουμένως τόσο εύκολη όσο αυτή του όρου "4K" (τα "τέσσερις φορές πιο πολλά pixels" ο περισσότερος κόσμος τα καταλαβαίνει χωρίς περαιτέρω επεξήγηση), ενώ δεν βοηθά και το γεγονός ότι η ουσία του όρου σχετίζεται με τρεις διαφορετικές επιμέρους έννοιες. Και, ναι, μεν η υπερανάλυσή τους ενδιαφέρει μόνο τους φανατικούς των τεχνικών λεπτομερειών και μόνο, όμως κάποια βασικά πράγματα αξίζει ν' αποσαφηνιστούν για να γίνει κατανοητό πως αυτή τη φορά το... marketing των εταιρειών δεν υπερέβαλλε. **«Η τεχνολογία HDR είναι όντως ευδιάκριτο "βήμα μπροστά" στην εικόνα».**

Η κυριολεκτική μετάφραση του όρου High Dynamic Range, αντιστοιχεί στα ελληνικά σε κάτι όπως "γκάμα υψηλών χρωματικών δυναμικών" και ενώ, μεταξύ μας, δεν είναι άμεσα κατανοητή ή και δόκιμη, είναι τουλάχιστον "ειλικρινής". Πράγματι, η εικόνα τεχνολογίας HDR χαρακτηρίζεται από πολύ μεγαλύτερη ποικιλία, γκάμα – γκάμα, η οποία όμως δεν είναι στατική, αλλά δυναμική, μπορεί δηλαδή να αλλάξει σε πραγματικό χρόνο. Περισσότερα χρώματα από όσα στην "απλή" εικόνα που είχαμε μέχρι σήμερα, τα οποία όμως δεν είναι δεδομένα, μα προσαρμόζονται σε αυτό που καλούνται ν' αποδώσουν. Ενώ τα παλαιότερα μέσα προβολής είχαν στην διάθεσή τους μία παλέτα με συγκεκριμένη γκάμα χρωμάτων και αναλάμβαναν να τα αντιστοιχίσουν στα χρώματα της εικόνας όσο καλύτερα μπορούσαν, τα μέσα προβολής τεχνολογίας HDR μπορούν όχι μόνο να διαλέξουν μέσα από πολύ περισσότερα χρώματα, αλλά και από μεγαλύτερη ποικιλία αποχρώσεων στις ίδιες ζώνες χρωμάτων.

Χρειάστηκε χρόνος για να πάρουμε το αποτέλεσμα που έπρεπε. Η ουσία είναι όμως, ότι οι επιλογές που έχουμε για να δημιουργήσουμε την δική μας HDR εικόνα, συνεχίζουν να τρέχουν μέχρι να παρουσιάσουμε μια εικόνα όπου το ανθρώπινο μάτι θα αντιληφθεί ως ιδανική. Άλλωστε, ο τρόπος που αντιλαμβάνεται ο καθένας μια εικόνα, είναι υποκειμενικός. Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι να εμφανίσουμε μια εικόνα, που συγκρίνοντας τη με τη αρχική, θα αντιληφθούμε διαφορά στο φως και στα χρώματά της. Μια εικόνα που σίγουρα θα είναι πιο ευειδής από αυτή που βλέπαμε στην αρχή. Η ψηφιακή εποχή προχωράει με γρήγορους ρυθμούς, άρα και η ψηφιοποίηση. Οι εικόνες είναι κομμάτι της καθημερινότητάς μας, που αποθηκεύονται στη μνήμη μας και στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή μας ή στη κάρτα μνήμης της ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής μας. Η ιδέα λοιπόν, είναι να έχουμε το δικό μας «αρχείο», είτε είναι εικόνα, είτε είναι ήχος. Αφού αφήσαμε την αναλογική εποχή, το αρχείο μας, όπως είναι φυσικό θα πρέπει να έχει τη καλύτερη δυνατή ποιότητα. Όπως του αξίζει.