



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μηχανική Όραση και Τεχνολογικά
Συστήματα Απεικόνισης Οφθαλμού**

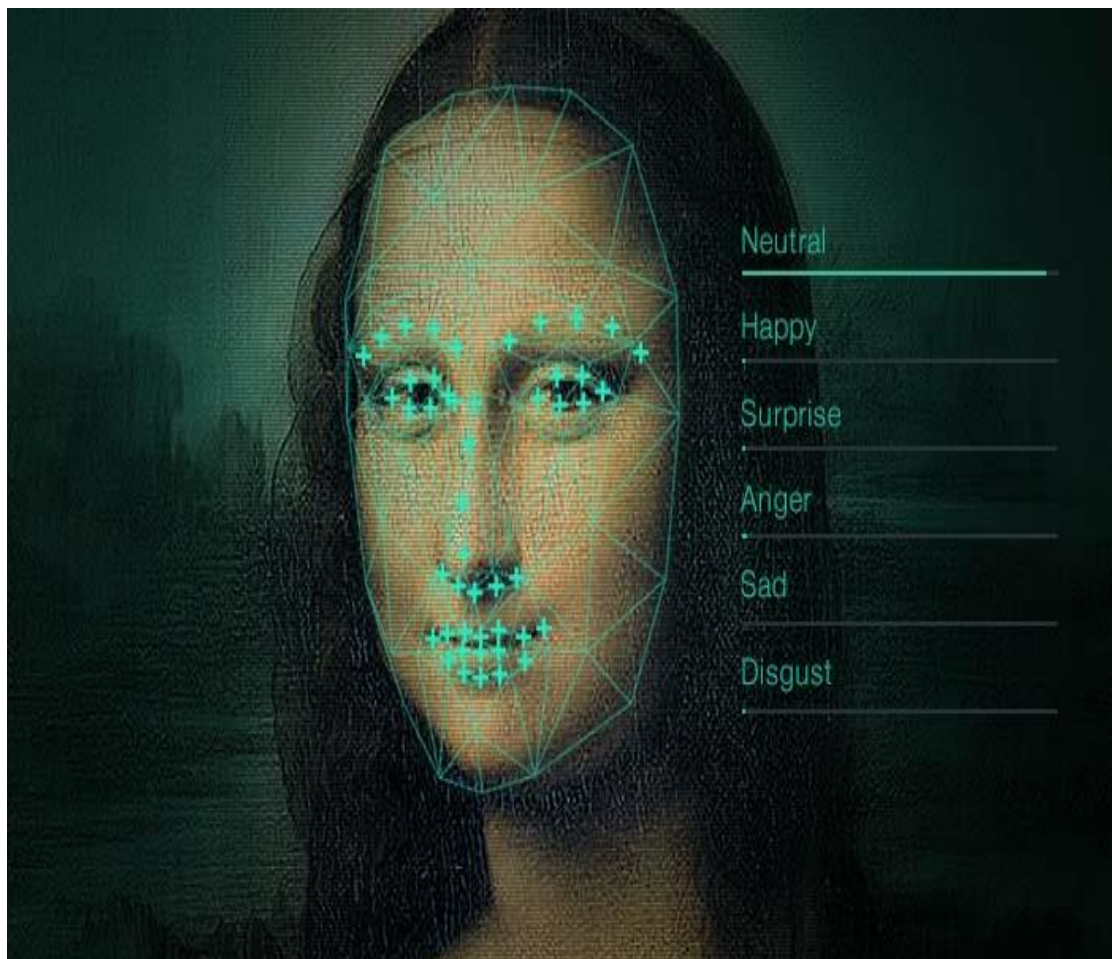
**Mechanical Vision and eye imaging
Technology**

Σπουδαστές: Γεωργίου- Παππάς Κωνσταντίνος Α.Μ. 650

Καλιακούδας Μάριος Α.Μ. 637

Επιβλέπων Καθηγητής: κ. Ανδρικόπουλος Ανδρέας

Αίγιο, Σεπτέμβριος 2016



Εικόνα 1.Ανάλυση των χαρακτηριστικών του προσώπου της Mona Lisa με την χρήση Η/Υ (Πηγή: https://www.realeyesit.com/Media/Default/Blogs/Realeyes_MonaLisa.jpg)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η Εργασία δημιουργήθηκε για το Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδος και το Τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας. Για εμάς η εργασία αυτή είναι ζωτικής σημασίας διότι μέσω αυτής μάθαμε και γνωρίσαμε πράγματα τα οποία συναντάμε στην ζωή μας, είτε καθημερινά είτε σπανιότερα και ίσως να ασχολούμαστε με αυτά και σίγουρα δεν τα γνωρίζαμε, όπως ίσως και πολλοί άλλοι και χαιρόμαστε για αυτό. Μάθαμε πως λειτουργούν, σε τι μας ωφελούν και σε τι όχι και ποία είναι η σωστή χρήση τους. Επίσης μέσω αυτής μας της εργασίας φτάνουμε ένα βήμα πιο κοντά στον σκοπό μας ο οποίος είναι η ολοκλήρωση των σπουδών μας. Το σημαντικό κομμάτι απ' όλα όμως το αφήσαμε για το τέλος και αυτό είναι ο καθηγητής κ.

Ανδρικόπουλος Ανδρέας που μας ανέλαβε και μας έδωσε να διεκπεραιώσουμε ένα τόσο πρωτότυπο, ενδιαφέρον και επίκαιρο θέμα. Επίσης τον ευχαριστούμε πολύ για την στήριξη που μας έδειξε από την πρώτη κιόλας στιγμή, αφού γνωρίζουμε για το επιβαρυνόμενο πρόγραμμα του, γιατί μας καθοδήγησε σωστά από την αρχή με την σωστή επιλογή βιβλίων και πηγών και μας στήριζε αδιάκοπα, χωρίς να υπάρξει κανένα απολύτως πρόβλημα στην συνεργασία μας. Δάσκαλε σας ευχαριστούμε πολύ για όλα!

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η όραση είναι μία από τις βασικότερες και ίσως η πιο βασική ανθρώπινη αίσθηση, μας βοηθά να κατανοήσουμε το περιβάλλον μας και να έρθουμε σε επικοινωνία με τους συνανθρώπους μας. Έτσι πλέον στην σημερινή εποχή καθημερινά καταγράφεται, αποθηκεύεται, μεταδίδεται και αναλύεται ένας τεράστιος όγκος από οπτικές πληροφορίες που διαπερνά κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα, από την επιστημονική έρευνα (π.χ. δορυφορική τηλεπισκόπηση) μέχρι τις υπηρεσίες υγείας (π.χ. ιατρική απεικόνιση) και την διασκέδαση (ψηφιακή τηλεόραση, παιχνίδια υπολογιστή, ιστοσελίδες κοινωνικής δικτύωσης). Όλοι πλέον καταγράφουν εικόνες συνέχεια είτε για επαγγελματική χρήση, είτε για προσωπική χρήση μέσω φωτογραφικών μηχανών ή των κινητών τηλεφώνων τους. Οπότε πρακτικά δεν υπάρχει κάποιος τομέας ανθρώπινης δραστηριότητας που να μην υπάρχει η ανάγκη καταγραφής, αποθήκευσης, μετάδοσης και κάποιες φορές και επεξεργασίας και ανάλυσης εικόνας.

ABSTRACT

Vision is one of the main and perhaps the basic human sense, it helps us to understand our environment and to get in contact with our fellowmen. So now in the present times daily there is recorded, stored, transmitted and analyzed a huge amount of visual information that permeates all human activity, by scientific research (eg satellite remote sensing) to health services (eg medical imaging) and entertainment (digital TV, computer games, social networking sites). Everybody now capture images either for business use or for personal use through a camera or mobile phone. So practically there is no human activity that there is no need of recording, storing, transmitting and sometimes also processing and image analysis.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	II
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	III
ABSTRACT	IV
Ηλεκτρονική Υγεία	1
1.1 Ηλεκτρονική Υγεία	1
1.2 Στόχοι του υπουργείου υγείας για την Ηλεκτρονική Υγεία.....	1
1.3 Ο στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ηλεκτρονική Υγεία	3
Τεχνητή Νοημοσύνη	4
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ.....	4
2.2 ΣΥΜΒΟΛΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΣΥΜΒΟΛΙΚΗ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ	4
2.3 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΤΟ 1940	5
2.4 Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΑΛΑΝ ΤΟΥΡΙΝΓΚ	6
2.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ LISP.....	6
2.6 Η ΓΛΩΣΣΑ ΛΟΓΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ PROLOGN	7
2.7 ΕΥΦΥΕΙΣ ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ	7
2.8 ΙΣΤΟΡΙΚΑ.....	8
Μηχανική Όραση	11
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ.....	12
3.3 ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΟΡΑΣΗΣ	13
4.1 ΤΙ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΩΣ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	16
4.2 ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ.....	18
4.3 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	21
4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	25
5.1 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	33
5.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ.....	34
5.3 ΟΠΤΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	34
5.4 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ	36
5.5 ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	36
5.6 ΧΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ	38
5.7 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΟΡΑΣΗΣ.....	39
6.1 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	41

6.2 Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΥ ΨΕΥΔΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΥ	42
6.3 Ο ΗΜΙΤΟΝΙΣΜΟΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	44
6.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΩΣΑΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΑΝΟΡΑΜΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	45
7.1 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	50
7.2 ΠΡΟΤΥΠΟ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ JPEG 2000.....	51
7.3 ΑΚΜΕΣ	53
7.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΦΗΣ.....	54
Τεχνολογικά Συστήματα απεικόνισης οφθαλμού της υγείας.....	55
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	55
1.2 ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ	55
1.3 ΦΛΟΥΟΡΟΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ	56
1.4 ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΗΣ ΙΝΔΟΚΥΑΝΙΝΗΣ ICG	57
1.5 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΡΑΤΟΕΙΔΟΥΣ	58
1.6 Οπτικά Πεδία	62
1.7 Οπτική τομογραφία συνοχής (OCT), προσθίου και οπισθίου ημιμορίου	64
1.8 ΚΕΡΑΤΟΜΕΤΡΙΑ.....	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70

Ηλεκτρονική Υγεία

1.1 Ηλεκτρονική Υγεία

Με τον όρο "ηλεκτρονική υγεία" (e-Health) ονοματίζουμε ένα ευρύ φάσμα εργαλείων που στηρίζονται πάνω στις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών που έχουν ως στόχο στην καλύτερη πρόληψη, διάγνωση, θεραπεία, παρακολούθηση και διαχείριση της υγείας και του τρόπου ζωής του ανθρώπου. Η ηλεκτρονική υγεία (e-Health) περιλαμβάνει την ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων ανάμεσα σε γιατρούς, ασθενείς, παρόχων υπηρεσιών υγείας, νοσοκομείων, ιατρείων, εργαστηρίων, άλλων επαγγελματιών του τομέα της υγείας και δικτύων πληροφοριών υγείας, ηλεκτρονικών μυτρώων υγείας, εξετάσεων, υπηρεσιών τηλεϊατρικής, φορητών συσκευών παρακολούθησης ασθενών, λογισμικού προγραμματισμού χειρουργείων, ρομποτικής χειρουργικής και βασικής έρευνας εικονική ανθρώπινη φυσιολογία.

1.2 Στόχοι του υπουργείου υγείας για την Ηλεκτρονική Υγεία

Στόχοι του υπουργείου υγείας:

- Να δημιουργήσει Περιφερειακά Δίκτυα Υγείας (ΠΔΥ) για να υπάρχει η παροχή και η ανταλλαγή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο μεταξύ όλων των νοσοκομείων, Κέντρων Υγείας, περιφερειακών ιατρείων καθώς και των ιδιωτών γιατρών. Τα Περιφερειακά Δίκτυα Υγείας θα μπορούν να παρέχουν την δυνατότητα στους παροχείς υγείας να έχουν ανταλλαγή απόψεων για ένα ιατρικό θέμα και να διαθέτουν πρόσβαση στην σωστή πληροφορία, όποτε τους είναι αναγκαίο, με σκοπό την καλύτερη και ποιοτικότερη παροχή ιατρικής φροντίδας προς τους ασθενείς τους.

- Επίσης με την δημιουργία των Περιφερειακών Δικτύων Υγείας (ΠΔΥ) θα γίνει δυνατή η άμεση πρόσβαση στην συνταγογράφηση και στα αποτελέσματα των εργαστηριακών εξετάσεων.
- Άμεση μεταφορά στοιχείων και αρχείων κάθε ασθενούς.
- Διευθέτηση ραντεβού με νοσοκομεία
- Θα υπάρχει πλέον ένας ενιαίος ιατρικός φάκελος
- τηλεϊατρική , τηλεφροντίδα και τηλεπαρακολούθηση (έξυπνα σπίτια) και υπηρεσίες υποβοηθούμενης αυτόνομης διαβίωσης (Ambient Assited Living - AAL)
- κλινικά πρωτόκολλα και οδηγίες θεραπείας για τους ασθενείς
- διοικητικά και διαχειριστικά συστήματα

1.3 Ο στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ηλεκτρονική Υγεία

Ο στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η δημιουργία ενός "ευρωπαϊκού χώρου ηλεκτρονικής υγείας", που από εκεί θα μπορούν να συντονίζονται δράσεις και να διευκολυνθεί η συνεργασία μεταξύ συναφών πολιτικών και ενδιαφερομένων φορέων με στόχο την εξεύρεση καλύτερων λύσεων και την εξάπλωση των καλών πρακτικών μεταξύ των Κρατών Μελών.

Οι πιο σημαντικοί στόχοι όμως που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι:

1. Η βελτίωση της υγείας των πολιτών, παρέχοντας πληροφορίες και δεδομένα τέτοια όπου θα είναι ικανά να σωθούν ανθρώπινες ζωές και διαδίδοντας τις μέσω εργαλείων ηλεκτρονικής υγείας σε όλες τις χώρες.
2. Η βελτίωση της ποιότητας της υγειονομικής περίθαλψης και έμμεσα την πρόσβαση σε αυτή, ενσωματώνοντας την ηλεκτρονική υγεία στην πολιτική για την υγεία και τον συντονισμό των πολιτικών, χρηματοδοτικών και τεχνικών στρατηγικών των κρατών μελών της.
3. Να κάνει τα εργαλεία της ηλεκτρονικής υγείας ποιο αποτελεσματικά, ποιο φιλικά προς τους χρήστες τους και ευρύτερα αποδεκτά μέσω της ενεργείας συμμετοχής των επαγγελματιών της υγείας και των ασθενών στη χάραξη και την υλοποίηση των σχετικών στρατηγικών.

Τεχνητή Νοημοσύνη

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

Ο όρος τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται στον κλάδο της πληροφορικής ο οποίος ασχολείται με τη σχεδίαση και την υλοποίηση υπολογιστικών συστημάτων που μιμούνται στοιχεία της ανθρώπινης συμπεριφοράς τα οποία υπονοούν έστω και στοιχειώδη ευφυΐα: μάθηση, προσαρμοστικότητα, εξαγωγή συμπερασμάτων, κατανόηση από συμφραζόμενα, επίλυση προβλημάτων. Ο **Τζον Μακάρθι** όρισε τον τομέα αυτόν ως **«επιστήμη και μεθοδολογία της δημιουργίας νοούντων μηχανών»**.

2.2 ΣΥΜΒΟΛΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΣΥΜΒΟΛΙΚΗ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί σημείο τομής μεταξύ πολλαπλών επιστημών όπως της πληροφορικής, της ψυχολογίας, της φιλοσοφίας, της νευρολογίας, της γλωσσολογίας και της επιστήμης μηχανικών, με στόχο τη σύνθεση ευφυούς συμπεριφοράς, με στοιχεία συλλογιστικής, μάθησης και προσαρμογής στο περιβάλλον, ενώ συνήθως εφαρμόζεται σε μηχανές ή υπολογιστές ειδικής κατασκευής.

Διαιρείται στη

- **συμβολική τεχνητή νοημοσύνη**, η οποία επιχειρεί να εξομοιώσει την ανθρώπινη νοημοσύνη *αλγοριθμικά* χρησιμοποιώντας σύμβολα και λογικούς κανόνες *υψηλού επιπέδου*

- και στην **υποσυμβολική τεχνητή νοημοσύνη**, η οποία προσπαθεί να αναπαράγει την ανθρώπινη ευφυΐα χρησιμοποιώντας *στοιχειώδη αριθμητικά μοντέλα* που συνθέτουν επαγωγικά νοήμονες συμπεριφορές με τη διαδοχική αυτοοργάνωση απλούστερων δομικών συστατικών («συμπεριφορική τεχνητή νοημοσύνη»), προσομοιώνουν πραγματικές βιολογικές διαδικασίες όπως η εξέλιξη των ειδών και η λειτουργία του εγκεφάλου («υπολογιστική νοημοσύνη»), ή αποτελούν εφαρμογή στατιστικών μεθοδολογιών σε προβλήματα τεχνητής νοημοσύνης.

Η διάκριση σε συμβολικές και υποσυμβολικές προσεγγίσεις αφορά τον χαρακτήρα των χρησιμοποιούμενων εργαλείων, ενώ δεν είναι σπάνια η σύζευξη πολλαπλών προσεγγίσεων (διαφορετικών συμβολικών, υποσυμβολικών, ή ακόμα συμβολικών και υποσυμβολικών μεθόδων) κατά την προσπάθεια αντιμετώπισης ενός προβλήματος. Με βάση τον επιθυμητό επιστημονικό στόχο η τεχνητή νοημοσύνη κατηγοριοποιείται σε άλλου τύπου ευρείς τομείς, όπως επίλυση προβλημάτων, μηχανική μάθηση, ανακάλυψη γνώσης, συστήματα γνώσης. Επίσης υπάρχει επικάλυψη με συναφή επιστημονικά πεδία όπως η **μηχανική όραση**, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας ή η ρομποτική, τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν μες στο ευρύτερο πλαίσιο της σύγχρονης τεχνητής νοημοσύνης ως ανεξάρτητα πεδία της.

2.3 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΤΟ 1940

Κατά τη δεκαετία του 1940 εμφανίστηκε η πρώτη μαθηματική περιγραφή τεχνητού νευρωνικού δικτύου, με πολύ περιορισμένες δυνατότητες επίλυσης αριθμητικών προβλημάτων. Καθώς ήταν εμφανές ότι οι ηλεκτρονικές υπολογιστικές συσκευές που κατασκευάστηκαν μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ήταν ένα τελείως διαφορετικό είδος μηχανής από ό,τι προηγήθηκε, η συζήτηση για την πιθανότητα εμφάνισης μηχανών με νόηση ήταν στην ακμή της.

2.4 Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΑΛΑΝ ΤΟΥΡΙΝΓΚ

Το 1950 ο μαθηματικός Άλαν Τούρινγκ, πατέρας της θεωρίας υπολογισμού και προπάτορας της τεχνητής νοημοσύνης, πρότεινε τη δοκιμή Τούρινγκ· μία απλή δοκιμασία που θα μπορούσε να εξακριβώσει αν μία μηχανή διαθέτει ευφυΐα. Η τεχνητή νοημοσύνη θεμελιώθηκε τυπικά ως πεδίο στη συνάντηση ορισμένων επιφανών Αμερικανών επιστημόνων του τομέα το 1956 (Τζον Μακάρθι, Μάρβιν Μίνσκι, Κλοντ Σάνον κλπ). Τη χρονιά αυτή παρουσιάστηκε για πρώτη φορά και το *Logic Theorist*, ένα πρόγραμμα το οποίο στηριζόταν σε συμπερασματικούς κανόνες τυπικής λογικής και σε ευρετικούς αλγορίθμους αναζήτησης για να αποδεικνύει μαθηματικά θεωρήματα.

2.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ LISP

Η ανάπτυξη της γλώσσας προγραμματισμού LISP το 1958 από τον Μακάρθι, δηλαδή της πρώτης γλώσσας συναρτησιακού προγραμματισμού η οποία έπαιξε πολύ σημαντικό ρόλο στη δημιουργία εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης κατά τις επόμενες δεκαετίες, η εμφάνιση των γενετικών αλγορίθμων την ίδια χρονιά από τον Φρίντμπεργκ και η παρουσίαση του βελτιωμένου νευρωνικού δικτύου *perceptron* το '62 από τον Ρόσενμπλατ. Κατά τα τέλη της δεκαετίας του '60 όμως άρχισε ο *χειμώνας της τεχνητής νοημοσύνης*, μία εποχή κριτικής, απογοήτευσης και υποχρηματοδότησης των ερευνητικών προγραμμάτων καθώς όλα τα μέχρι τότε εργαλεία του χώρου ήταν κατάλληλα μόνο για την επίλυση εξαιρετικά απλών προβλημάτων.

2.6 Η ΓΛΩΣΣΑ ΛΟΓΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ PROLOGN

Στα μέσα του '70 ωστόσο προέκυψε μία αναθέρμανση του ενδιαφέροντος για τον τομέα λόγω των εμπορικών εφαρμογών που απέκτησαν τα έμπειρα συστήματα, μηχανές τεχνητής νοημοσύνης με αποθηκευμένη γνώση για έναν εξειδικευμένο τομέα και δυνατότητα ταχείας εξαγωγής λογικών συμπερασμάτων, τα οποία συμπεριφέρονται όπως ένας άνθρωπος ειδικός στον αντίστοιχο τομέα. Παράλληλα έκανε την εμφάνισή της **η γλώσσα λογικού προγραμματισμού Prolog** η οποία έδωσε νέα ώθηση στη συμβολική τεχνητή νοημοσύνη, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του '80 άρχισαν να υλοποιούνται πολύ πιο ισχυρά και με περισσότερες εφαρμογές νευρωνικά δίκτυα, όπως τα **πολυεπίπεδα perceptron** και τα **δίκτυα Hopfield**. Ταυτόχρονα οι γενετικοί αλγόριθμοι και άλλες συναφείς μεθοδολογίες αναπτύσσονταν πλέον από κοινού, κάτω από την ομπρέλα του εξελικτικού υπολογισμού.

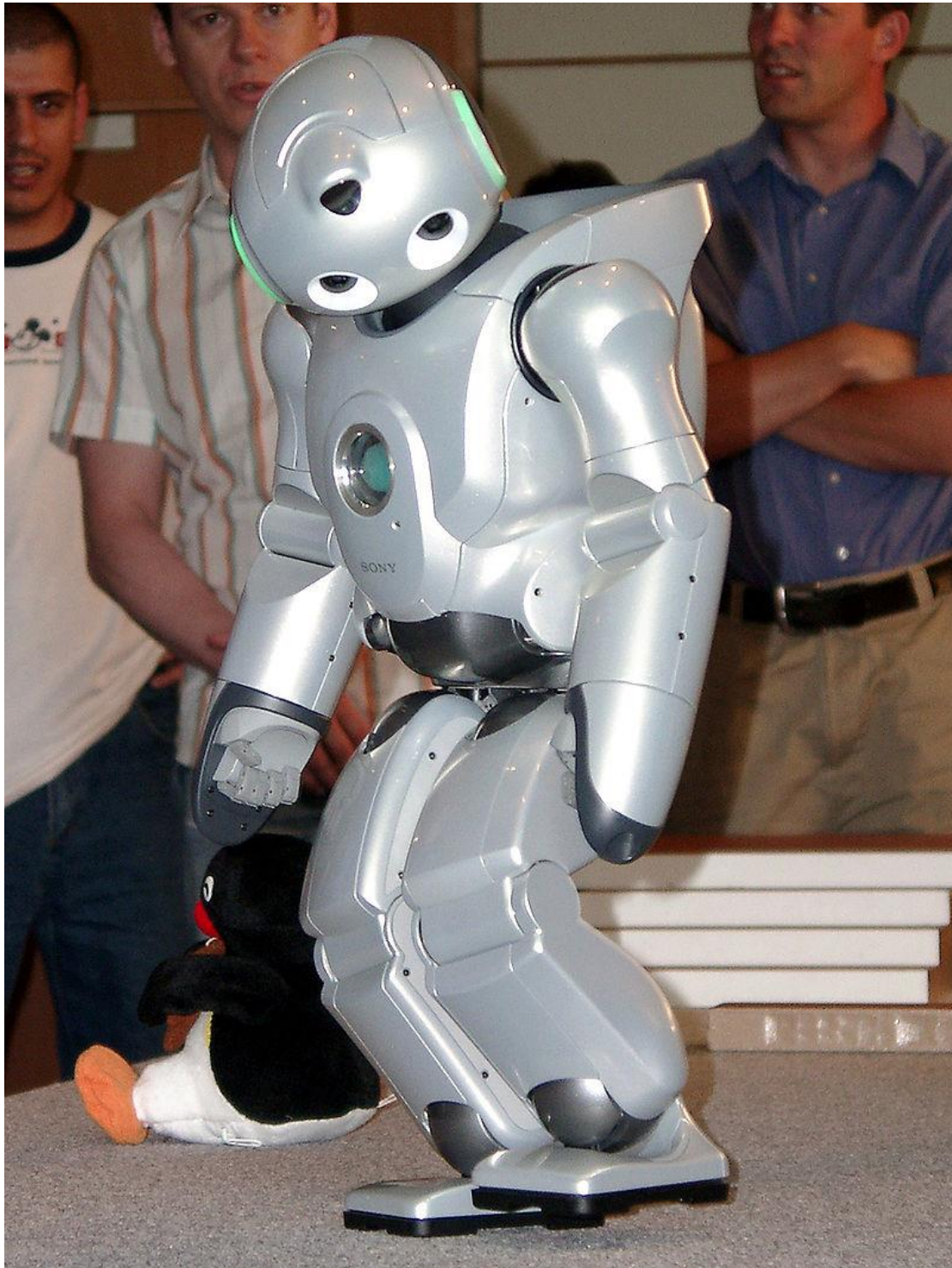
2.7 ΕΥΦΥΕΙΣ ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ

Κατά τη δεκαετία του '90, με την αυξανόμενη σημασία του Internet, ανάπτυξη γνώρισαν οι **ευφυείς πράκτορες**, αυτόνομο λογισμικό τεχνητής νοημοσύνης τοποθετημένο σε κάποιο περιβάλλον με το οποίο αλληλεπιδρά, οι οποίοι βρήκαν μεγάλο πεδίο εφαρμογών λόγω της εξάπλωσης του Διαδικτύου. Οι πράκτορες στοχεύουν συνήθως στην παροχή βοήθειας στους χρήστες τους, στη συλλογή ή ανάλυση γιγάντιων συνόλων δεδομένων ή στην αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων εργασιών (π.χ. διαδικτυακό ρομπότ), ενώ στους τρόπους κατασκευής και λειτουργίας τους συνοψίζουν όλες τις γνωστές μεθοδολογίες τεχνητής νοημοσύνης που αναπτύχθηκαν με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι σήμερα, όχι σπάνια, η τεχνητή νοημοσύνη ορίζεται ως **η επιστήμη που μελετά τη σχεδίαση και υλοποίηση ευφυών πρακτόρων**.

Επίσης τη δεκαετία του '90 η τεχνητή νοημοσύνη, κυρίως η μηχανική μάθηση και η ανακάλυψη γνώσης, άρχισε να επηρεάζεται πολύ από τη θεωρία πιθανοτήτων και τη στατιστική. Τα δίκτυα πεποιοθήσεων υπήρξαν η αφετηρία αυτής της νέας μετακίνησης, που συνέδεσε τελικά την τεχνητή νοημοσύνη με τα πιο σχολαστικά μαθηματικά εργαλεία της στατιστικής και της επιστήμης μηχανικών, όπως τα κρυμμένα μαρκοβιανά μοντέλα και τα φίλτρα Κάλμαν.

2.8 ΙΣΤΟΡΙΚΑ

Η λογοτεχνία και ο κινηματογράφος επιστημονικής φαντασίας από τη δεκαετία του 1920 μέχρι σήμερα έχουν δώσει στο ευρύ κοινό την αίσθηση ότι η τεχνητή νοημοσύνη αφορά την προσπάθεια κατασκευής μηχανικών ανδροειδών ή αυτοσυνειδητών προγραμμάτων υπολογιστή (*ισχυρή τεχνητή νοημοσύνη*), επηρεάζοντας μάλιστα ακόμα και τους πρώτους ερευνητές του τομέα. Στην πραγματικότητα οι περισσότεροι επιστήμονες της τεχνητής νοημοσύνης προσπαθούν να κατασκευάσουν λογισμικό ή πλήρεις μηχανές οι οποίες να επιλύουν με αποδεκτά αποτελέσματα ρεαλιστικά υπολογιστικά προβλήματα οποιουδήποτε τύπου (*ασθενής τεχνητή νοημοσύνη*), αν και πολλοί πιστεύουν ότι η εξομοίωση ή η προσομοίωση της πραγματικής ευφυΐας, η ισχυρή τεχνητή νοημοσύνη, πρέπει να είναι ο τελικός στόχος. Στην κινηματογραφική ταινία επιστημονικής φαντασίας 2001: Η οδύσσεια του διαστήματος (1968) κεντρικό ρόλο στην πλοκή παίζει ένας νοήμων ηλεκτρονικός υπολογιστής. Στην εικόνα φαίνεται το τεχνητό «μάτι» (μία βιντεοκάμερα) με το οποίο ο υπολογιστής κατασκοπεύει το ανθρώπινο πλήρωμα του διαστημοπλοίου όπου είναι εγκατεστημένος.



Εικόνα 2: Ένας ρομποτικός ποδοσφαιριστής αξιοποιεί αλγοριθμικές μεθόδους και εργαλεία της τεχνητής νοημοσύνης.
(Πηγή:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AE_%CE%BD%CE%BF%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B7#/media/File:07050007.JPG)



Εικόνα 3: Τα βιντεοπαιχνίδια είναι μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης εδώ και δεκαετίες, αξιοποιώντας τις μεθόδους της για να παράσχουν ανταγωνισμό στον παίκτη. (Πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AE_%CE%BD%CE%BF%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B7#/media/File:Freeciv-2.1.0-beta3-sdl_slack11.0.png)

Μηχανική Όραση

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μηχανική όραση, υπολογιστική όραση ή τεχνητή όραση είναι ένα επιστημονικό πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης το οποίο επιχειρεί να αναπαράγει αλγοριθμικά την αίσθηση της όρασης, συνήθως σε ηλεκτρονικό υπολογιστή ή ρομπότ.

Η μηχανική όραση σχετίζεται με τη θεωρία και την τεχνολογία που εμπλέκονται στη σχεδίαση και κατασκευή συστημάτων που λαμβάνουν και αναλύουν δεδομένα από ψηφιακές εικόνες. Τα εν λόγω δεδομένα μπορούν να είναι φωτογραφίες, βίντεο, όψεις από πολλαπλές κάμερες, πολυδιάστατες εικόνες από ιατρικό σαρωτή.

Η μηχανική όραση επιδιώκει να εφαρμόσει θεωρίες και μοντέλα στην κατασκευή μηχανικών συστημάτων με δυνατότητα όρασης. Παραδείγματα εφαρμογών τέτοιων συστημάτων είναι τα εξής:

1. Έλεγχος διαδικασιών (π.χ. ένα βιομηχανικό ρομπότ ή ένα αυτόνομο όχημα)
2. Ανίχνευση συμβάντων (π.χ. οπτική επιτήρηση)
3. Οργάνωση πληροφοριών (π.χ. ευρετηριοποίηση βάσεων δεδομένων και ακολουθιών εικόνων)
4. Εξομοίωση αντικειμένων και περιβαλλόντων (π.χ. βιομηχανική επιθεώρηση, ιατρική ανάλυση εικόνας ή τοπογραφική εξομοίωση)
5. Αλληλεπίδραση χρηστών με υπολογιστικά συστήματα (π.χ. ως είσοδος σε μια συσκευή επικοινωνίας ανθρώπου / μηχανής).

Η μηχανική όραση μπορεί επίσης να περιγραφεί ως συμπλήρωμα (αλλά όχι απαραίτητως αντίθετο) της βιολογικής όρασης. Στην τελευταία, μελετώνται η οπτική αντίληψη στους ανθρώπους και τα ζώα με αποτέλεσμα μοντέλα για το πώς αυτά τα συστήματα λειτουργούν υπό το πρίσμα των φυσιολογικών διαδικασιών. Η μηχανική όραση από την άλλη μελετά και περιγράφει τα τεχνητά συστήματα όρασης που εφαρμόζονται σε λογισμικό ή/και σε υλικό υπολογιστών. Η διεπιστημονική ανταλλαγή μεταξύ της βιολογικής και υπολογιστικής όρασης αποδεικνύεται όλο και περισσότερο καρποφόρα και για τους δύο τομείς.

3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ

Ιστορικά, η υπολογιστική όραση αναδύθηκε μετά το 1980 ως αποτέλεσμα επέκτασης του πεδίου της πληροφορικής το οποίο καλείται ψηφιακή επεξεργασία εικόνας σε αλγορίθμους ανάλυσης και κατανόησης εικόνων. Είχαν προηγηθεί η μαθηματική μοντελοποίηση της φυσικής όρασης, έστω σε ένα βασικό επίπεδο, και οι πρώτες προσπάθειες για αναπαραγωγή της αίσθησης της όρασης σε αυτόνομα ρομπότ. Ως τότε ο όρος *μηχανική όραση* σχετιζόταν με την ηλεκτρολογία και τη ρομποτική, συνήθως σε βιομηχανικό πλαίσιο. Κατά τη δεκαετία του 1980, μετά την εμφάνιση της υπολογιστικής όρασης, οι δύο όροι σταδιακά συνέκλιναν και συγχωνεύθηκαν ως επιστημονικά πεδία, σαν διακριτός τομέας της τεχνητής νοημοσύνης με εφαρμογές όχι μόνο στη ρομποτική αλλά και σε δεκάδες ακόμα κλάδους.

Από τη δεκαετία του 1990 κι έπειτα η μηχανική όραση έχει γνωρίσει αλματώδη ανάπτυξη, έχει συνδεθεί με το γνωστικό πεδίο της μηχανικής μάθησης και έχει δώσει σημαντικά απτά αποτελέσματα, με αλγορίθμους όρασης πραγματικού χρόνου να υλοποιούνται ακόμα και σε φτηνά κινητά τηλέφωνα εξοπλισμένα με κάμερα. Στο εν λόγω πλαίσιο, η μηχανική όραση έχει διαδραματίσει θεμελιώδη ρόλο στην εξέλιξη της ενισχυμένης πραγματικότητας.

Μετά την ευρύτατη διάδοση του Kinect, ενός καινοτόμου περιφερειακού διασύνδεσης μεταξύ χρηστών και υπολογιστικών συστημάτων, και τη σχετική άνθιση του τριδιάστατου (στερεοσκοπικού) οπτικού περιεχομένου ύστερα από τη μεγάλη επιτυχία της κινηματογραφικής ταινίας Άβαταρ το 2009, η μηχανική όραση έχει αρχίσει να εξετάζει πιο ενδελεχώς και την αξιοποίηση δεδομένων βάθους (π.χ. από στερεοσκοπική κάμερα ή ξεχωριστούς αισθητήρες βάθους) για την επίτευξη των στόχων της.

3.3 ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

Οι υποκατηγορίες της μηχανικής όρασης περιλαμβάνουν την κατανόηση σκηνής, την ανίχνευση συμβάντων, την ανίχνευση κίνησης, την αναγνώριση αντικειμένων, την ευρετηριοποίηση, την αναγνώριση κίνησης και την τριδιάστατη ανακατασκευή (παραγωγή τριδιάστατων μοντέλων της σκηνής από δεδομένα εικόνας / βίντεο). Σε σχέση με άλλα, συγγενή γνωστικά πεδία, η μηχανική όραση διαφοροποιείται ως εξής:

- Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας (digital signal image) εξετάζει αλγορίθμους οι οποίοι δέχονται ως είσοδο εικόνες / βίντεο και παράγουν ως έξοδο εικόνες / βίντεο.
- Τα γραφικά υπολογιστή (computer graphics) εξετάζουν αλγορίθμους οι οποίοι δέχονται ως είσοδο συμβολικές περιγραφές οπτικών σκηνών και παράγουν ως έξοδο εικόνες / βίντεο (με ή χωρίς αλληλεπίδραση με τον χρήστη).
- Η μηχανική όραση εξετάζει αλγορίθμους οι οποίοι δέχονται ως είσοδο εικόνες / βίντεο και παράγουν συμβολικές περιγραφές των εν λόγω οπτικών σκηνών.

- Η μηχανική μάθηση εξετάζει αλγορίθμους οι οποίοι δέχονται ως είσοδο δεδομένα κάθε τύπου και τα ταξινομούν ή κατηγοριοποιούν σε ομάδες. Ένα σημαντικό μέρος της μηχανικής όρασης, είναι ουσιαστικά εφαρμογή της μηχανικής μάθησης σε ψηφιακά οπτικά δεδομένα.
- Ψηφιακή επεξεργασία σήματος (digital signal prssing)
- Αναγνώριση Προτύπων (pattern recognition) και εξόρυξη πληροφορίας (data mining)
- Τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence)
- Τηλεπικοινωνίες και μέσα μαζικής επικοινωνίας
- Πολυμεσικές βάσεις δεδομένων (multimedia databases)
- Διαδίκτυο και κοινωνική δικτύωση

Θα δούμε ξεχωριστά την σχέση που έχουν αυτές οι περιοχές με την ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση εικόνας.

Η εικόνα είναι ένα διδιάστατο σήμα, που για την αναλύσή του και την επεξεργασία του μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλες οι τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος. Αυτή η περιοχή προσφέρει τη θεωρητική αλλά και την υπολογιστική βάση στην επεξεργασία εικόνας.

Τα γραφικά των υπολογιστών έχουν ως αντικείμενο τους την ψηφιακή σύνθεση εικόνας. Επομένως η είσοδος ενός λογισμικού γραφικών είναι μια συμβολική περιγραφή και η έξοδος του είναι μια ψηφιακή εικόνα ή εικονοσειρά. Για τον λόγο αυτό γίνεται γεωμετρική μοντελοποίηση του υπό απεικόνιση αντικειμένου, περιγραφή των συνθηκών φωτισμού και ψηφιακή παραγωγή των φωτεινοτήτων του αντικειμένου στην υποθετική θέση της κάμερας.

Η αναγνώριση προτύπων ασχολείται με την κατάταξη (classification) ενός αντικειμένου σε μια κατηγορία προτύπων (class pattern). Ένα παράδειγμα είναι η προσπάθεια αναγνώρισης σε μία ιστολογική εικόνα (μικροσκοπίου) αν ένα κύτταρο έχει φυσιολογική ή παθολογική μορφολογία. Για τον σκοπό αυτό προσπαθεί να περιγράψει ένα αντικείμενο με ορισμένα χαρακτηριστικά (features) κυρίως νούμερα, π.χ. εμβαδόν, διάμετρο, και έπειτα να κατατάξει το καινούριο αντικείμενο με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά.

Η τεχνητή νοημοσύνη και η κατανόηση εικόνας (image understanding) ασχολούνται με την μετατροπή μία συμβολικής παράστασης μίας εικόνας σε μία άλλη πιο πολύπλοκη ή πιο κατανοητή στον άνθρωπο αναπαράσταση. Συνήθως για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τεχνικές αναπαράστασης της ανθρώπινης γνώσης (knowledge representation) και συλλογιστικής (inference). Η ανάλυση σκηνής έχει σχέση με ανώτερες νοητικές διεργασίες του εγκεφάλου και γι' αυτό ονομάζεται και όραση υψηλού επιπέδου (high level vision).

Αντίθετα όμως η επεξεργασία εικόνας έχει περισσότερη σχέση με τα πρώτα επίπεδα της όρασης που λαμβάνουν χώρα στο ανθρώπινο μάτι και στο οπτικό νεύρο. Για τον λόγο αυτό ονομάζεται και όραση χαμηλού επιπέδου (low level vision).

Οι τηλεπικοινωνίες έχουν σχέση με την ψηφιακή μετάδοση εικόνας / βίντεο σε τηλεπικοινωνιακά δίκτυα μαζί με φωνή και δεδομένα. Βασικότερο πρόβλημα στην μετάδοση της εικόνας / βίντεο είναι η συμπίεση του περιεχομένου τους που πρέπει να γίνει, διότι ειδικά οι έγχρωμες εικόνες θέλουν αρκετό χώρο για να αποθηκευτούν. Έτσι για τον λόγο αυτό απαιτείται η κατασκευή ειδικών αλγόριθμων συμπίεσης και αποσυμπίεσης της εικόνας. Η ψηφιακή επεξεργασία της εικόνας συνδέεται άμεσα με την ψηφιακή τηλεόραση (Digital TV) και την τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (High Definition TV). Ο ρόλος που έχει είναι η συμπίεση του τεράστιου όγκου της προς μετάδοση οπτικής πληροφορίας και στην βελτίωση της ποιότητας της εικόνας στο δέκτη.

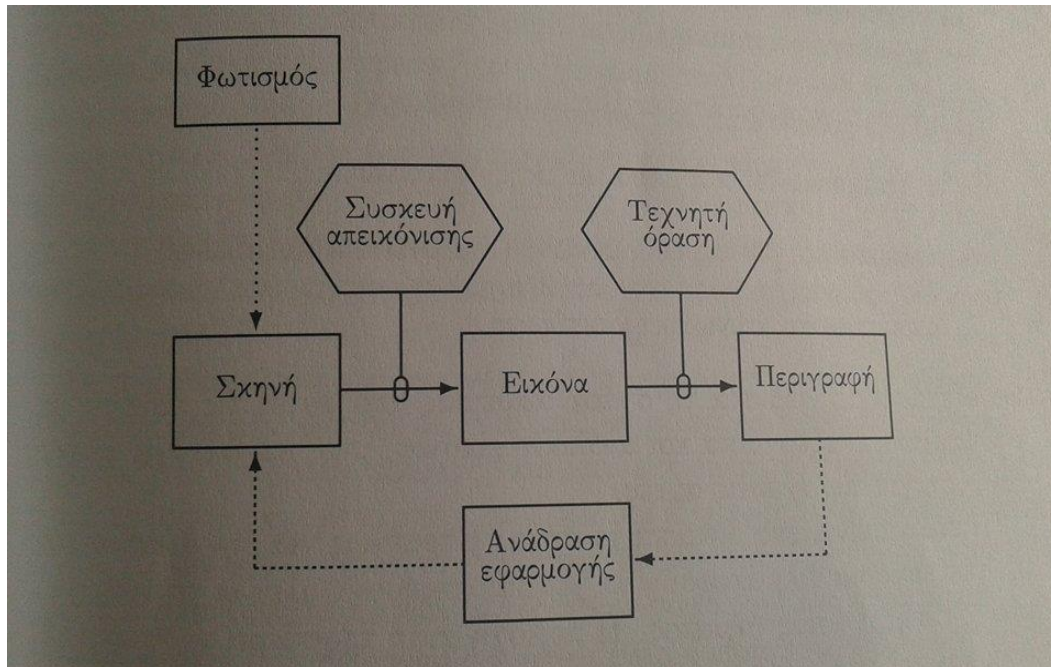
Οι πολυμεσικές βάσεις δεδομένων περιέχουν αποθήκευση εικόνων, σήματος(φωνής) και δεδομένων. Σε αυτό το κομμάτι η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας ασχολείται με την κωδικοποίηση και αποθήκευση της εικόνας, ενώ η ανάλυση εικόνας με την εξεύρεση έξυπνων τρόπων ανάκτησης(retrieval) των αποθηκευμένων εικόνων.

Όπως παρατηρούμε πλέον η χρήση εικόνων και βίντεο στο διαδίκτυο έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα. Όλες οι ιστοσελίδες περιέχουν εικόνες, βίντεο ή και γραφικά υπολογιστών. Ο μεγαλύτερος όγκος δεδομένων που κυκλοφορούν στο διαδίκτυο αφορά τέτοιου τύπου δεδομένα. Τέλος τα συστήματα κοινωνικής δικτύωσης (social networks) λίγο πολύ στηρίζονται πάνω σε αυτό το μοτίβο (εικόνας, βίντεο ηχητικά μηνύματα).

4.1 ΤΙ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΩΣ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η όραση είναι η πιο δυναμική μας αίσθηση. Μας παρέχει ένα τεράστιο πλούτο πληροφοριών για το τι μας περιβάλλει. Είναι χαρακτηριστική μία κινέζικη παροιμία, η οποία λέει: << Μια εικόνα αξίζει όσο χίλιες λέξεις>>. Όλη αυτή η πληροφορία είναι πολύτιμη τόσο για τα απλά πράγματα, π.χ. για την κίνηση μας στον χώρο, όσο και για πιο πολύπλοκες διανοητικές εργασίες, π.χ. προγραμματισμός των ενεργειών μας, ανάπτυξη της νοημοσύνης. Σε επίπεδο κοινωνικής οργάνωσης, οι εικόνες είναι ένα σημαντικότατο μέσο μετάδοσης πληροφοριών πάνω στο οποίο στηρίζονται σήμερα σχεδόν όλα τα μέσα μαζικής και ατομικής επικοινωνίας. Ο τεράστιος όγκος των οπτικών πληροφοριών και η ανάγκη επεξεργασίας τους, οδήγησε τους επιστήμονες και τεχνικούς στην εξεύρεση μέσων ψηφιακής αποθήκευσης της εικόνας και επεξεργασίας της με ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Η προσπάθεια αυτή οδήγησε σε έναν καινούριο κλάδο της Πληροφορικής που ονομάζεται ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση εικόνων. Ο κλάδος αυτός ασχολείται με την ψηφιακή καταγραφή εικόνων και με την επεξεργασία τους με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επομένως τόσο η είσοδος όσο και η έξοδος της είναι ψηφιακές εικόνες. Το αντικείμενο της επεξεργασίας μπορεί να είναι η βελτίωση της ποιότητας της εικόνας, το φιλτράρισμα του θορύβου καταγραφής η μετάδοσης, η συμπίεση του όγκου πληροφορίας, η αποθήκευση εικόνας και η ψηφιακή μετάδοση της.

Η ψηφιακή ανάλυση εικόνας (digital image analysis) ασχολείται με την περιγραφή και αναγνώριση του περιεχομένου της εικόνας. Η περιγραφή αυτή συνήθως είναι συμβολική. Επομένως η είσοδος στην ανάλυση εικόνας είναι ψηφιακή εικόνα και η έξοδος συμβολική περιγραφή. Στην ουσία, η ανάλυση εικόνας προσπαθεί να μιμηθεί την ανθρώπινη όραση. Για τον λόγο αυτό, ένας σχεδόν ταυτόσημος όρος, που συχνά χρησιμοποιείται, είναι η τεχνητή ή υπολογιστική ή μηχανική όραση (computer vision). Φυσικά όμως η ανθρώπινη όραση είναι ένας πολύπλοκος νευροφυσιολογικός μηχανισμός, που οδηγείται από γνώση ανωτέρου επιπέδου (high level vision). Τα χαρακτηριστικά της δεν είναι γνωστά και τα υπάρχοντα μαθηματικά μοντέλα της είναι περιορισμένης αξίας. Επομένως είναι δύσκολο να προσομοιωθεί σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Για το λόγο αυτό, η τεχνητή όραση απέχει πολύ από την ανθρώπινη όραση από άποψη μεθόδων ανάλυσης. Η ανάλυση μίας εικόνας είναι ποιο εύκολη για εφαρμογές που το περιβάλλον, οι συνθήκες φωτισμού και τα αντικείμενα είναι προκαθορισμένα. Ένα παράδειγμα είναι οι συνθήκες που υπάρχουν σε γραμμές παραγωγής εργοστασίου με ρομπότ. Αντίστοιχος κλάδος της τεχνικής όρασης είναι αυτός της ρομποτικής όρασης (robotic vision). Η ανάλυση μίας εικόνας για τις εφαρμογές γίνεται ποιο δύσκολη όταν το περιβάλλον άγνωστο και τα αντικείμενα του πάρα πολλά ή είναι ασαφή, όπως π.χ. σε σκηνές που είναι σε εξωτερικούς χώρους (natural scenes), ή σε εφαρμογές της βιοιατρικής. Στις περιπτώσεις αυτές ακόμα και οι ειδικευμένοι πάνω σε αυτό το κομμάτι δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν αντικείμενα. Εξαιτίας αυτού του φαινομένου λοιπόν ακόμα δεν έχει εφευρεθεί ένα γενικό σύστημα ανάλυσης εικόνας και τα περισσότερα συστήματα που υπάρχουν έχουν κατασκευαστεί για εξειδικευμένες εφαρμογές.



Σχήμα 1: Μία γενική δομή ενός συστήματος ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας. (Πηγή: Ι. Πήτας, Βιβλίο: Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, 4^η έκδοση, Θεσσαλονίκη)

4.2 ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Η ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση της εικόνας σχετίζεται με άλλα τμήματα της πληροφορικής αλλά και άλλων επιστημών, εξαιτίας του επιστημονικού αντικειμένου της. Τα τμήματα της πληροφορικής που βρίσκονται στενά συνδεδεμένα με την ψηφιακή επεξεργασία εικόνας είναι:

1. Η ψηφιακή επεξεργασία σήματος (digital signal processing)
2. Τα γραφικά υπολογιστών (computer graphics)

3. Η αναγνώριση των προτύπων (pattern recognition) και η εξόρυξη της πληροφορίας (data mining)

4. Η τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence)

5. Οι τηλεπικοινωνίες και τα μέσα μαζική επικοινωνίας

6. Οι πολυμεσικές βάσεις δεδομένων (multimedia databases)

7. Το διαδίκτυο και η κοινωνική δικτύωση

Θα δούμε ξεχωριστά καθένα από αυτά τα τμήματα και την σχέση που έχουν με την ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση εικόνας.

Η εικόνα ορίζεται ως ένα διδιάστατο σήμα και ως εκ τούτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση του και την επεξεργασία του όλες οι τεχνικές που υπάρχουν για την ψηφιακή επεξεργασία σήματος. Αυτή η περιοχή μας προσφέρει τη θεωρητική αλλά και την υπολογιστική βάση στην επεξεργασία της εικόνας.

Τα γραφικά των υπολογιστών έχουν ως αντικείμενο τους την ψηφιακή σύνθεση της εικόνας. Από αυτό προκύπτει ότι η είσοδος ενός λογισμικού γραφικών είναι μια συμβολική περιγραφή και η έξοδος του είναι μια ψηφιακή εικόνα ή εικονοσειρά.

Η αναγνώριση προτύπων έχει ως σκοπό την κατάταξη (classification) των αντικειμένων σε μία κατηγορία πρωτοτύπων (class pattern). Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την προσπάθεια αναγνώρισης που κάνει σε μια ιστολογική εικόνα (μικροσκοπίου) αν ένα κύτταρο έχει παθολογική ή φυσιολογική μορφολογία. Ακριβώς λοιπόν για αυτό τον λόγο προσπαθεί να κάνει την περιγραφή ενός αντικείμενου με ορισμένα χαρακτηριστικά (features), κυρίως με νούμερα, όπως π.χ. εμβαδόν, διάμετρο, και έπειτα να κατατάξει το καινούριο αντικείμενο βάση αυτών των χαρακτηριστικών.

Η τεχνητή νοημοσύνη και η κατανόηση της εικόνας (image understanding) έχουν σας ασχολία τους να μετατρέψουν μια συμβολική παράσταση μίας εικόνας σε μία διαφορετική που μπορεί να είναι είτε ποιο πολύπλοκη ή πιο κατανοητή για τον άνθρωπο αναπαράσταση. Για την εκπλήρωση αυτού του στόχου χρησιμοποιούνται τεχνικές αναπαράστασης της ανθρώπινης γνώσης (knowledge representation) και συλλογιστικής (inference). Η ανάλυση σκηνής σχετίζεται με διεργασίες του εγκεφάλου νοητικά ανώτερες για αυτόν τον λόγο ονομάζεται και ως όραση υψηλού επιπέδου (high level vision). Αντιθέτως τώρα η επεξεργασία εικόνας σχετίζεται περισσότερο με τα πρώτα επίπεδα της όρασης του ανθρώπου, που εκδηλώνονται στον ανθρώπινο οφθαλμό και στο οπτικό νεύρο και για αυτό και ονομάζεται όραση χαμηλού επιπέδου (low level vision). Η αποτελεσματική τροφοδοσία της όρασης υψηλού επιπέδου με αποτελέσματα της όρασης χαμηλού επιπέδου βρίσκει σημαντικά επιστημονικά και μεθοδολογικά προβλήματα, που έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία του λεγόμενου ως σημασιολογικό κενό (semantic gap).

Οι τηλεπικοινωνίες και τα μέσα μαζικής επικοινωνίας σχετίζονται με την μετάδοση της ψηφιακής εικόνας και βίντεο σε δίκτυα τηλεπικοινωνίας μαζί με φωνή και δεδομένα. Η συμπίεση του περιεχομένου των εικόνων και φυσικά και των βίντεο είναι βασικό πρόβλημα στην μετάδοση τους, αφού μόλις μια έγχρωμη εικόνα των 10 Mpixel χρειάζεται για να αποθηκευτεί 30 Mbytes περίπου. Εξαιτίας αυτού του προβλήματος, είναι απαραίτητη η δημιουργία ειδικών αλγορίθμων συμπίεσης και αποσυμπίεσης μίας εικόνας ή ενός βίντεο. Φυσικά η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας συνδέεται άμεσα με την πλέον ψηφιακή τηλεόραση (Digital TV) και την υψηλής ευκρίνειας τηλεόραση (High Definition TV).

Ο στόχος της δημιουργίας της ήταν να μπορέσει να καταφέρει την συμπίεση του τεράστιου όγκου οπτικής πληροφορίας που ήταν προς μετάδοση βελτίωση και αναβάθμιση της ποιότητας της εικόνας στον δέκτη.

Οι πολυμεσικές βάσεις δεδομένων περιέχουν την αποθήκευση εικόνων, δεδομένων και σήματος που είναι η φωνή. Σε αυτό το τμήμα η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας απασχολείται με την κωδικοποίηση και αποθήκευση της εικόνας και η ανάλυση της εικόνας με εξεύρεση έξυπνων και γρήγορων μεθόδων ανάκτησης (retrieval) των είδη αποθηκευμένων εικόνων.

Το διαδίκτυο τα τελευταία χρόνια έχει γνωρίσει σημαντική ανάπτυξη και μαζί με αυτό και ο τρόπος επικοινωνίας στα συστήματα κοινωνικής δικτύωσης που πλέον η επικοινωνία γίνεται με την χρήση βίντεο και οι εικόνων. Πλέον όλοι οι ιστότοποι περιέχουν βίντεο, εικόνες, animation, 3D ή γραφικά υπολογιστών και το μεγαλύτερο μέρος του διαδικτύου αφορά δεδομένα αυτού του τύπου.

4.3 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας έχει διάφορα τμήματα της πληροφορικής ή κάποια άλλης επιστήμης που συνδέονται στενά μεταξύ τους. Κάποιες από αυτές είναι η ψηφιακή καταγραφή της εικόνας, το ψηφιακό φιλτράρισμα της, την ανίχνευση των περιγραμμάτων (edge detection), την κατάτμηση της εικόνας σε περιοχές (region segmentation), την περιγραφή των σχημάτων (shape description), την ανάλυση υφής της εικόνας (texture analysis), την ανάλυση της κίνησης (motion analysis) και την στερεοσκοπία (stereopsis).

Μηχανισμός ψηφιακής καταγραφής μίας εικόνας: Τα κλασσικά μέσα καταγραφής μίας εικόνας είναι η ψηφιακή φωτογραφική μηχανή (digital camera) και οι σαρωτές (scanners). Οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές διακριτοποιούν την εικόνα και παράγουν σαν έξοδο ένα ψηφιακό αρχείο εικόνας (ασυμπίεστο ή συμπιεσμένο) που περιέχει εικονοστοιχεία (picture elements, pixels). Υπάρχουν κάμερες διάφορων τεχνολογιών(π.χ. CCD). Έτσι η εικόνα μετατρέπεται σε έναν πίνακα π.χ. 1024 x 1024 pixels (εικονοστοιχείων).

Κάθε εικονοστοιχείο ασπρόμαυρης εικόνας αναπαριστάται συνήθως με 8 bits, δηλαδή μπορεί να έχει 256 επίπεδα φωτεινότητας. Όμως σε κάποιες περιπτώσεις συνιθίζεται να :

- Ψηφιοποίηση βιβλίων δυαδικές (binary) εικόνες με μόνο 1 Bit/εικονοστοιχείο για οικονομία μνήμης και ταχύτητας.
- Φωτογραφικές μηχανές και βιντεοκάμερες είναι έγχρωμες, αποθήκευση των τριών βασικών χρωμάτων RGB(red – green – blue) με 3 x 8 bits/εικονοστοιχείο.

Αυτό συμβαίνει για να υπάρξει οικονομία μνήμης και ταχύτητα σε απλές εφαρμογές και όπως διαπιστώνουμε η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας έχει μεγάλες απαιτήσεις μνήμης, είτε είναι έγχρωμη η εικόνα είτε είναι ασπρόμαυρη.

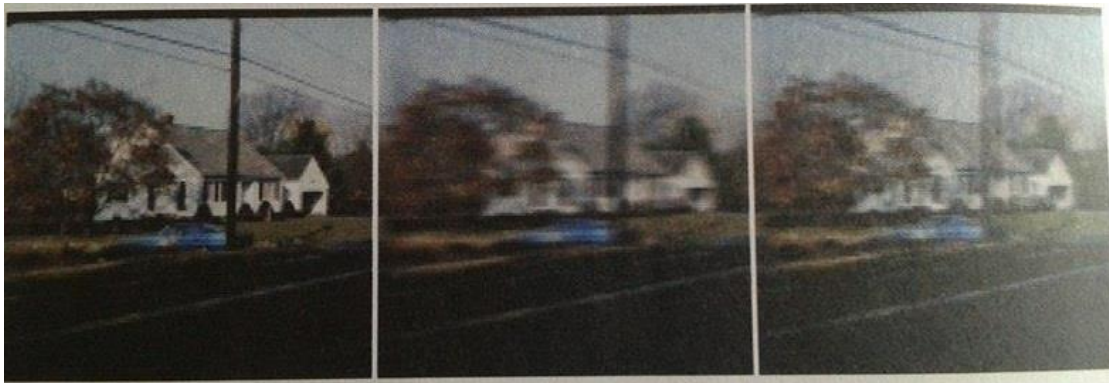
Η εικόνα που έχει ψηφιοποιηθεί αποθηκεύεται ως αρχείο στον σκληρό δίσκο του υπολογιστή και για να την δούμε πρέπει να την μεταφέρουμε στην κυρίως μνήμη και να την δείξουμε στην οθόνη του υπολογιστή. Επίσης

- Εικόνα μέσα σε πρόγραμμα επεξεργασίας της (π.χ. σε γλώσσα c) εμφάνιση σαν διδιάστατος πίνακας (array) π.χ. 1024 x 1024 στοιχείων. Ένα εικονοστοιχείο καταλαμβάνει τη μνήμη ενός στοιχείου του πίνακα.

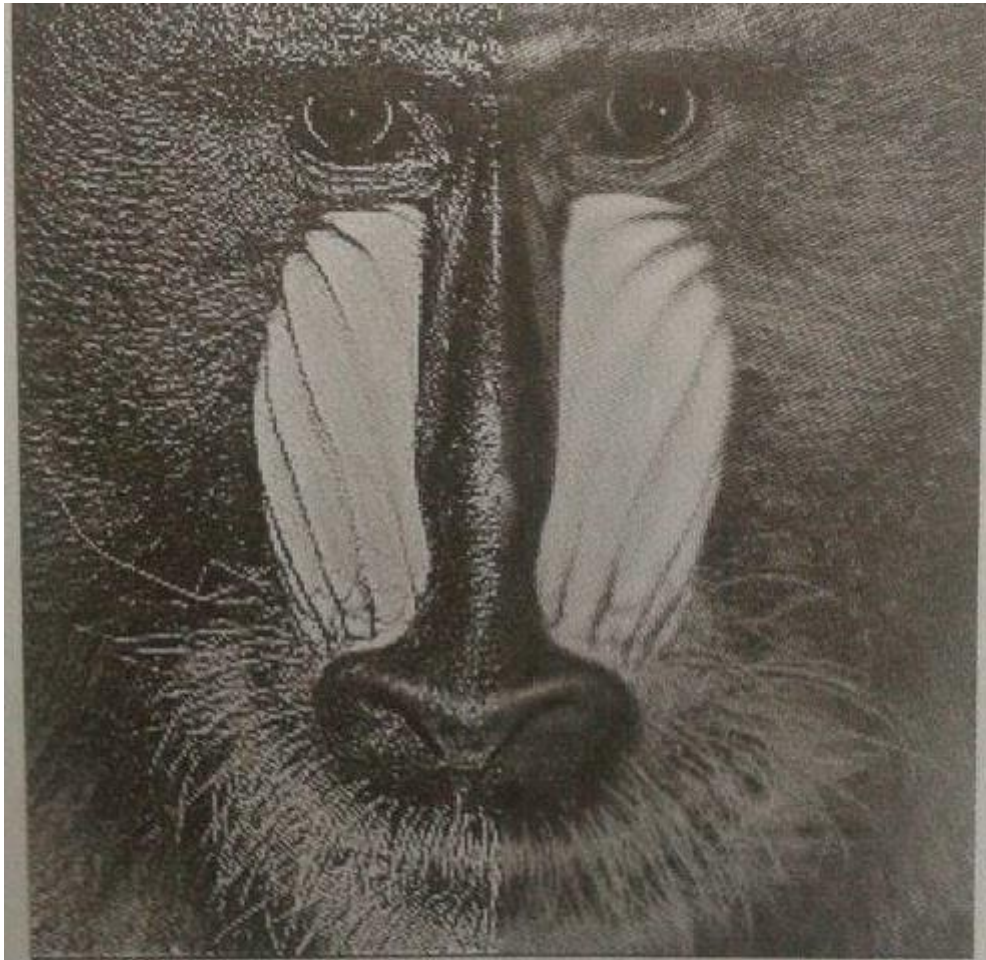
Η διαδικασία της καταγραφής της εικόνας εισάγει της εξής παραμορφώσεις:

1. Θόλωμα (blurring)
2. Θόρυβο καταγραφής (noise)
3. Μη γραμμικές παραμορφώσεις φωτεινότητας
4. Γεωμετρικές παραμορφώσεις

Πριν από κάθε εφαρμογή λοιπόν χρειάζεται διόρθωση αυτών των παραμορφώσεων. Οι γεωμετρικές διορθώσεις χρειάζονται εκεί όπου η γεωμετρική πληροφορία είναι σημαντική, π.χ. στερεοσκοπία, τοπογραφία. Η ελάττωση του θολώματος γίνεται με τη διαδικασία της αποκατάστασης (restoration) της εικόνας που είναι σημαντική σε εφαρμογές που υπάρχει κίνηση, π.χ. σκηνές δρόμων, γιατί η κίνηση εισάγει θόλωση. Επίσης χρειάζεται φιλτράρισμα της εικόνας για την απομόνωση του θορύβου, με την χρήση διάφορων γραμμικών και μη γραμμικών φίλτρων. Τις πιο πολλές φορές προτιμούνται τα μη γραμμικά φίλτρα γιατί κρατούν την αντίθεση (contrast) των περιγραμμάτων, που είναι σπουδαίος παράγοντας για την ανθρώπινη όραση. Η γενικότερη αντίθεση της εικόνας μπορεί να βελτιωθεί με ειδικές μη γραμμικές τεχνικές (contrast enhancement).



Εικόνα 4: α. Αρχική εικόνα, β. Θολωμένη και ενθόρυβη εικόνα, γ. Αποκατεστημένη εικόνα (Πηγή: Βιβλίο: Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, Ι. Πήτας, 4^η έκδοση, Θεσσαλονίκη)



Εικόνα 5: Αρχική εικόνα δεξιά και εικόνα με βελτιωμένη αντίθεση αριστερά. (Πηγή: Βιβλίο: Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, Ι. Πήτας, 4^η έκδοση, Θεσσαλονίκη)

Μια σημαντική επίσης διαδικασία της ανάλυσης εικόνας είναι η αναγνώριση ή ανίχνευση περιγραμμάτων. Υπάρχουν πολλές τεχνικές αναγνώρισης περιγραμμάτων, γιατί τα περιγράμματα μεταφέρουν πολλές πληροφορίες για τα αντικείμενα και χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση τους. Το δυαδικό πρόβλημα της αναγνώρισης περιγραμμάτων που προκύπτει όμως είναι η αναγνώριση περιοχών (regions) σε μία εικόνα και το πρόβλημα αυτό ονομάζεται κατάντηση εικόνας σε περιοχές (image segmentation). Συνήθως όμως οι περιοχές μιας εικόνας χρωματίζονται με ψευδοχρώματα.

Μεγάλης σημασίας για αρκετές βιομηχανικές εφαρμογές έχει η αναγνώριση – ανάλυση της οπτικής υφής (texture) μιας εικόνας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της σημασίας που έχει η υφή σε βιομηχανικές εφαρμογές, είναι χρήση της για την αναγνώριση διαφορετικών υφασμάτων ή στην αναγνώριση τυχόν ατελειών κατά την ύφανση τους.

Ένας άλλος κρίκος στην αλυσίδα της τεχνητής όρασης που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και σημασία για την αναγνώριση σχημάτων είναι η περιγραφή σχήματος (shape representation). Ένα σχήμα περιγράφεται η από το περίγραμμα του ή από την περιοχή που καλύπτει. Το περίγραμμα μπορεί να περιγραφεί με διάφορους τρόπους όπως π.χ. Fourier descriptors, splines. Η έκταση μπορεί να περιγραφεί με μεθόδους μαθηματικής μορφολογίας ή με αποσύνθεση σε απλά σχήματα. Οι μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται είτε για να γίνει η αναγνώριση του σχήματος, είτε για να αποθηκευτεί ένα σχήμα.

Τέλος, πλέον στις περισσότερες εφαρμογές απαιτείται η μέτρηση του βάθους της σκηνής και στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται η στερεοσκοπία με δύο κάμερες. Η στερεοσκοπία είναι σημαντική στην φωτογραμμετρία και στην κίνηση των ρομπότ στον τρισδιάστατο χώρο (3D).

4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η όραση είναι μία από τις βασικότερες και ίσως η πιο βασική ανθρώπινη αίσθηση, μας βοηθά να κατανοήσουμε το περιβάλλον μας και να έρθουμε σε επικοινωνία με τους συνανθρώπους μας. Έτσι πλέον σήμερα καθημερινά καταγράφεται, αποθηκεύεται, μεταδίδεται και αναλύεται ένας τεράστιος όγκος από οπτικές πληροφορίες που διαπερνά κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα, από την επιστημονική έρευνα (π.χ. δορυφορική τηλεπισκόπηση) μέχρι τις υπηρεσίες υγείας (π.χ. ιατρική απεικόνιση) και την διασκέδαση (ψηφιακή τηλεόραση, παιχνίδια υπολογιστή, ιστοσελίδες κοινωνικής δικτύωσης). Όλοι πλέον καταγράφουν εικόνες συνέχεια είτε για επαγγελματική χρήση, είτε για προσωπική χρήση μέσω φωτογραφικών μηχανών ή των κινητών τηλεφώνων τους. Οπότε πρακτικά δεν υπάρχει κάποιος τομέας ανθρώπινης δραστηριότητας που να μην υπάρχει η ανάγκη καταγραφής, αποθήκευσης, μετάδοσης και κάποιες φορές και επεξεργασίας και ανάλυσης εικόνας.

Η επεξεργασία της εικόνας που μπορούμε να καταφέρουμε πλέον έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο ερευνούμε τον κόσμο και σε πολλές περιπτώσεις με δραματικές επιπτώσεις στις περισσότερες επιστήμες. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η απεικόνιση ολόκληρης της γης μέσω δορυφορικών εικόνων, π.χ. όπως στο ευρέως διαδεδομένο πρόγραμμα Google Earth. Με την ανάλυση τέτοιων εικόνων μπορούμε πλέον να μελετάμε διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα, π.χ. όπως τον ρυθμό τήξης των πάγων στην Ανταρκτική, την έκταση των καμένων δασικών εκτάσεων ή την οικιστική ανάπτυξη των αστικών περιοχών.



Εικόνα 6: Δορυφορική λήψη της περιοχής Εξαρχίας στην Αθήνα από το γνωστό πρόγραμμα Google Earth. (Πηγή: http://courses.arch.ntua.gr/fsr/137906/eksarxia_air_photo_GoogleEarth-2.jpg)



Εικόνα 7: Δορυφορική λήψη της Αθήνας από δορυφόρο της NASA. (Πηγή: <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gallery/images/athens-view.jpg>)

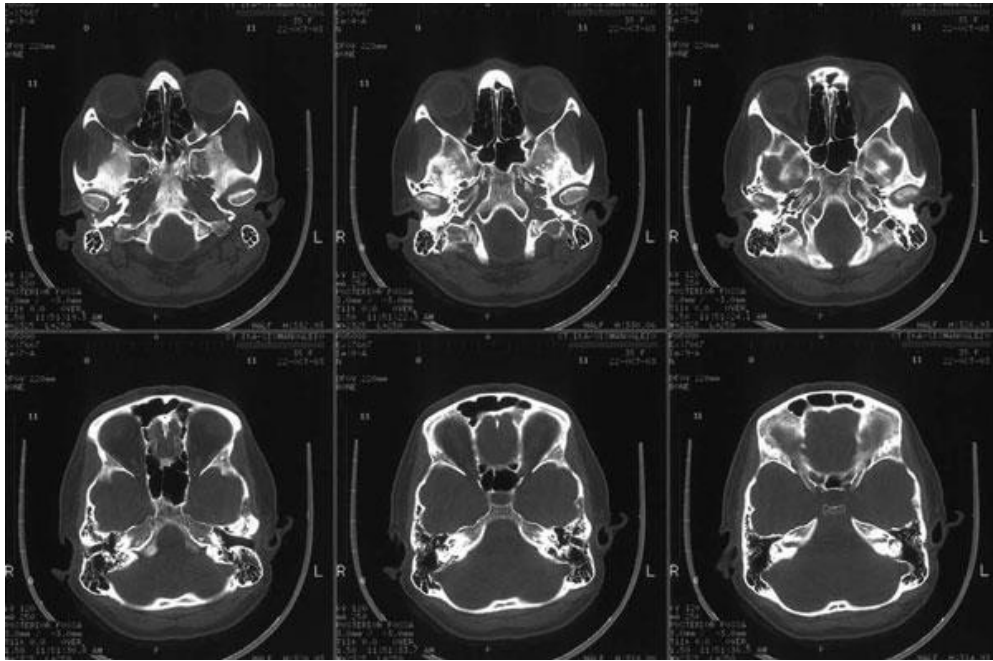


Εικόνα 8: Δορυφορική εικόνα της Ελλάδας με περιοχές που έχουν καπνούς από φωτιά. (Πηγή: <http://s.nbst.gr/files/1/2015/07/CKIUjSxUs-656x410.jpg>)

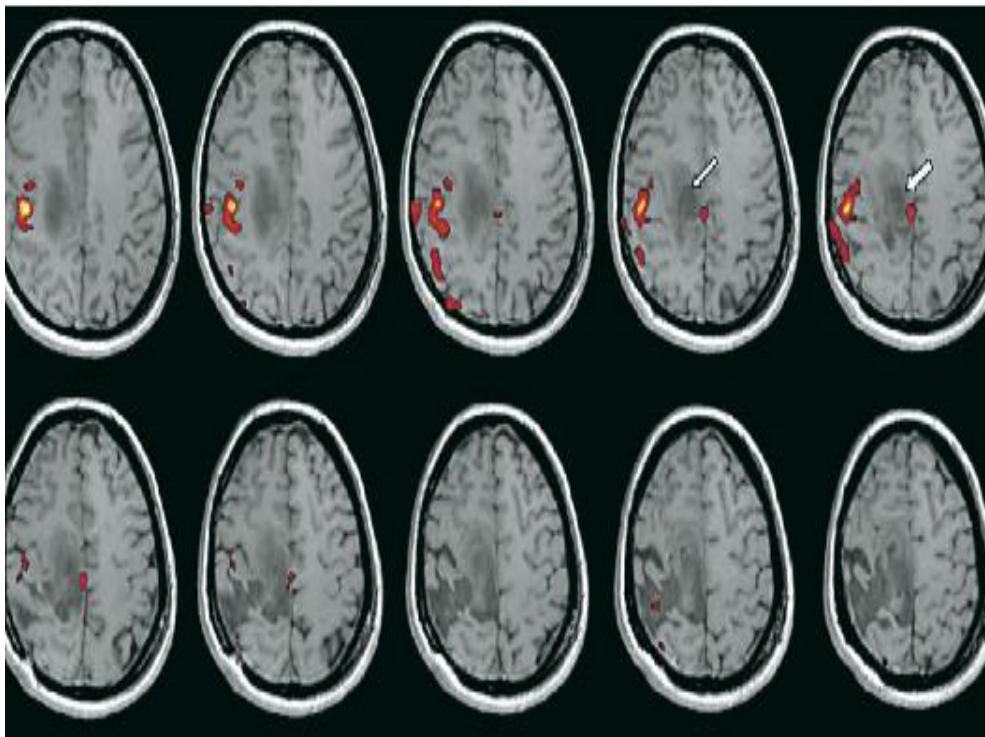


Εικόνα 9: Δορυφορική εικόνα της Ελλάδας από ψηλά. (Πηγή: http://www.airphoto.gr/wp-content/uploads/greece_satellite_nasa.jpg)

Σημαντική είναι και η επίδραση της επεξεργασίας της εικόνας στον ιατρικό περιβάλλον συμβάλλοντας στην διάγνωση ασθενειών και στην έρευνα τους. Σε πολλούς τομείς της ιατρικής πλέον η διάγνωση γίνεται με την χρήση ιατρικών εικόνων που παράγονται με ψηφιακό τρόπο όπως π.χ. η αξονική και η μαγνητική τομογραφία. Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας πλέον μας παρέχει την δυνατότητα να απεικονίσουμε το ανθρώπινο σώμα από το μικροσκοπικό (σχεδόν μοριακό) επίπεδο και το επίπεδο των οργανιδίων, των κυττάρων και των ιστών μέχρι και το μακροσκοπικό επίπεδο (ανθρώπινων οργάνων).



Εικόνα 10: Μαγνητική Πνευμόνων. (Πηγή:
<http://www.pneumon.org/assets/images/pneumon/2006/magazine3/gyn3.jpg>
)



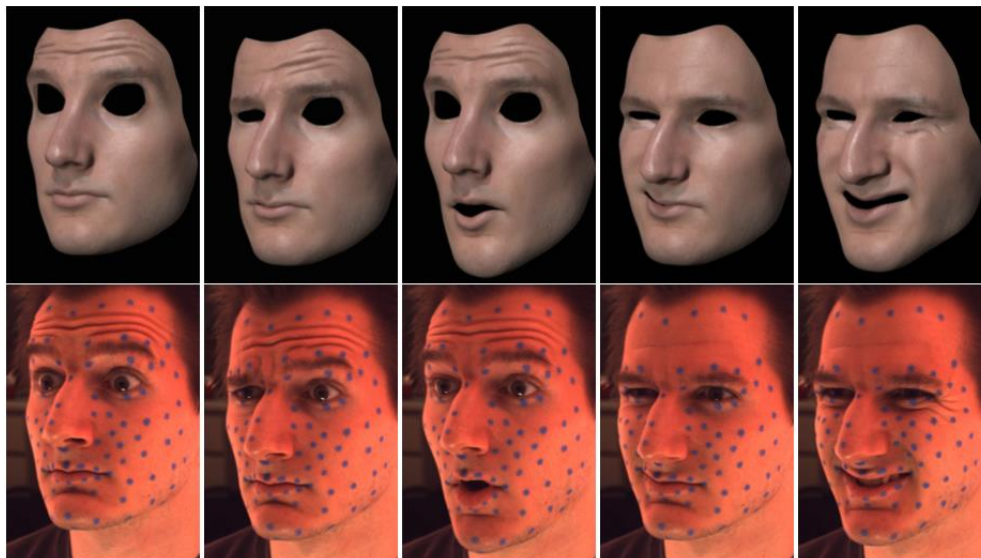
Εικόνα 11: Μαγνητική Τομογραφία Εγκεφάλου. (Πηγή:
<http://www.ayiotherissos.com.cy/wp-content/uploads/2011/07/New-MT-1.png>)

Η ανθρώπινη επικοινωνία έχει επηρεαστεί δραστικά από την χρήση εικόνας και βίντεο και πολύ άνθρωποι σήμερα μεταξύ τους επικοινωνούν μόνο με αυτό τον τρόπο. Επίσης όλα τα μέσα μαζικής επικοινωνίας (blogs, tv, websites) χρησιμοποιούν ψηφιακή εικόνα και ψηφιακό βίντεο, το πολυμεσικό περιεχόμενο που είναι προς μετάδοση καταγράφεται, επεξεργάζεται και μεταδίδεται με ψηφιακό τρόπο. Χαρακτηριστική είναι η χρήση μεθόδων ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας για την δημιουργία ειδικών εφέ σε εικόνα και βίντεο.

Η ψηφιακή ανάλυση εικόνας καθιστά δυνατή την αναγνώριση ανθρώπινων εκφράσεων, ταυτότητας, κίνησης και την αναπαράσταση τους σε νέους εικονικούς ηθοποιούς λεγόμενοι και ως avatar με την μέθοδο γραφικών υπολογιστή. Η νέα αυτή τεχνολογία ανοίγει νέους δρόμους και δίνει άλλες δυνατότητες στην κινηματογραφική παραγωγή και στην παραγωγή ηλεκτρονικών παιχνιδιών (computer games) για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τις παιχνιδοκονσόλες. Αυτή η ίδια τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις σχέσεις μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή, με την κατασκευή υπολογιστικών συστημάτων που μπορούν να αναγνωρίσουν την ταυτότητα του χρήστη, τις διαθέσεις και τις ενέργειες του και να επικοινωνήσει μαζί του με φυσιολογικό τρόπο, με την χρήση εικονικών ηθοποιών με συνθετική φωνή, εκφράσεις και κινήσεις.



Εικόνα 12: Το αληθινό πρόσωπο ενός ανθρώπου και η αναπαράσταση του σε εικονικό.



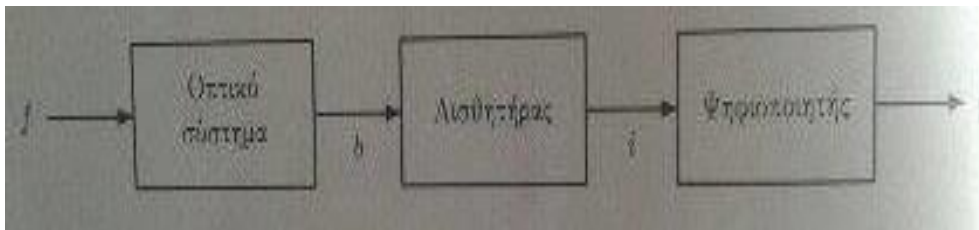
Εικόνα 13: Ανάλυση Προσώπου και Χαρακτηριστικών με Η/Υ για την κατασκευή εικονικού. (Πηγή: <http://graphics.uni-bielefeld.de/research/faces/real-time.png>)

Η χρήση της ανάλυσης της εικόνας για απόκτηση πληροφορίας βάθους και μοντελοποίηση τρισδιάστατων αντικειμένων αναμένεται να φέρει την επανάσταση στον τρόπο με τον οποίον θα απεικονίζουμε τον κόσμο. Εξάλλου εδώ και μερικά χρόνια ο στερεοσκοπικός – τρισδιάστατος (3D) κινηματογράφος είναι γεγονός, το ίδιο έχει αρχίσει και γίνεται σιγά σιγά και στην τηλεόραση με τηλεοράσεις που με ειδικά γυαλιά σου επιτρέπουν να βλέπεις ταινίες 3D και αναμένεται και στο μέλλον η δημιουργία εκπομπών τρισδιάστατου περιεχομένου που θα δίνει ανάγλυφη πληροφορία βάθους σε κατάλληλες οθόνες (πχ. Για έναν ποδοσφαιρικό αγώνα). Ακόμα οι φωτογραφικές μηχανές που θα δημιουργηθούν στο άμεσο μέλλον θα δημιουργούν τρισδιάστατα μοντέλα, αντί για μια απλή φωτογραφία.

Όπως επισημάναμε και πιο πριν η χρήση κινητών τηλεφώνων με κάμερα, οι φωτογραφικές μηχανές και η βιντεοκάμερες άλλαξαν τον τρόπο της προσωπικής επικοινωνίας μεταξύ φίλων, γνωστών και συγγενών. Μάλιστα υπάρχουν ιστοσελίδες όπως π.χ. το Facebook και το YouTube στις οποίες αποθηκεύεται καθημερινά και είναι αποθηκευμένος τεράστιος όγκος οπτικοακουστικού υλικού. Επίσης τεράστιες βάσεις οπτικοακουστικού υλικού δημιουργούνται από ραδιο-τηλεοπτικούς σταθμούς και ειδησεογραφικά πρακτορεία συνεχώς. Τέλος οι ψηφιακές βιβλιοθήκες με ψηφιοποιημένα βιβλία, άρθρα και όχι μόνο της Αμερικής (Google) και της Ευρώπης (Europeana) που έχουν συγκεντρωμένο τεράστιο όγκο από ψηφιοποιημένες σελίδες και συνεχίζουν.

5.1 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Ως εικόνα ορίζεται η αναπαράσταση ενός αντικειμένου που φωτίζεται από μια πηγή ακτινοβολίας. Οπότε για την καταγραφή μίας εικόνας χρειαζόμαστε το αντικείμενο, τη φωτεινή πηγή και το σύστημα καταγραφής. Η φωτεινή πηγή μπορεί να είναι διάφορων ειδών, π.χ. όπως πηγή λευκού φωτός, πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας, πηγή laser, πηγή ακτινοβολίας X, πηγή υπέρηχων ή ακουστική πηγή. Η μόνη διαφορά είναι η φυσικοί νόμοι που διέπουν τον σχηματισμό της εικόνας. Ο μηχανισμός καταγραφής μιας εικόνας μπορεί να είναι είτε βιολογικός (μάτι), φωτοχημικός (φιλμ), φωτοηλεκτρικός (κάμερα υπολογιστή).



Σχήμα 2:(Πηγή: Ι. Πήτας, Βιβλίο: Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, 4^η έκδοση, Θεσσαλονίκη)

F (κατανομή φωτεινότητας που ανακλάται από το φωτιζόμενο αντικείμενο)

B (φωτεινότητα που έχει μετασχηματιστεί από ένα οπτικό σύστημα φακών)

I (μετατροπή φωτεινότητας σε ηλεκτρικό ρεύμα ή ηλεκτρικά φορτία με τον φωτοηλεκτρικό ανιχνευτή)

G (μετατροπή ηλεκτρικού ρεύματος σε διακριτό διδιάστατο σήμα g με τον ψηφιοποιητή εικόνας)

5.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ

Το ανθρώπινο μάτι διεγείρετε από ένα τμήμα του φωτεινού φάσματός πολύ μικρό. Το μήκος κύματος λ του ορατού φωτός είναι από 380nm (υπεριώδες) μέχρι 700 nm (υπέρυθρο). Φυσικά όμως υπάρχουν οπτικοί ανιχνευτές που είναι ευαίσθητοι και εκτός της περιοχής αυτής. Οι φωτεινές πηγές μπορούν να είναι είτε μονοχρωματικές είτε πολυχρωματικές. Οι πηγές ακτινοβολίας λευκού φωτός εκπέμπουν σε όλο το ορατό φάσμα.

5.3 ΟΠΤΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Οι σπουδαιότεροι οπτικοί αισθητήρες που μας ενδιαφέρουν ονομάζονται φωτοηλεκτρικοί και το πλεονέκτημα που έχουν είναι ότι μπορούν να δημιουργήσουν μια ψηφιακή εικόνα απευθείας. Μια από τις πιο διαδεδομένες τεχνολογίες, πάνω στην οποία στηρίζεται η τεχνολογία των ψηφιακών καμερών, είναι η τεχνολογία CCD (Charge Coupled Device). Η τεχνολογία των CCDs έχει καταφέρει την αντικατάσταση της βιντεοκάμερας βασισμένη πάνω σε σωλήνα κενού και το φωτογραφικό φιλμ στις συμβατικές φωτογραφικές μηχανές. Τα CCDs χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες επιστημονικές, αστρονομικές, βιοιατρικές και άλλες περιοχές που υπάρχει εμπορική εκμετάλλευση της εικόνας. Μια κάμερα υψηλής ανάλυσεως κατασκευάζεται πάνω σε ένα εξαιρετικά ευαίσθητο και ολοκληρωμένο κύκλωμα, σε συνδυασμό με έναν κατάλληλο φακό, μια ψυκτική μέθοδο και λειτουργικά ηλεκτρονικά. Η δομή μιας κάμερας CCD αποτελείται από ένα πλέγμα φωτοευαίσθητων κυττάρων. Για την ψηφιοποίηση έγχρωμων εικόνων χρησιμοποιούνται φωτογραφικές μηχανές με τρεις αισθητήρες CCD. Ένα πρίσμα κατάλληλα τοποθετημένο αναλύει το φως στις τρεις συνιστώσες RGB και καθεμία τους διεγείρει ξεχωριστό αισθητήρα CCD. Με αυτόν τον τρόπο παράγονται έγχρωμες ψηφιακές εικόνες πολύ καλής ποιότητας. Υπάρχουν όμως και φωτογραφικές μηχανές που διαθέτουν έναν μόνο αισθητήρα και τρία οπτικά φίλτρα RGB, που παράγουν όμως εικόνες χαμηλότερης ποιότητας.

Ένας επίσης διαδεδομένος τρόπος δημιουργίας ψηφιακών εικόνων είναι μέσα από την σάρωση ενός κειμένου, τυπωμένων φωτογραφιών ή φιλμ. Οι σαρωτές γνωστοί ως scanners είναι μονοδιάστατες φωτογραφικές μηχανές τεχνολογίας CCD συνήθως, οι πιο γνωστοί είναι οι επίπεδοι σαρωτές (flatbed). Η σελίδα που είναι για ψηφιοποίηση εισάγεται στον σαρωτή και σαρώνεται από πάνω προς τα κάτω με την χρήση μιας γραμμικής φωτεινής πηγής (λυχνία ξένου ή κρύου καθοδικού φωτισμού) και τριών σειρών αισθητήρων CCD, μία για κάθε χρώμα (κόκκινο, πράσινο, μπλε). Με την ολοκλήρωση της σάρωσης κάθε σειράς, ψηφιοποιούνται τα ηλεκτρικά φορτία του CCD και στέλνονται στον σκληρό δίσκο του υπολογιστή. Μετέπειτα, ένας βηματικός κινητήρας μετακινεί την γραμμική φωτεινή πηγή και την κάμερα στην αμέσως επόμενη θέση, για να γίνει η σάρωση της επόμενης σειράς.

- Γραμμική πυκνότητα αισθητήρων CCD ορίζει την οπτική ανάλυση του σαρωτή σε dpi.
- Βηματικός κινητήρας κίνηση με τέτοιο τρόπο ώστε ίδια συχνότητα δειγματοληψίας κατά οριζόντια και κατακόρυφη κατεύθυνση.

5.4 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

Το ηλεκτρικό ρεύμα i που παράγεται μέσω του φωτοηλεκτρικού ανιχνευτή είναι αναλογικό σήμα. Για να γίνει ψηφιακή επεξεργασία πρέπει να διακριτοποιηθεί και μετά να ψηφιοποιηθεί. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω του ψηφιοποιητή εικόνας (frame grabber) που περιέχει έναν μετατροπέα A/D και μετατρέπει το αναλογικό σήμα σε διακριτό.

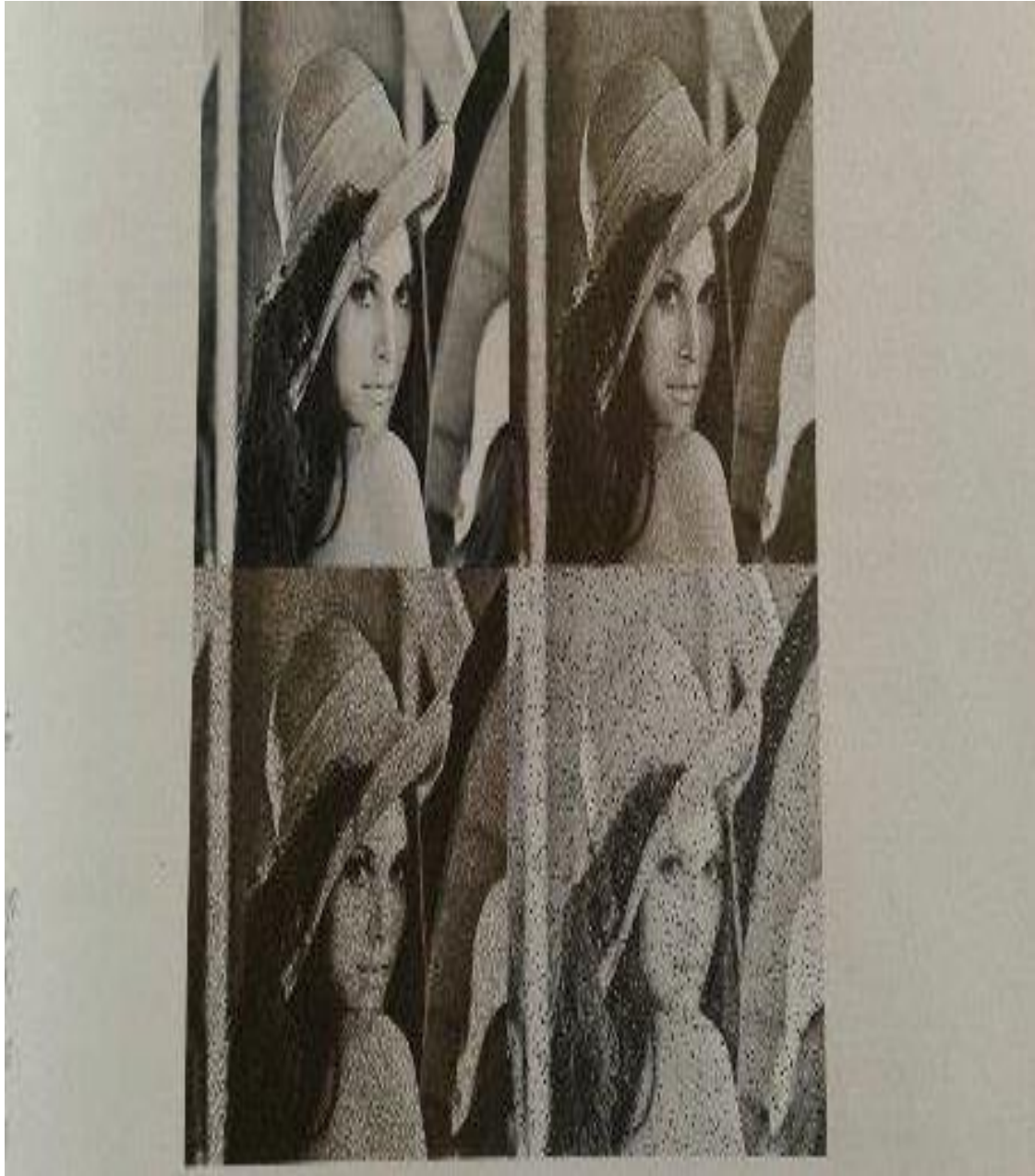
Κάθε ένα δείγμα ονομάζεται εικονοστοιχείο (pixel). Οι ψηφιακές εικόνες έχουν 1024×1024 εικονοστοιχεία συνήθως ή και περισσότερα κάποιες φορές. Το κάθε εικονοστοιχείο αναπαριστάται από b bits. Συχνά κάθε εικονοστοιχείο έχει 8 bits και μπορεί να αναπαραστήσει 256 επίπεδα φωτεινότητας. Το 0 αναπαριστά το μαύρο επίπεδο και το 255 το λευκό επίπεδο.

5.5 ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Ο ηλεκτρονικός θόρυβος καταγραφής εικόνας χωρίζεται σε δύο είδη:

- A. Θερμικός θόρυβος**, με κανονική κατανομή μέσης τιμής μηδέν.
- B. Φωτοηλεκτρικός θόρυβος**, όπου σχετίζεται με την τυχαιότητα πρόσπτωσης των φωτονίων στην φωτοευαίσθητη επιφάνεια.

Ένας ακόμα τρίτος τύπος θορύβου που έχει σημασία για την μετάδοση ψηφιακών εικόνων είναι ο κρουστικός θόρυβος (impulsive noise, salt – pepper noise). Εμφανίζεται σαν μαύρες ή άσπρες κουκίδες στην εικόνα επάνω.



Εικόνα 14: Α. Αρχική εικόνα. Β. Εικόνα με αθροιστικό θόρυβο. Γ. Εικόνα με πολλαπλασιαστικό θόρυβο. Δ. Εικόνα με κρουστικό θόρυβο. (Πηγή: Ι. Πήτας, Βιβλίο: Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, 4^η έκδοση, Θεσσαλονίκη)

5.6 ΧΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

Η αίσθηση που μας δίνεται όταν κοιτάμε μία εικόνα έγχρωμη είναι ποιο πλούσια από μία ασπρόμαυρη. Για τον λόγο αυτό πλέον χρησιμοποιούμε σε όλες τις εφαρμογές και όχι μόνο έγχρωμες φωτογραφικές μηχανές. Η αναπαράσταση των χρωμάτων είναι βασισμένη πάνω στη θεωρία του T.Young (1802) {WYZ00}, η οποία υποστηρίζει ότι οποιοδήποτε χρώμα μπορεί να δημιουργηθεί με την σωστή ανάμειξη τριών κύριων χρωμάτων στις κατάλληλες αναλογίες. Αυτή η θεωρία βρίσκεται σύμφωνη με το γεγονός ότι το ανθρώπινο μάτι έχει τρία είδη κωνίων διαφορετικά το ένα από το άλλο στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του. Αυτά έχουν την μέγιστη αποκρίσή τους στις κίτρινες – πράσινες, πράσινες και μπλε περιοχές του ορατού φάσματος του φωτός.

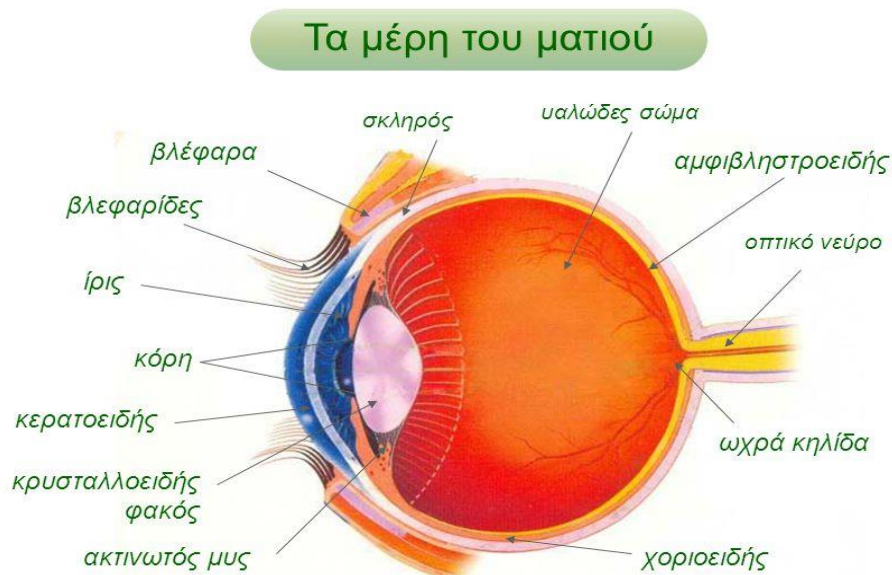
Το Κυανό – Πορφυρό – Κίτρινο (Cyan – Magenta – Yellow CMY) μοντέλο χρησιμοποιείται επί τον πλείστον για την εκτύπωση έγχρωμων εικόνων. Τα τρία αυτά χρώματα είναι συμπληρωματικά χρώματα του κόκκινου, πράσινου και του μπλε και ονομάζονται αφαιρετικά θεμελιώδη χρώματα, ενώ το κόκκινο το πράσινο και το μπλε ονομάζονται προσθετικά θεμελιώδη χρώματα. Στο CMY σύστημα τα χρώματα καθορίζονται αναλόγως με το τι αφαιρείται από το λευκό φως και για αυτόν ακριβώς τον λόγο χρησιμοποιούνται και στην εκτύπωση εικόνων, αφού το φως που ανακλάται από τα μελάνια είναι αυτό που προσπίπτει μείον αυτό που απορροφάται από την επιφάνεια πρόσπτωσης. Το CMY σύστημα όπως είπαμε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτύπωση έγχρωμων εικόνων αλλά δεν μπορεί να αναπαραστήσει σωστά το μαύρο χρώμα λόγω κάποιων ατελειών της μελάνης. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται το CMYK σύστημα που η συνιστώσα K αναπαριστά το μαύρο σαν ένα τέταρτο ξεχωριστό χρώμα. Το CMYK σύστημα εκτύπωσης ονομάζεται τετραχρωμικό.

Η ανθρώπινη αντίληψη για τα χρώματα έχει τρεις ιδιότητες γνωστές όπου είναι:

- Απόχρωση (hue)
- Κορεσμός (saturation)
- Φωτεινότητα (brightness)

5.7 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

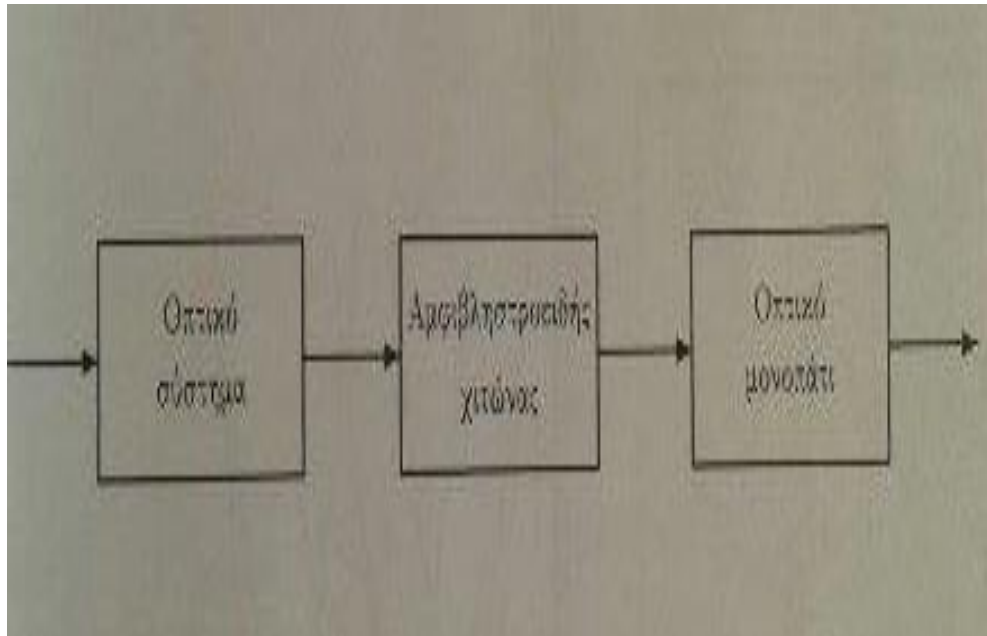
Σχεδόν στις περισσότερες εφαρμογές ο στόχος της ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας είναι να βελτιώσουν την ποιότητα της εικόνας, ώστε έτσι να γίνει πιο ευχάριστη στον άνθρωπο και να μπορεί να του προσφέρει περισσότερες και πιο έγκυρες πληροφορίες. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, πρέπει να έχουμε μελετήσει και να έχουμε κατανοήσει απόλυτα την λειτουργία του ανθρώπινου ματιού και να έχουμε καταφέρει να κατασκευάσουμε ένα μαθηματικό μοντέλο του. Αν και για να επιτευχθεί αυτό είναι πολύπλοκο, διότι το ανθρώπινο μάτι έχει πολύπλοκη δομή.



Εικόνα 15: Τα μέρη του ματιού (Πηγή:
http://images.slideplayer.gr/7/1904573/slides/slide_4.jpg)

Το μάτι είναι σχεδόν σφαιρικό και έχει διάμετρο 20mm περίπου. Το φως εισέρχεται στο μάτι από την κόρη της ίριδας, η διάμετρος της μπορεί να είναι από 2mm έως 8mm, ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού που υπάρχουν. Το φως διαπερνά τον φακό που αποτελείται από 60 – 70% από νερό και είναι διαφανής και πέφτει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Ο αμφιβληστροειδής αποτελείται από τα κωνία και τα ραβδία δυο διαφορετικά είδη ανιχνευτών φωτός. Τα κωνία είναι ευαίσθητα στο χρώμα, βρίσκονται κυρίως στο κεντρικό τμήμα του αμφιβληστροειδούς και ο αριθμός τους φτάνει τα 6 με 7 εκατομμύρια. Κάθε κωνίο συνδέεται με ένα νεύρο. Η όραση μέσω των κωνίων ονομάζεται όραση μεγάλης φωτεινότητας.

Χαρακτηριστικό είναι επίσης ότι σε χαμηλά επίπεδα φωτεινότητας δεν αναγνωρίζουμε χρώματα. Τα ραβδία μας δίνουν μια γενική αντίληψη του οπτικού πεδίου, είναι ευαίσθητα σε χαμηλό φωτισμό, αλλά δεν μπορούν όμως να διακρίνουν χρωματικές αποχρώσεις. Για τον λόγο αυτό τα ραβδία μας δίνουν την λεγόμενη όραση χαμηλής φωτεινότητας. Ο αριθμός που φτάνουν τα ραβδία είναι 75 – 150 εκατομμύρια και είναι διανεμημένα σε όλο το φάσμα του αμφιβληστροειδή. Πολλά από τα ραβδία συνδέονται με μία νευρική απόληξη και αυτό το γεγονός μας εξηγεί την μικρή διακριτική ικανότητα στην όραση χαμηλής φωτεινότητας. Τα ραβδία και τα κωνία μετατρέπουν την οπτική πληροφορία σε ηλεκτρική διέγερση η οποία μέσω του οπτικού νεύρου μεταφέρεται στον εγκέφαλο για περαιτέρω επεξεργασία. Ήδη όμως στον αμφιβληστροειδή και στο οπτικό νεύρο έχει προηγηθεί μία αρχική επεξεργασία.



Σχήμα 3: Μοντέλο του ανθρώπινου ματιού. (Πηγή: Ι. Πήτας, Βιβλίο: Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, 4^η έκδοση, Θεσσαλονίκη)

6.1 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Όπως είδαμε ποιο πριν οι ψηφιακές εικόνες διαμορφώνονται με φωτοηλεκτρικές μεθόδους. Οι οπτικοί αισθητήρες της τείνουν να υποβαθμίσουν την ποιότητα των ψηφιακών εικόνων με την εισαγωγή θορύβου, γεωμετρικής παραμόρφωσης, θόλωση εξ' αιτίας κάποιας κίνησης ή λανθασμένης εστίασης της κάμερας. Της από της σπουδαιότερους στόχους της ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας είναι η βελτίωση της ποιότητας της εικόνας και της να μειώσει την υποβάθμιση που εισέρχεται από της αισθητηριακές συσκευές και της συσκευές καταγραφής της εικόνας. Οι τεχνικές αποκατάστασης της εικόνας (image restoration) αφορούν κυρίως την ανάκτηση της εικόνας που έχει παραμορφωθεί (θολώσει). Οι τεχνικές βελτίωσης της ποιότητας της ψηφιακής εικόνας (digital image enhancement) βελτιώνουν την υποκειμενική ποιότητα της εικόνας επισημαίνοντας κάποια από τα χαρακτηριστικά της (π.χ. αντίθεση, περίγραμμα) και μειώνοντας τον θόρυβο (αποθορυβοποίηση).

Οι λειτουργίες αποκατάστασης και βελτίωσης της ποιότητας της εικόνας μπορούν να θεωρηθούν σαν διδιάστατα ψηφιακά φίλτρα και αυτά διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες που είναι τα γραμμικά και τα μη γραμμικά ψηφιακά φίλτρα.

Τα γραμμικά ψηφιακά φίλτρα μπορούν να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν στο πεδίο των χωρικών συντεταγμένων (spatial operations) ή στο πεδίο των συχνοτήτων (transform operations).

Τα περισσότερα φίλτρα αποκατάστασης εικόνας ανήκουν στην ομάδα των γραμμικών ψηφιακών φίλτρων και υλοποιούνται στο πεδίο των συχνοτήτων. Βέβαια υπάρχουν και μη γραμμικές τεχνικές αποκατάστασης μία εικόνας. Για την καλύτερη ποιότητα της εικόνας χρησιμοποιούνται κυρίως υλοποιήσεις στο πεδίο των χωρικών συντεταγμένων είτε γραμμικές είτε μη γραμμικές. Αυτές οι υλοποιήσεις είναι διδιάστατα ψηφιακά φίλτρα που έχουν περιοχές υποστήριξης (regions of support) που αποτελούνται από ένα απλό εικονοστοιχείο (point operations) ή από τη γειτονία της εικονοστοιχείου (local operations).

Τέλος τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία οπτικών εφφέ στην παρουσίαση ψηφιακών εικόνων είναι: ο ψευδοχρωματισμός (pseudocoloring), ο ημιτονισμός (half-toning) και η μεγέθυνση (zooming) ψηφιακής εικόνας. Οι τεχνικές αυτές ορίζονται ως υποκεφάλαια στην βελτίωση της ποιότητας της ψηφιακής εικόνας και αυτό γιατί επηρεάζουν την υποκειμενική οπτική ποιότητα της εικόνας.

6.2 Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΥ ΨΕΥΔΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΥ

Σε πολλές εφαρμογές το ανθρώπινο μάτι έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην αλλαγή του χρώματος παρά στην αλλαγή έντασης της φωτεινότητας και αυτό συμβαίνει κυρίως σε εφαρμογές παρακολούθησης όπως π.χ. παρακολούθηση για ασφάλεια, έλεγχος ποιότητας και τηλεσκοπική. Για αυτό τον λόγο θεωρείτε ως φυσιολογικό να κωδικοποιείται η ένταση της φωτεινότητας της ασπρόμαυρης εικόνας (BW) με την χρήση πληροφορίας χρώματος.

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ως ψευδοχρωματισμός (pseudocoloring). Τα αποτελέσματα που εμφανίζει ο ψευδοχρωματισμός δείχνουν να είναι ευχάριστα προς το ανθρώπινο μάτι. Συνηθίζεται λοιπόν να χρησιμοποιείται για καλλιτεχνικές εφαρμογές π.χ. οπτικών εφέ.



Εικόνα 16: Αριστερά εικόνα τόνων του γκρι. Δεξιά ψευδοχρωματισμένη εικόνα. (Πηγή: Βιβλίο: Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, Ι. Πήτας, 4^η έκδοση, Θεσσαλονίκη)

6.3 Ο ΗΜΙΤΟΝΙΣΜΟΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Επί το πλείστον οι ασπρόμαυρες εικόνες περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό από επίπεδα του γκρι χρώματος (συνήθως 256). Τέτοιου είδους εικόνες είναι πολύ εύκολο να προβληθούν στην οθόνη όμως ηλεκτρονικού υπολογιστή. Όμως δεν μπορούν να εκτυπωθούν, γιατί σχεδόν όμως οι τεχνολογίες εκτύπωσης που υπάρχουν μπορούν να εκτυπώσουν μόνο δυαδικές εικόνες. Για αυτόν τον λόγο οποιαδήποτε εικόνα που είναι σε κάποιο επίπεδο του γκρι αρχικά πρέπει να μετατραπεί σε δυαδική και μετά να εκτυπωθεί. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί πολύ εύκολα χάρης όμως ιδιαίτερου χαρακτηριστικού όμως ανθρώπινης όρασης. Ο οφθαλμός του ανθρώπου βλέπει όμως γειτονικές μαύρες και άσπρες κουκίδες σαν κάτι το ενιαίο. Αν αυτές οι κουκίδες είναι μικρές και όμως βλέπουμε από μια φυσιολογική απόσταση ανάγνωσης, τότε οι μαύρες και οι άσπρες κουκίδες με διαφορετικές αναλογίες δημιουργούν την εντύπωση διαφορετικών επιπέδων του γκρι. Μια εικόνα ημιτονισμένη (halftone) είναι μια εικόνα δυαδική όμως οποίας οι κουκίδες δημιουργούν την εντύπωση διαφορετικών επιπέδων του γκρι. Η διαδικασία όμως μετατροπής μία εικόνας επιπέδων του γκρι σε μία ημιτονισμένη εικόνα ονομάζεται ημιτονισμός (halftoning). Η ανάλυση όμως εικόνας ημιτονισμένης είναι μικρότερη από την ανάλυση όμως αντίστοιχης εικόνας του γκρι, αν οι δύο εικόνες έχουν το ίδιο μέγεθος. Η δημιουργία επιπέδων του γκρι με ημιτονισμό όμως ως αποτέλεσμα την θυσία όμως υψηλής ανάλυσης. Αν όμως η υψηλή ανάλυση έχει μέγιστη σημασία τότε πρέπει η ημιτονισμένη εικόνα να έχει μεγαλύτερο μέγεθος από την αντίστοιχη εικόνα με επίπεδα του γκρι.

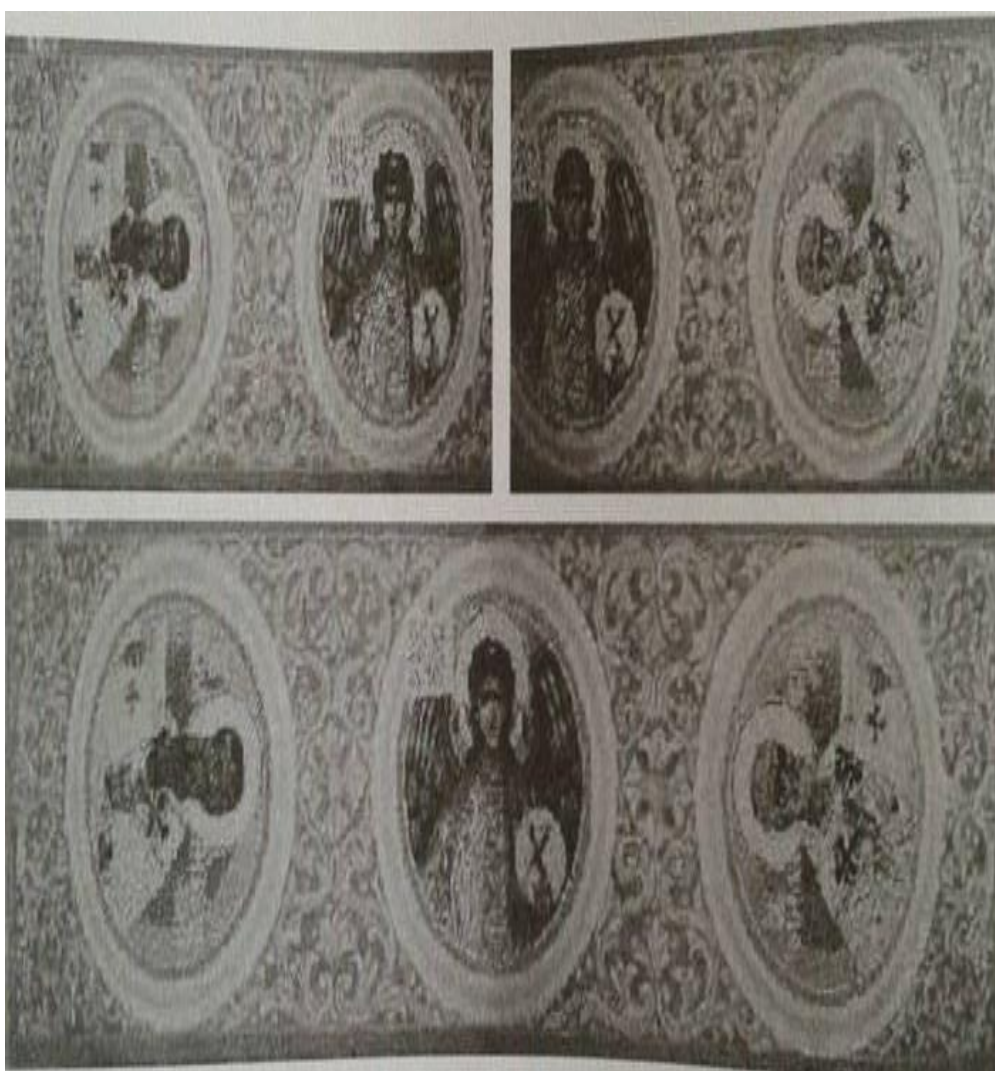
6.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΩΣΑΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΑΝΟΡΑΜΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Η δημιουργία εικόνων – μωσαϊκών (mosaicing) αναπτύχθηκε για την λεπτομερή ανακατασκευή μεγάλων εικόνων από επιμέρους τμήματά τους (patches, tiles), που συνηθίζεται να φωτογραφίζονται σε μία δοσμένη σειρά γραμμής – στήλης ή αντιστρόφως στήλης – γραμμής. Συνήθως τα τμήματα αυτά πρέπει να επικαλύπτονται μερικώς για να μπορέσει ποιο εύκολα να δημιουργηθεί το μωσαϊκό. Για να δημιουργηθεί η τελική εικόνα πρέπει να ενωθούν τα επιμέρους τμήματά της. Η διαδικασία που ακολουθείται για την δημιουργία ενός μωσαϊκού είναι κλασσική και βασίζεται πάνω στην επιλογή, κατά ημιαυτόματο τρόπο, ενός συνόλου αντίστοιχων σημείων (feature points) σε κάθε ζεύγος τμημάτων της εικόνας που περιέχουν επικαλυπτόμενα μέρη. Ακόμα καθίσταται δυνατόν να γίνει αυτόματο ταίριασμα τμημάτων εικόνων, με έναν αλγόριθμο που μπορεί να διακρίνει τις ομοιότητες στις επικαλυπτόμενες περιοχές των τμημάτων.

Στην δημιουργία ενός μωσαϊκού μπορεί να προκύψουν προβλήματα διαφοράς φωτισμού μεταξύ γειτονικών εικόνων. Για να μην υπάρξει κάποιο πρόβλημα και για να υπάρξει μια ομαλή μετάβαση ανάμεσα στα τμήματα με διαφορετική φωτεινότητα, σταθμίζουμε τη συνεισφορά των εικονοστοιχείων που προέρχονται από διαφορετικά επικαλυπτόμενα τμήματα. Επίσης τα βάρη είναι ίσης αναλογίας με τις αποστάσεις των εικονοστοιχείων από το περιθώριο της αντίστοιχης εικόνας – τμήματος. Με την χρήση βαρών πετυχαίνουμε μία σίγουρη ομαλή μετάβαση της φωτεινότητας μεταξύ των ψηφιοποιημένων εικόνων.

Ο αλγόριθμος της δημιουργίας μωσαϊκών εικόνων έχει πολλές εφαρμογές όπως στην αποκατάσταση ζωγραφικών πινάκων και άλλων έργων τέχνης, στις ιατρικές εικόνες και στην τηλεπισκόπηση. Για την ψηφιοποίηση μεγάλων πινάκων ή τοιχογραφιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός ρομποτικού βραχίονα – κάμερας που δίνει την δυνατότητα στην κάμερα να μπορεί να κινηθεί μπροστά στον πίνακα και να εκτελέσει την τμηματική φωτογράφηση του. Το σύνολο του πίνακα ή της τοιχογραφίας γεννάται από την σύνθεση αυτών των εικόνων - τμημάτων.

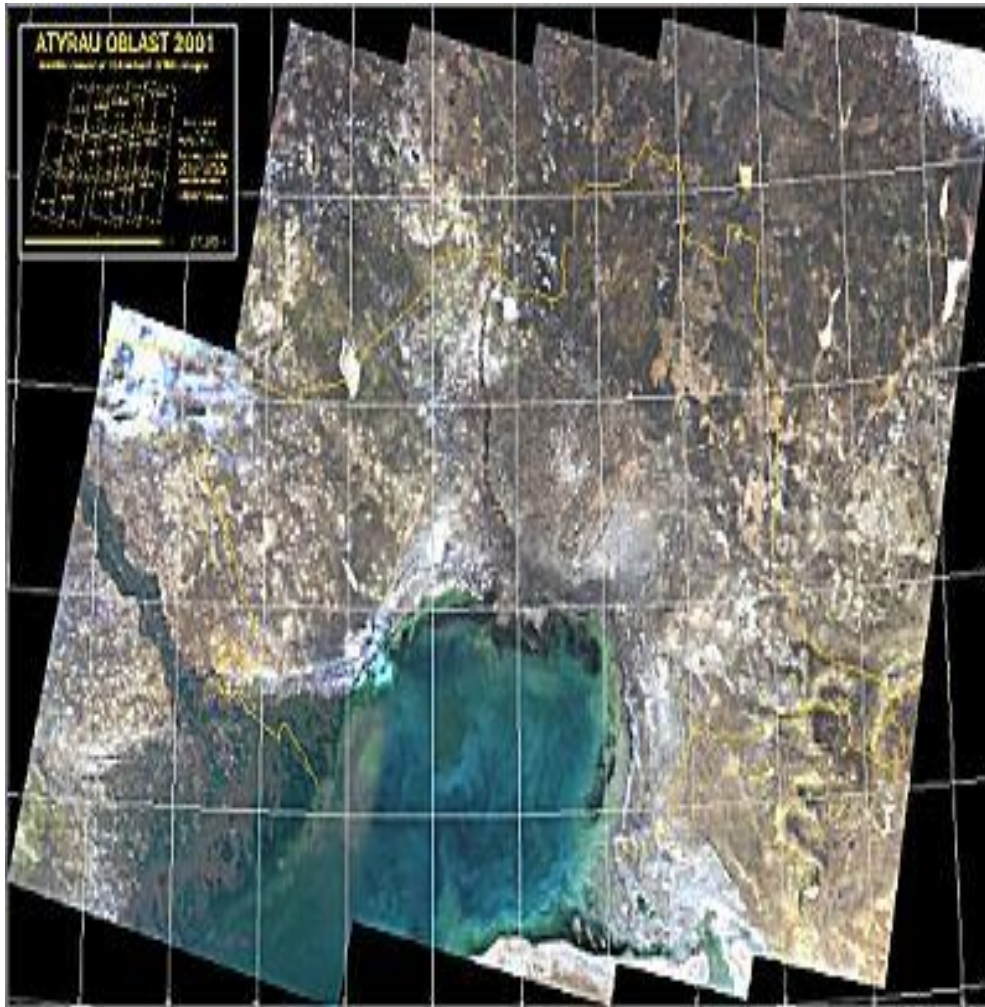
Τέλος στο διαδίκτιο υπάρχει ειδικό λογισμικό (player) με το οποίο είναι δυνατή η πλοήγηση σε πανοραμικές εικόνες. Για παράδειγμα οι εικόνες της γης που φαίνονται από το γνωστό πρόγραμμα της Google – Google Earth προέρχονται από μωσαϊκό πολλών διαφορετικών εικόνων, μετά από την κατάλληλη διόρθωση που λαμβάνουν, που είναι δυνατό να έχουν καταγραφεί και σε διαφορετικές ημέρες. Αυτή είναι και η εξήγηση της διαφορετικής φωτεινότητας και νεφοκάλυψης σε περιοχές που είναι γεωγραφικά γειτονικές.



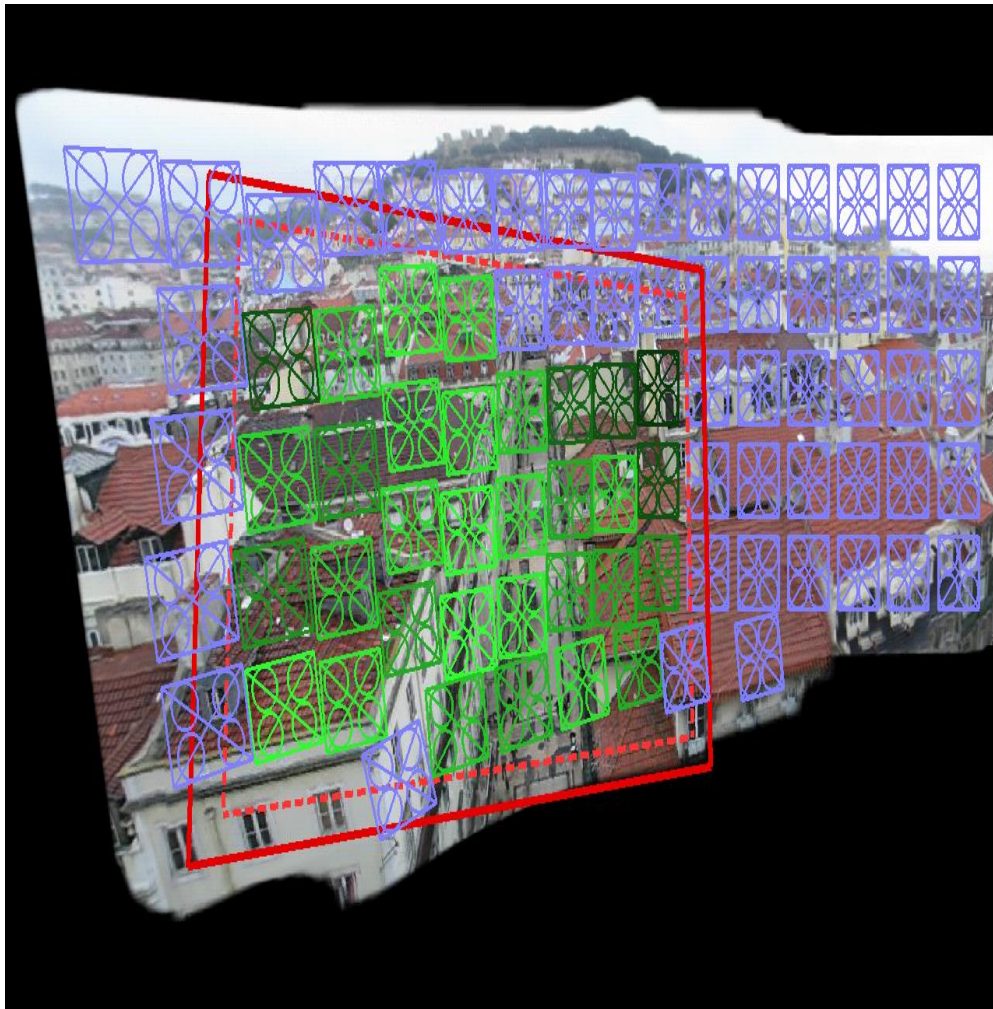
Εικόνα 17: Η επάνω εικόνας είναι ένα σετ εικόνων όπως ήταν αρχικά και η κάτω εικόνα είναι η εικόνα μετά την ψηφιοποίησή της. (Πηγή: Βιβλίο: Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, Ι. Πήτας, 4^η έκδοση, Θεσσαλονίκη)



Εικόνα 18: Εικόνα μετά την ψηφιοποίησή της. (Πηγή: http://poseidon.csd.auth.gr/Projects/anthivolon/mosaic_before.jpg)



Εικόνα 19: Μωσαϊκή δορυφορική εικόνα κάποιας περιοχής. (Πηγή: <http://inbrightcorp.com/blog/content/mosaiced&mapped.jpg>)



Εικόνα 20: Επεξεργασία μίας εικόνας πριν γίνει ψηφιοποιημένη. (Πηγή: <http://cmtech.upf.edu/sites/default/files/project-files/lisboaHD.png>)

7.1 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Με τον όρο συμπίεση ψηφιακής εικόνας αναφερόμαστε σε ένα σύνολο τεχνικών και αλγόριθμων που έχουν σαν βασικό σκοπό την εξοικονόμηση της απαιτούμενης μνήμης για την αναπαράσταση και την αποθήκευση ψηφιακών εικόνων. Για την αποθήκευση μιας ψηφιοποιημένης εικόνας, που αρχικά ήταν μια δειγματοληψία του αναλογικού σήματος, μας οδηγεί σε χρήση μνήμης μεγάλου μεγέθους.

- Για την αποθήκευση εικόνας διαστάσεων 1024 x 1024 εικονοστοιχείων χρειάζονται 3 MBytes μνήμης.

Σε τομείς όπου έχουμε και χρειάζεται μετάδοση και αποθήκευση πολλών εικόνων, όπως π.χ. τηλεπισκόπηση (εικόνες από δορυφόρους), η ιατρική (εικόνες από τομογράφους, ακτινοσκοπήσεις), σε εφαρμογές όπως είναι το βίντεο, το fax, η τηλεόραση, η χρήση μεγάλου μεγέθους μνήμης που χρειάζεται δημιουργεί πολλά προβλήματα. Για αυτόν τον λόγο λοιπόν υπήρξε αναζήτηση γρήγορων αλγόριθμων συμπίεσης και αποσυμπίεσης των εικόνων, γιατί εκτός από την εξοικονόμηση μνήμης που θα προσέφεραν, η συμπίεση προσφέρει ακόμα ελάττωση του χρόνου μετάδοσης και του εύρους ζώνης μετάδοσης. Πρωταρχικό ρόλο παίζουν οι αρχιτέκτονες και οι αλγόριθμοι για ταχύτατη συμπίεση – αποσυμπίεση σε εφαρμογές που απαιτείται η απόκριση του πραγματικού χρόνου, όπως π.χ. στην ψηφιακή τηλεόραση, στις τηλεδιάσκεψεις και αλλού. Επίσης ένα ακόμα στοιχείο είναι σημαντικό, η ανθεκτικότητα των τεχνικών κωδικοποίησης – συμπίεσης στο θόρυβο, εφόσον τα πιο πολλά τηλεοπτικά κανάλια είναι θορυβώδη.

Τις τεχνικές συμπίεσης ψηφιακής εικόνας μπορούμε να τις χωρίσουμε σε δυο κατηγορίες όπου αυτές είναι: σε αυτές που έχουμε απώλεια πληροφορίας και σε αυτές που δεν έχουμε. Οι τεχνικές συμπίεσης στις οποίες έχουμε απώλεια πληροφορίας χρησιμοποιούνται όταν η αρχική μας εικόνα μπορεί να ξαναφτιαχτεί εύκολα ή όταν είναι ανεκτή, αναλόγως με την εφαρμογή, η απουσία ενός κομματιού της πληροφορίας στον δέκτη. Σε εφαρμογές όπως είναι η ψηφιακή τηλεόραση ή η τηλεσυνδιάσκεψη, το ανθρώπινο μάτι είναι ο τελικός αποδέκτης της οπτικής πληροφορίας, η εφαρμογή των γνώσεων της ψυχοφυσικής του αισθητήριου της όρασης μπορεί να οδηγήσει σε τεχνικές συμπίεσης με απώλειες που δεν γίνονται όμως αντιληπτές.

Ένα παράδειγμα είναι οι μικρές απώλειες της χρωματικής πληροφορίας γίνονται αντιληπτές δύσκολα από το ανθρώπινο μάτι, σε αντίθεση όμως με την θόλωση των περιγραμμάτων και το τρεμόπαιγμα (flickering) της οθόνης, που δημιουργούν κακή οπτική εντύπωση. Επίσης η ψυχοφυσική της ανθρώπινης όρασης θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν κατά τον σχεδιασμό του κωδικοποιητή της εικόνας, έτσι ώστε να μην γίνονται ορατές οι υποβαθμίσεις στην ψηφιοποιημένη εικόνα. Από την άλλη οι τεχνικές συμπίεσης στις οποίες δεν έχουμε απώλεια πληροφορίας χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που η αρχική μας εικόνα είναι δύσκολο να αποκτηθεί ή περιέχει πληροφορία ζωτικής σημασίας, όπως π.χ. σε ιατρικές εικόνες διάγνωσης.

7.2 ΠΡΟΤΥΠΟ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ JPEG 2000

Για να ξεπεραστούν οι περιορισμοί και τα μειονεκτήματα του πρότυπου συμπίεσης JPEG ή άλλες λύσεις κωδικοποίησης προϋπάρχουσες, έγιναν προσπάθειες από επιτροπές ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 να σχεδιάσουν ένα πιο καινούριο πρότυπο, με το όνομα JPEG2000 [ISO99], [CHA99], το οποίο είναι ικανό να αντιμετωπίσει τις εξελισσόμενες ανάγκες για τεχνολογίες πολυμέσων στο πεδίο της συμπίεσης ακίνητης εικόνας. Το JPEG2000 δημιουργήθηκε για να είναι ένα σύστημα συμπίεσης για διαφορετικούς τύπους ακίνητων εικόνων όπως π.χ. δύο επιπέδων, επιπέδων του γκρι, έγχρωμων, πολλαπλών επιπέδων με διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως π.χ. φυσικές εικόνες, επιστημονικές, ιατρικές κ.λ.π. και με την δυνατότητα διαφορετικών μοντέλων χρήσης των εικόνων, όπως π.χ. πελάτη/εξυπηρετητή, εκπομπής πραγματικού χρόνου, αρχειοθέτηση σε βιβλιοθήκες εικόνων, περιορισμένης μνήμης ή και εύρους ζώνης [ISO99]. Σκοπός ήταν να παρασχεθούν καλύτερα χαρακτηριστικά ρυθμού παραμόρφωσης και υποκειμενικής ποιότητας της εικόνας, αντίθετα με τις είδη υπάρχουσες λύσεις κωδικοποίησης εικόνας. Το πρότυπο JPEG2000 στην παρούσα του μορφή επιτυγχάνει καλύτερους ρυθμούς συμπίεσης και βελτιωμένη υποκειμενική ποιότητα, στις περιπτώσεις ειδικότερα χαμηλού ρυθμού bits, από τον προγονό του JPEG2000. Το πρότυπο JPEG2000 παρέχει περαιτέρω λειτουργίες, που οι είδη υπάρχουσες λύσεις δεν προσφέρουν αποτελεσματικά είτε δεν προσφέρουν καθόλου.

Η συμπίεση χωρίς απώλειες και με απώλειες παρέχεται μόνο σε μία ροή κώδικα, ένα χαρακτηριστικό που δεν προσφέρεται από καμία άλλη λύση, για να εξυπηρετήσει διαφορετικές απαιτήσεις εφαρμογών, όπως είναι π.χ. συμπίεση χωρίς απώλειες για αρχεία εικόνων. Καθίσταται δυνατή η κωδικοποίηση πολύ μεγάλων εικόνων χωρίς τμηματοποίηση, ο αλγόριθμος JPEG2000 επιτρέπει την κωδικοποίηση εικόνων μεγέθους 64K x 64K. Η ευρωστία της αποσυμπίεσης στην παρουσία λανθασμένων bits βελτιώνεται προσφέροντας διαφορετικούς τύπους προοδευτικής κωδικοποίησης εικόνας, όπως προοδευτική εκπομπή με αυξανόμενη ανάλυση (Progressive transmission By Resolution, PBR) ή με αυξανόμενη ακρίβεια εικονοστοιχείων (Progressive transmission By pixel Accuracy, PBA). Στο πρώτο τύπο προοδευτικής μετάδοσης, το μέγεθος της εικόνας αυξάνει μέχρι το αρχικό μέγεθος της εικόνας, με την λήψη περισσότερων bits. Στο δεύτερο τύπο προοδευτικής μετάδοσης, η ποιότητα της εικόνας βελτιώνεται μέχρι τελικά τελικά την αρχική ποιότητα των pixel, με την λήψη περισσότερων bits. Η προοδευτική κωδικοποίηση είναι πολύ χρήσιμη, όταν το κανάλι μετάδοσης έχει περιορισμένο εύρος ζώνης, όπως συνήθως συμβαίνει στο διαδίκτυο. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να σταματήσει την μετάδοση μόλις είναι ικανοποιημένος με την ανάλυση ή την ποιότητα της εικόνας που έχει λάβει. Το πρότυπο JPEG2000 έχει ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό κ αυτό είναι η κωδικοποίηση της Περιοχής Ενδιαφέροντος (Region Of Interest, ROI) και η τυχαία πρόσβαση κ επεξεργασία της ροής της κωδικοποιημένης εικόνας. Η κωδικοποίηση ROI σημαίνει ότι η περιοχή ενός αντικειμένου που έχει ενδιαφέρον μπορεί να κωδικοποιηθεί με καλύτερη ποιότητα από ότι η περιοχή του φόντου. Επίσης δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να προσπελαίνει τυχαία περιοχές της εικόνας με λιγότερη παραμόρφωση και να τις επεξεργάζεται ξεχωριστά. Το JPEG2000 πετυχαίνει επίσης καλύτερη επεξεργασία και χειρισμό της χρωματικής πληροφορίας. Ακόμα επιλαμβάνεται πλευρών της ασφάλειας και του χειρισμού των δικαιωμάτων της εικόνας χρησιμοποιώντας υδατογραφήματα, ετικέτες, κρυπτογράφηση ή συνδυασμό κάποιων από τα παραπάνω. Οι αναβαθμισμένες δυνατότητες του πρότυπου JPEG2000 εξυπηρετούν διαφορετικές αγορές και τομείς εφαρμογών, όπως π.χ. η διαδικτυακή διανομή εικόνων, η ψηφιακή φωτογραφία και οι ιατρικές εικόνες. Το πρότυπο JPEG2000 έχει ήδη εδραιωθεί στον ψηφιακό κινηματογράφο και στην ψηφιακή τηλεόραση.

7.3 ΑΚΜΕΣ

Η εικόνα έχει κάποια βασικά χαρακτηριστικά, κάποια από αυτά είναι και οι ακμές. Οι ακμές φέρουν χρήσιμες πληροφορίες για τα όρια των αντικειμένων, οι οποίες μπορούν να χρησιμεύσουν για την ανάλυση μίας εικόνας, τον προσδιορισμό των αντικειμένων αλλά και σε εφαρμογές που είναι για το φιλτράρισμα μίας εικόνας. Αν και έχουν τεράστια σημασία στην ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση εικόνας δεν έχει βρεθεί κάποιος αποδεκτός μαθηματικός ορισμός της ακμής. Αυτό οφείλεται στην πολυπλοκότητα του περιεχομένου της εικόνας και από την παρεμβολή μηχανισμών όρασης υψηλού επιπέδου στην ανθρώπινη αντίληψη του ορίου ενός αντικειμένου.

Οι τεχνικές ακμών μπορούν να χωρισθούν σε δύο κατηγορίες, στις τοπικές τεχνικές ακμών και στις καθολικές τεχνικές ακμών.

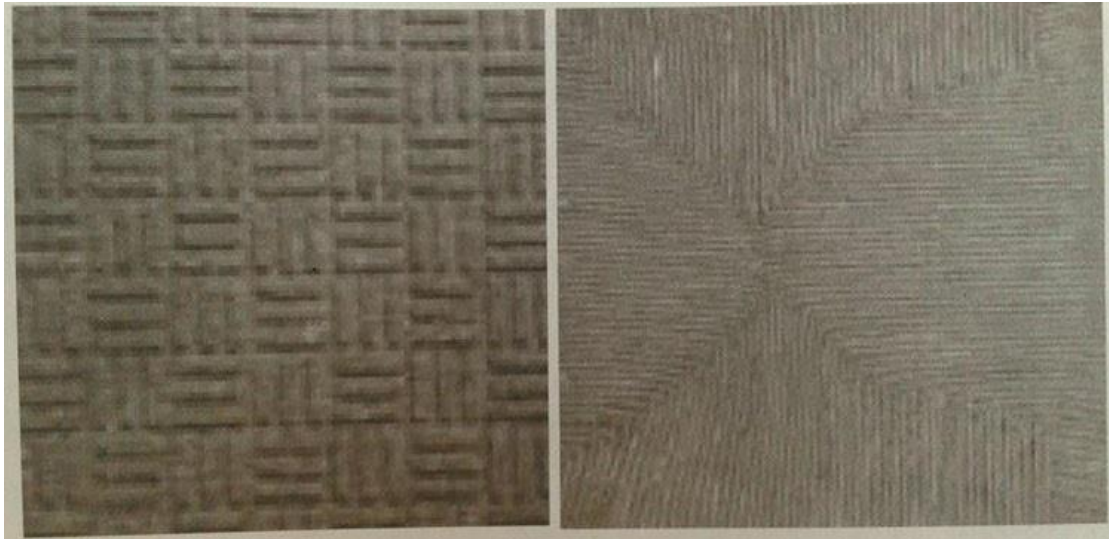
- A. Τοπικές τεχνικές ακμών που χρησιμοποιούν τελεστές που δρουν σε τοπικές περιοχές της εικόνας
- B. Καθολικές τεχνικές ακμών που χρησιμοποιούν καθολική πληροφορία από όλη την εικόνα και μεθόδους φιλτραρίσματος για την εξαγωγή πληροφοριών για τις ακμές.

7.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΦΗΣ

Ένα επίσης από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της εικόνας είναι η οπτική υφή (texture) της. Τα χαρακτηριστικά της υφής χρησιμοποιούνται ευρέως στην κατάτμηση εικόνας. Παρά την ευρεία χρήση της δεν υπάρχει κάποιος μοναδικός και παγκοσμίως αποδεκτός ορισμός της υφής της εικόνας. Σαν γενικό ορισμό μπορούμε να αναφέρουμε ότι είναι ένα μέτρο της τραχύτητας, της ομαλότητας και της κανονικότητας της εικόνας.

Οι τεχνικές περιγραφής της υφής μπορούν να χωριστούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, οι οποίες είναι: στατιστικές, φασματικές και δομικές.

- A. Οι στατιστικές τεχνικές περιγραφής στηρίζονται πάνω στα ιστογράμματα των περιοχών, τις επεκτάσεις τους και τις ροπές τους.
- B. Οι φασματικές τεχνικές περιγραφής στηρίζονται στην συνάρτηση αυτοσυσχέτισης μίας περιοχής ή στην κατανομή ισχύος στην περιοχή του μετασχηματισμού Fourier.
- C. Οι δομικές τεχνικές περιγράφουν την υφή με χρήση προτύπων συνοδευόμενων από συγκεκριμένους κανόνες τοποθέτησης.



Εικόνα 21: Εικόνες διαφορετικής οπτικής υφής. (Πηγή: Ι. Πήτας, Βιβλίο: Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, 4^η έκδοση, Θεσσαλονίκη)

Τεχνολογικά Συστήματα απεικόνισης οφθαλμού της υγείας

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την διάγνωση ενός προβλήματος του οφθαλμού χρειάζεται η χρήση ορισμένων εξεταστικών – διαγνωστικών μεθόδων και η σωστή αξιολόγηση των στοιχείων που θα μας εμφανίσουν.

1.2 ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ

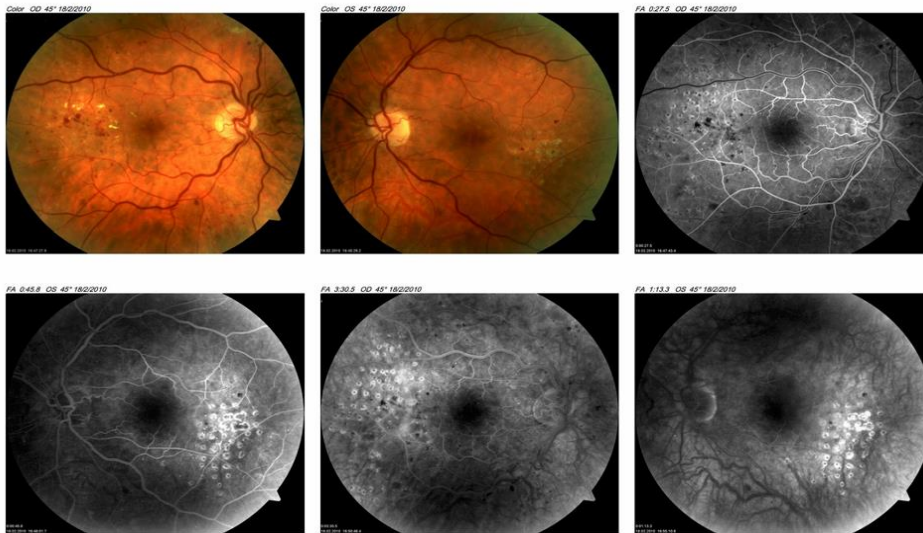
Η αγγειογραφία είναι μια διαγνωστική εξέταση που επιτρέπει στον οφθαλμίατρο να μελετήσει διεξοδικά την περιοχή του αμφιβληστροειδούς (ο φωτοευαίσθητος χιτώνας για την αποτύπωση των οπτικών πληροφοριών) και του χοριοειδούς (αγγεία πίσω από τον αμφιβληστροειδή). Στην διαγνωστική τεχνική της αγγειογραφίας πραγματοποιείται έγχυση μιας χρωστικής σε μια φλέβα του χεριού σας. Η συγκεκριμένη χρωστική περνάει από τα αγγεία του ανθρώπινου σώματος και φτάνει στα αγγεία του οφθαλμού που νοσεί. Στην συνέχεια με ειδικό απεικονιστικό σύστημα, ειδική κάμερα, λαμβάνονται φωτογραφίες που αναλύουν την παθολογία του οφθαλμικού βυθού. Οι χρωστικές που χρησιμοποιούνται είναι η φλουορεσκεΐνη (στην φλουοροαγγειογραφία) και το πράσινο της ινδοκυανίνης (indocyanine green - στην αγγειογραφία ινδοκυανίνης).

Με την αγγειογραφία επιτυγχάνεται η χαρτογράφηση της οφθαλμικής βλάβης. Οι πληροφορίες που αποκομίζονται από την συγκεκριμένη εξέταση βοηθούν τον ιατρό να βγάλει χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τον προσδιορισμό της πάθησης και την ενδεδειγμένη θεραπεία. Παθήσεις όπως η διαβητική_αμφιβληστροειδοπάθεια, η ηλικιακή_εκφύλιση_της_ωχράς_κηλίδας, διάφορες αγγειακές αμφιβληστροειδικές παθήσεις (κεντρική / κλαδική φλεβική απόφραξη) είναι δυνατόν να διαγνωστούν με την τεχνική της αγγειογραφίας.

1.3 ΦΛΟΥΟΡΟΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ

Η φλουοροαγγειογραφία είναι μία διαγνωστική εξέταση. Αποκαλύπτει με ακρίβεια τον τύπο, το μέγεθος και τη θέση των βλαβών που υπάρχουν στο πίσω μέρος (βυθό) του οφθαλμού. Για την φλουοροαγγειογραφία απαιτείται ειδικό φωτογραφικό σύστημα, ειδική κάμερα, με το οποίο βγάζουμε μια σειρά από φωτογραφίες του αμφιβληστροειδούς (ιστός που βρίσκεται στο πίσω μέρος του ματιού και είναι ευαίσθητος στο φως), αφού προηγουμένως χορηγήσουμε ενδοφλεβίως μία ειδική χρωστική ουσία (φλουορεσκεΐνη). Καθώς αυτή η χρωστική ουσία περνά από τα αγγεία του αμφιβληστροειδούς, γίνεται φωτογράφιση με φως ειδικού μήκους κύματος (χρήση ειδικών φίλτρων), στο οποίο η συγκεκριμένη χρωστική φθορίζει.

Αν τα αιμοφόρα αγγεία δεν είναι φυσιολογικά, τότε η χρωστική ουσία διαρρέει. Με τον τρόπο αυτό εντοπίζονται όλες οι πιθανές βλάβες καθώς και τα μη φυσιολογικά αγγεία που υπάρχουν ή αναπτύσσονται στο βυθό του οφθαλμού. Ο σακχαρώδης διαβήτης και η σχετιζόμενες με την ηλικία εκφύλιση της ωχράς_κηλίδος είναι οι συχνότερες παθήσεις που απαιτούν αυτή την εξέταση. Με την φλουοροαγγειογραφία γίνεται πλήρης διάγνωση των διαφόρων ανωμαλιών που υπάρχουν στο βυθό του οφθαλμού, ώστε να εφαρμοστεί η σωστή θεραπεία και να προληφθεί η απώλεια της όρασης. Η όλη διαδικασία είναι εντελώς ανώδυνη.



Εικόνα 22: Εξέταση του βυθού του ματιού με φλουороαγγειογραφία. (Πηγή: <http://www.ofthalmologikokentro.gr/images/ofthalmologiko-kentro-ofthalmikes-apeikoniseis/lrg/ofthalmologiko-kentro-ofthalmikes-apeikoniseis-13.jpg>)

1.4 ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΗΣ ΙΝΔΟΚΥΑΝΙΝΗΣ ICG

Για την αναλυτική και λεπτομερή απεικόνιση των αγγείων του χοριοειδούς απαιτείται η ειδική εξέταση της αγγειογραφίας με ινδοκυανίνη (ICG). Η διαγνωστική τεχνική της αγγειογραφίας με ινδοκυανίνη είναι η ίδια με αυτήν της φλουοροαγγειογραφίας, με μοναδική διαφορά τον τύπο της χρωστικής ουσίας που εγχέεται ενδοφλέβια στα αγγεία του οφθαλμού (το πράσινο της ινδοκυανίνης).

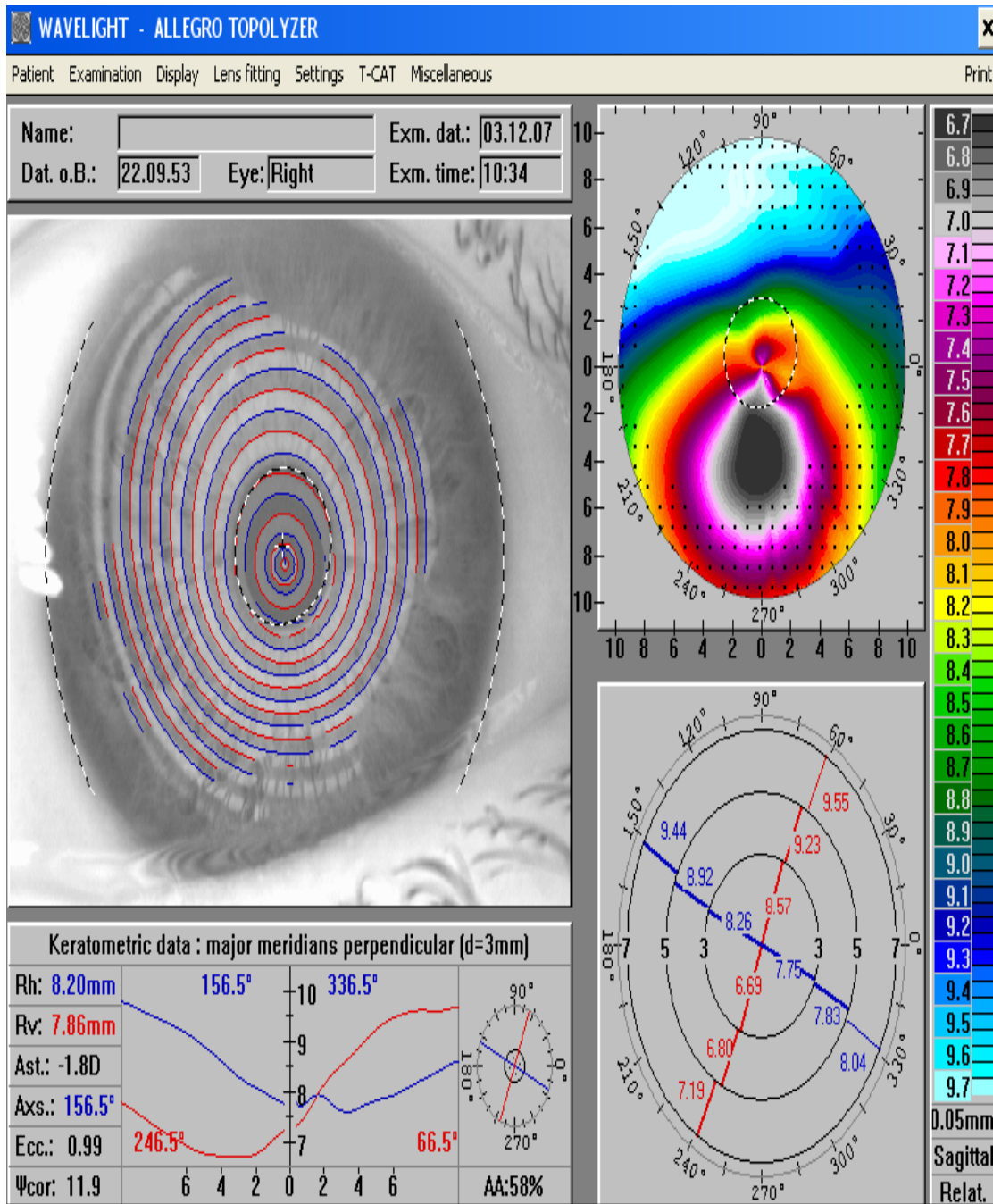
Το πλεονέκτημα της ICG αγγειογραφίας είναι ότι ο φθορισμός της δεν παρεμποδίζεται ιδιαίτερα από τις αιμορραγίες, τις χρωστικές του αμφιβληστροειδή και τα οιδήματα (ο φθορισμός της ινδοκυανίνης βρίσκεται κοντά στο υπέρυθρο φάσμα διαπερνώντας έτσι τις διάφορες χρωστικές του οφθαλμού). Αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη για την μελέτη ενδοβόλβιων όγκων.

1.5 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΡΑΤΟΕΙΔΟΥΣ

Η τοπογραφία κερατοειδούς (corneal topography) είναι μια ειδική εξέταση με την οποία μπορούμε να αποσπάσουμε χρήσιμες πληροφορίες (μέσα από μία σειρά έγχρωμων χαρτών π.χ. axial, elevation, tangential, refractive maps) σχετικά με την καμπυλότητα του κερατοειδούς χιτώνα (anterior & posterior segments - οπτική σάρωση της πρόσθιας και οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς χιτώνα). Σε έναν τοπογραφικό χάρτη αναπαρίσταται χρωματικά η κατανομή της διαθλαστικής ισχύος στην κερατοειδική επιφάνεια (κέντρο και περιφέρεια). Οι διαφορετικοί χρωματισμοί σε μια τοπογραφία κερατοειδούς (corneal map) απεικονίζουν τις περιοχές με την υψηλότερη ή τη μικρότερη διαθλαστική δύναμη. Η κλίμακα των χρωμάτων βοηθά επίσης στο να συγκρίνουμε διαφορετικούς οφθαλμούς αλλά και μεταβολές στον ίδιο οφθαλμό. Πληροφορίες λοιπόν όπως η καμπυλότητα και κυρτότητα κερατοειδούς (έλεγχος κερατοειδικής ομαλότητας), η κερατομετρία, η μέτρηση/ απεικόνιση της πρόσθιας & οπίσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς, η παχυμετρία, ο υψομετρικός χάρτης (με κλίμακα χρωμάτων), η προσομοίωση οπτικής οξύτητας, η μέτρηση μεγέθους κόρης (pupil diameter), η διαθλαστική ισχύς, ακόμα και παράμετροι για κερατόκωνο είναι απαραίτητες για κάθε οφθαλμίατρο και οπτομέτρη.



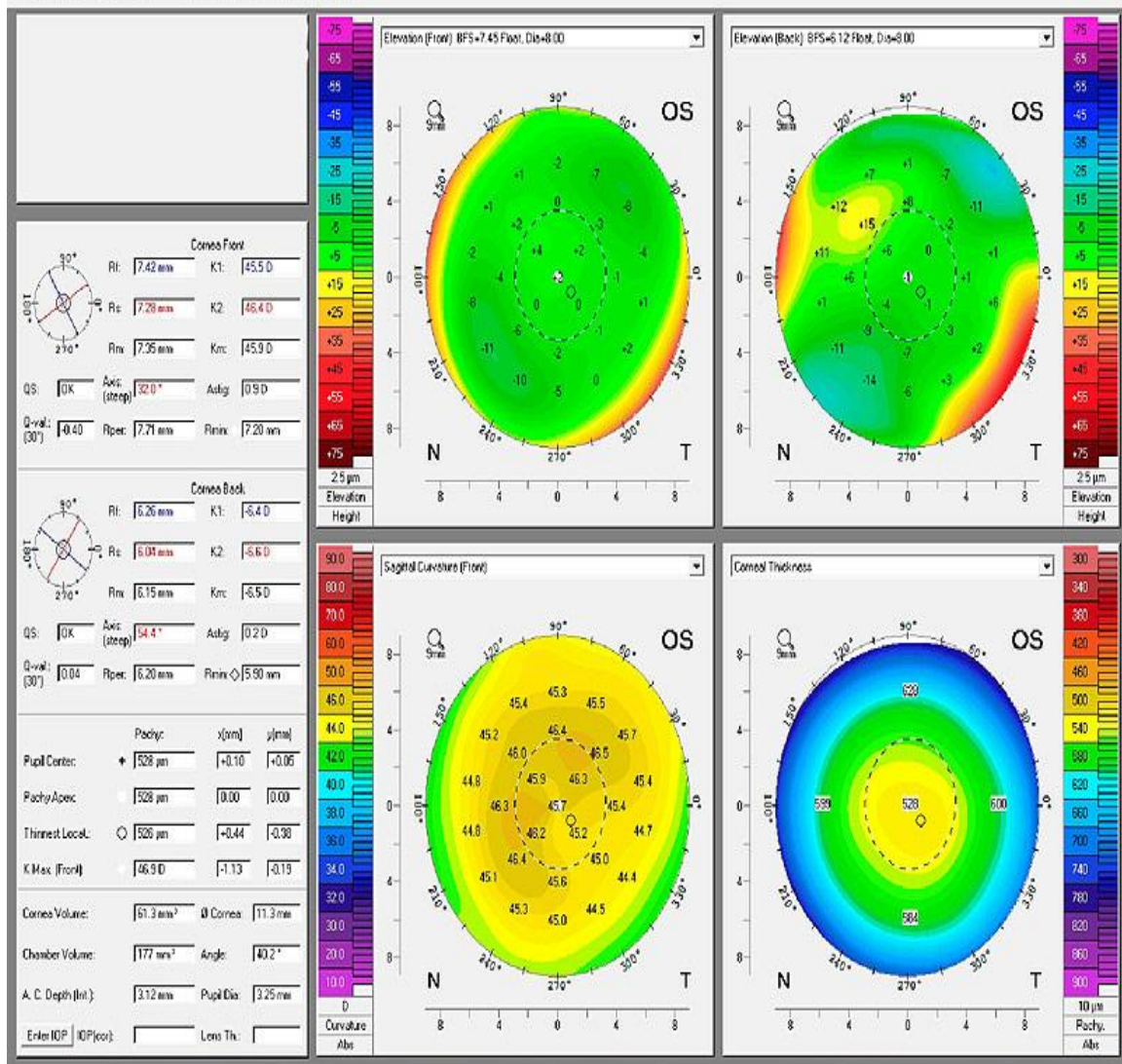
Εικόνα 23: Τοπογράφος Κερατοειδους. (Πηγή: http://elkethop.alex.duth.gr/equipment/ALLEGRO_Topolyzer_1.jpg)



Εικόνα 24: Τοπογραφία κερατοειδούς. (Πηγή:

https://www.google.gr/search?q=%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%B1+%CE%BA%CE%B5%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CE%BF%CF%85%CF%83&rlz=1C1WPZB_enGR643GR643&espv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiMkfPAkviOAhXFVywKHT5ZAH8Q_AUIBigB#imgrc=MJSk-z9zXSv3NM%3A)

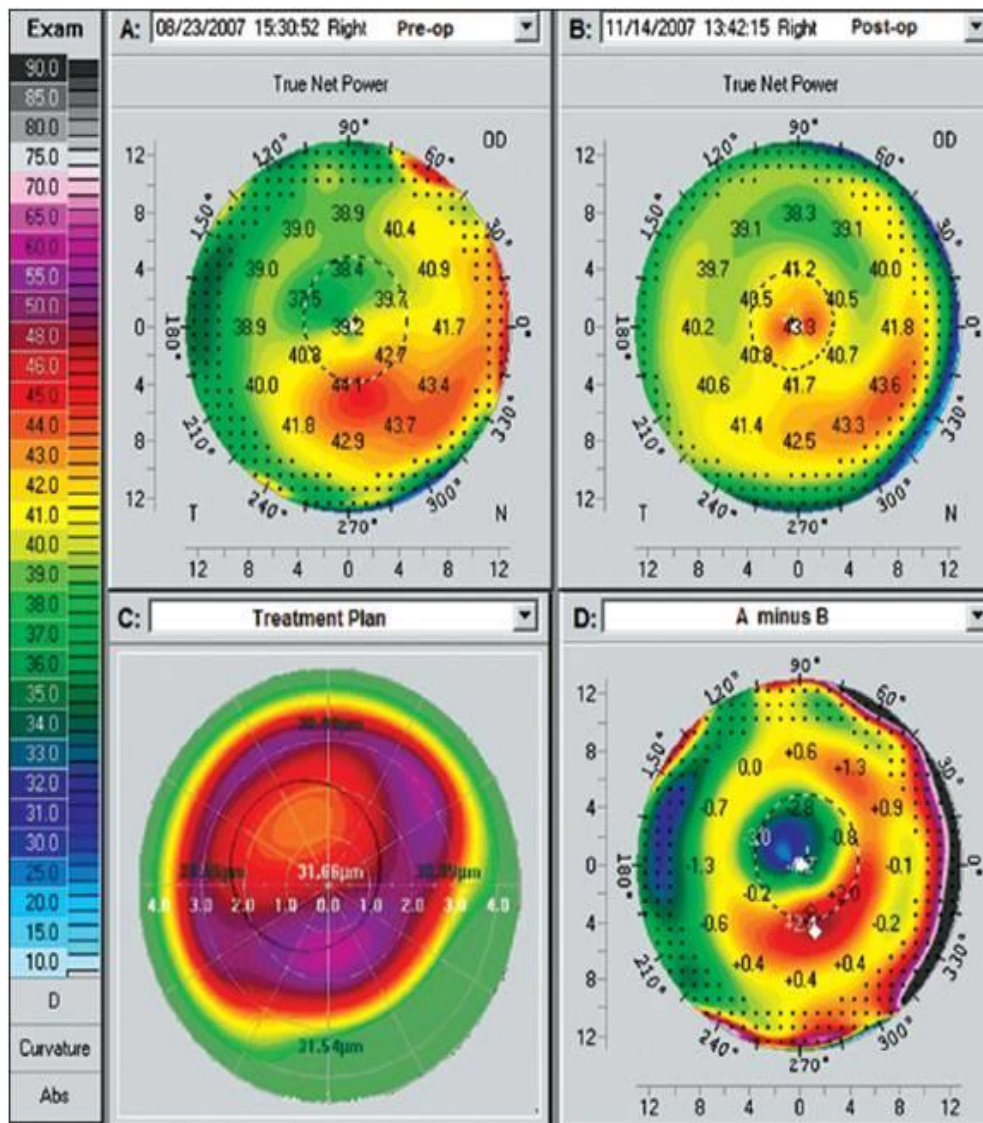
OCULUS - PENTACAM



Εικόνα 25: Τοπογραφία κερατοειδούς. (Πηγή:

http://www.myeve.gr/images/encheirisi-katarrakti_exetaseis/encheirisi-katarrakti_exetaseis_08.jpg)

- Τοπογραφία κερατοειδούς κάνουμε στην εξέταση για κερατόκωνο (κωνικής μορφή κερατοειδή). Οι έγχρωμοι τοπογραφικοί χάρτες στην πραγματικότητα ορίζουν τη θέση, το μέγεθος και την καμπυλότητα του κώνου και τα keratoconus indices το στάδιο (keratoconus stage).



Εικόνα 26: Τοπογραφία κερατοειδούς. (Πηγή: <http://www.eyecu.gr/ckfinder/userfiles/images/Picture4.jpg>)

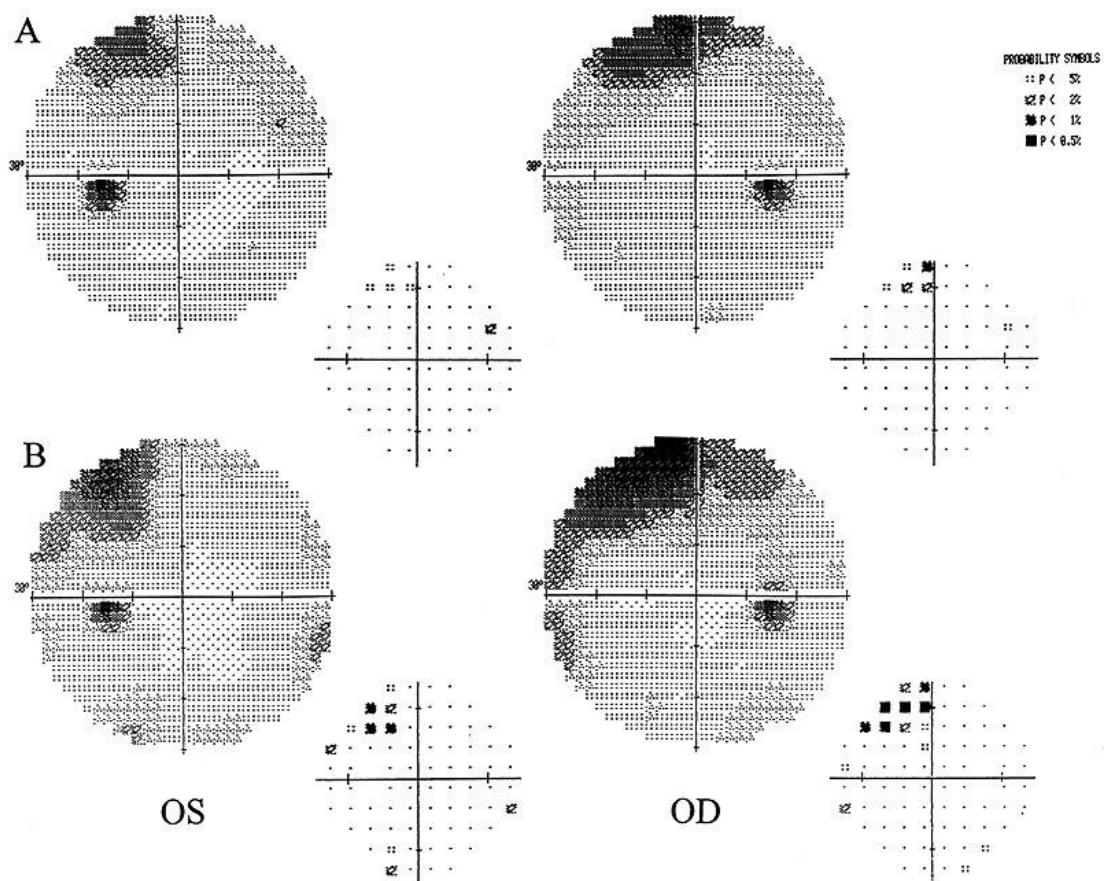
- Προεγχειρητικά για τον έλεγχο του ασθενούς που πρόκειται να υποβληθεί σε διαθλαστική επέμβαση. Στην διαθλαστική χειρουργική, η τοπογραφία κερατοειδούς είναι μια πρωταρχικής σημασίας εξέταση, όχι μόνο προεγχειρητικά αλλά και μετεγχειρητικά. Οι τοπογραφικές αλλοιώσεις (π.χ. λόγω φακών επαφής), η υποψία ένδειξη για κερατόκωνο, η διαμόρφωση της κερατοειδικής επιφάνειας, η κατανομή της διαθλαστικής ισχύς, το πάχος κερατοειδούς κ.ά. λαμβάνονται σοβαρά υπόψη.

1.6 Οπτικά Πεδία

Η εξέταση οπτικών πεδίων αποτελεί την πιο συχνά πραγματοποιούμενη εξέταση σε ασθενείς με γλαύκωμα. Διαρκεί 8-10 λεπτά και απαιτεί καλή συνεργασία του εξεταζομένου. Προβάλλονται φωτεινά ερεθίσματα σε διαφορετικά σημεία του χώρου, η ένταση των οποίων προοδευτικά ελαττώνεται. Ο εξεταζόμενος προσηλωμένος σε ένα σημείο στο κέντρο του πεδίου και κάθε φορά που αντιλαμβάνεται ένα φως όσο αμυδρό και αν είναι αυτό, πατά ένα διακόπτη χειρός. Με αυτόν τον τρόπο χαρτογραφείται η περιφερική όραση του ασθενούς και ανιχνεύονται περιοχές πιθανής μειωμένης ευαισθησίας (σκοτώματα). Η εξέταση των οπτικών πεδίων χρησιμοποιείται για τη διάγνωση και την παρακολούθηση της εξέλιξης του γλαυκώματος και θα πρέπει να επαναλαμβάνεται κάθε 6 μήνες. Είναι επίσης απαραίτητη στη διάγνωση νευρολογικών παθήσεων όπως και στη παρακολούθηση του οπτικού νεύρου, κατόπιν χρήσης ορισμένων φαρμάκων.



Εικόνα 27: Μηχάνημα και διαδικασία εξέτασης οπτικών πεδίων. (Πηγή: <http://www.dpantazis.gr/wp-content/uploads/2015/06/foto3.jpg>)



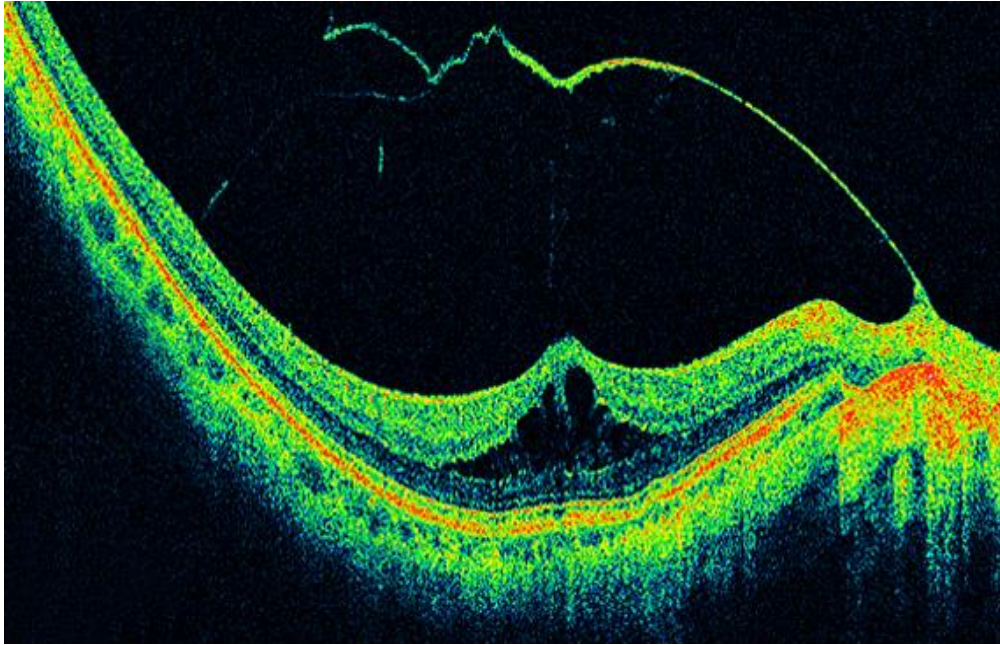
Εικόνα 28: Αποτελέσματα εξέτασης οπτικών πεδίων. (Πηγή: http://www.myeve.gr/images/encheirisi-katarrakti_exetaseis/encheirisi-katarrakti_exetaseis_01.jpg)

1.7 Οπτική τομογραφία συνοχής (OCT), προσθίου και οπισθίου ημιμορίου

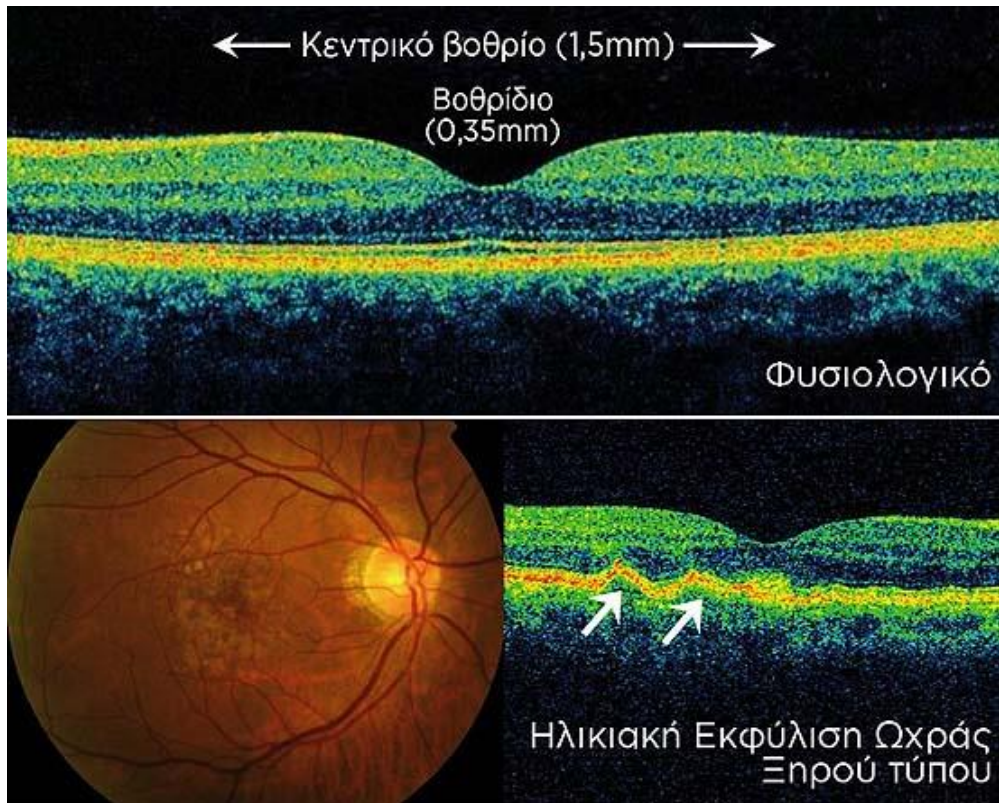
Μέτρηση υψηλής ανάλυσης και τρισδιάστατη του προσθίου και του οπισθίου θαλάμου του οφθαλμού καθώς και του αμφιβληστροειδούς. Τομογραφία και παχυμετρία κερατοειδούς, χαρτογράφηση του πάχους του επιθηλίου, μέτρηση ολικής δύναμης κερατοειδούς, χαρτογράφηση ωχράς κηλίδας, παχυμετρία αμφιβληστροειδούς, ανάλυση πυκνότητας οπτικών νεύρων, γαγγλιακών κυττάρων και οπτικών νευρικών ινών.

Με τη εξέταση OCT επιτυγχάνεται σε αληθινό χρόνο μια πλήρης τομογραφική εκτίμηση (οπτική βιοψία), τόσο της δομής όσο και της παθολογίας της πασχούσης περιοχής (είναι δυνατόν να διαγνωστούν περιπτώσεις διαβητικής_αμφιβληστροειδοπάθειας, ηλικιακής_εκφύλισης_της_ωχράς_κηλίδας, άλλων ωχροπαθειών, οπής, κυστειδούς οιδήματος της ωχράς, κεντρικής ορώδους χοριοειδοαμφιβληστροειδοπάθειας, γλαυκώματος, οιδημάτων κεντρικής περιοχής κτλ). Η διαγνωστική τεχνική OCT πραγματοποιείται με σκανάρισμα του σημείου που επιθυμούμε να ελέγξουμε με ένα ειδικό laser.

Τα ευρήματα αναλύονται από το software του μηχανήματος και δημιουργείται μια εικόνα που προβάλλεται στην οθόνη του. Η εικόνα αυτή αποτελεί τελικά μια οπτική τομή του σημείου που μας ενδιαφέρει, η οποία μας επιτρέπει να εκτιμήσουμε με βεβαιότητα το είδος της βλάβης. Σημειώνεται πως η μέθοδος, πέρα από την διαγνωστική της αξία, έχει ιδιαίτερη βαρύτητα στην παρακολούθηση της εξέλιξης οφθαλμικών παθήσεων (follow-up) για τυχών αλλαγές στην θεραπευτική αγωγή. Τέλος τονίζεται πως ένα μηχάνημα οπτικής τομογραφίας συνοχής δεν χρησιμοποιεί 'επικίνδυνη' ακτινοβολία. Η εφαρμογή του ακόμα και ανά τακτά χρονικά διαστήματα κρίνεται απολύτως ασφαλής.



Εικόνα 29: Εικόνα από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα με την ειδική εξέταση της οπτικής τομογραφίας συνοχής OCT. (Πηγή: http://c.ymcdn.com/sites/www.opsweb.org/resource/resmgr/op_oct/intro.jpg)



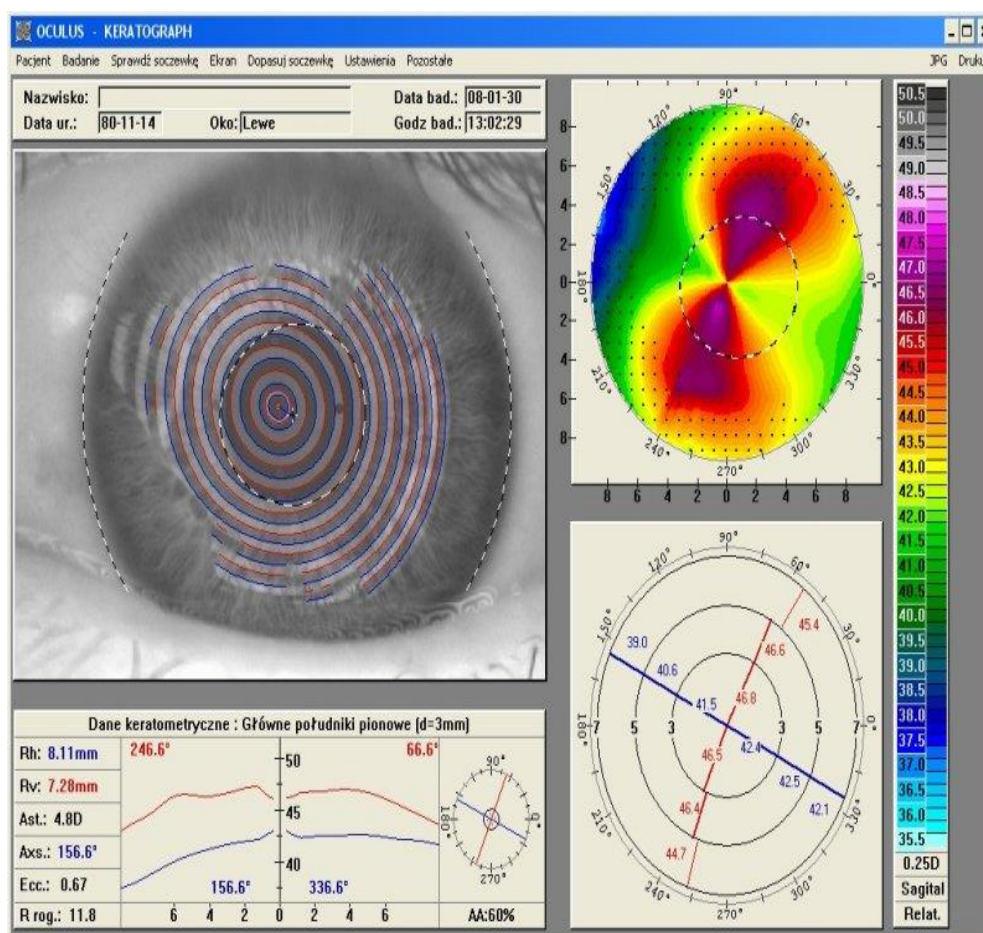
Εικόνα 30: Oct φυσιολοφική και με ηλικιακή εκφύλιση ωχράς. (Πηγή: <http://www.athenseyehospital.gr/articlefiles/papazoglou/oct%20maculacroped2550.jpg>)

1.8 ΚΕΡΑΤΟΜΕΤΡΙΑ

Η κερατομετρία (keratometry) είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της καμπυλότητας του κερατοειδούς (corneal curvature).

Πραγματοποιείται με την βοήθεια μιας συσκευής γνωστή ως κερατόμετρο (keratometer). Δεν απαιτείται ειδική προετοιμασία από την πλευρά του ασθενούς. Η διαδικασία είναι εντελώς ανώδυνη και διευκολύνει σημαντικά τον ασθενή στο να συνεργαστεί.

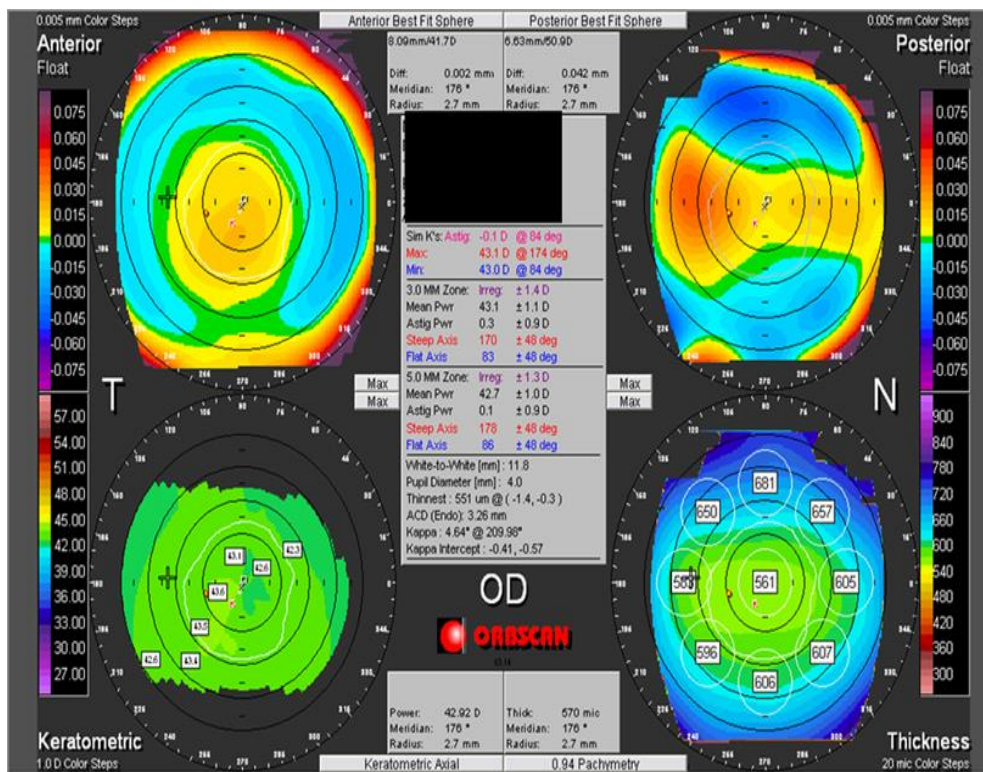
Ένας από τους βασικούς λόγους για την εκτέλεση της εξέτασης της κερατομετρίας είναι ο έλεγχος του κερατοειδικού αστιγματισμού (μια διαθλαστική ανωμαλία που προκαλείται από ανωμαλίες στο σχήμα και την καμπυλότητα του κερατοειδούς). Επίσης εύκολα προσδιορίζεται και ο βαθμός του αστιγματισμού και δίνει πολύ χρήσιμα συμπεράσματα για τα κερατοκωνικά περιστατικά αλλά και για όλους τους διαθλαστικούς ασθενείς.



Εικόνα 31: Αποτελέσματα εξέτασης κερατομετρίας. (Πηγή:

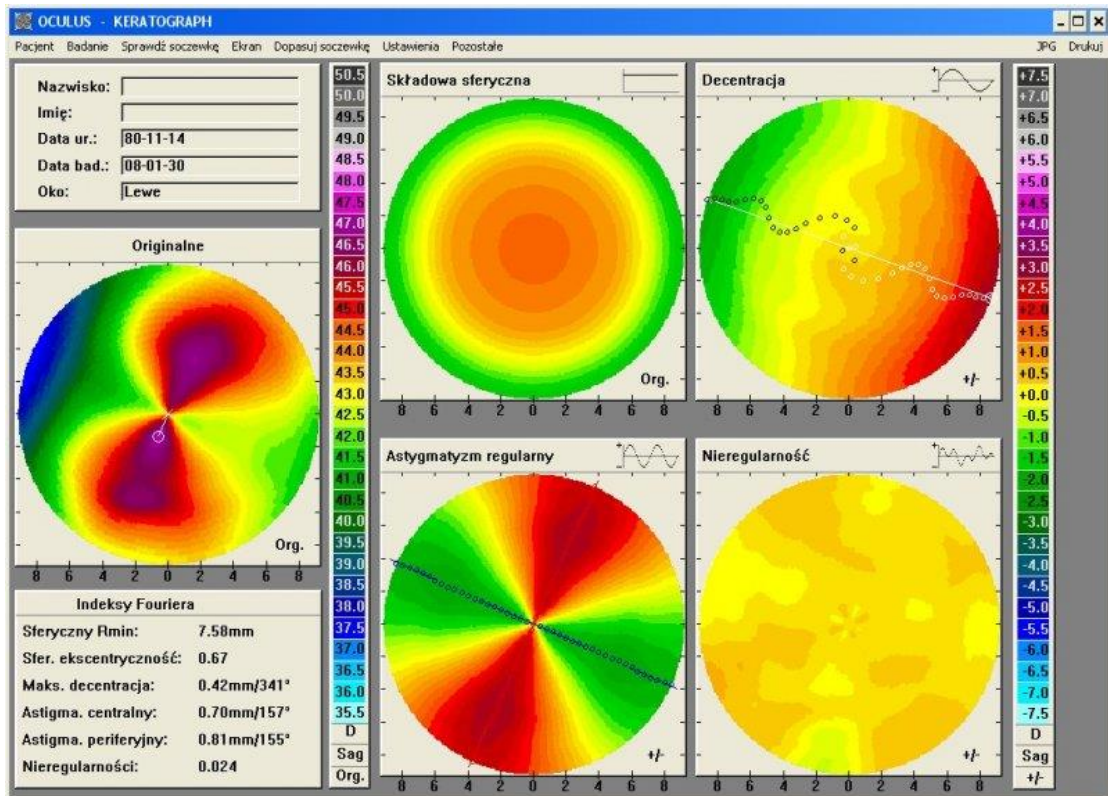
http://www.oculus.pl/upload_dir/131/obrazki/nasza_oferta/topograf_obrazy/widokog.jpg)

- Η διαδικασία έχει ως εξής, ο ασθενής κάθεται μπροστά από ένα ειδικό μηχάνημα που ονομάζεται κερατόμετρο. Κρατώντας τα μάτια ανοιχτά για πολύ λίγα δευτερόλεπτα γίνεται μια σειρά από μετρήσεις του βαθμού της καμπυλότητας του κερατοειδούς χιτώνα (έλεγχος κερατομετρικών τιμών). Οι περισσότεροι σύγχρονοι κερατομετρικοί αναλυτές χρησιμοποιούν οπτικούς αισθητήρες και με βάση ειδικό λογισμικό είναι σε θέση να συγκρίνει τον κερατοειδή του ασθενούς με μια βάση δεδομένων τιμών (πρότυπα - templates).



Εικόνα 32: Αποτελέσματα εξέτασης κερατομετρίας. (Πηγή:

https://www.researchgate.net/profile/Gaurav_Prakash4/publication/221781640/figure/fig3/AS:267556451778560@1440801837120/Figure-1-Orbscan-quad-map-showing-anterior-float-posterior-float-keratometry-and.png)



Εικόνα 33: Εξέταση κερατομετρίας. (Πηγή:

http://www.oculus.pl/upload_dir/131/obrazki/nasza_oferta/topograf_obrazy/furier.jpg)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ι. Πήτας ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ, 4^η έκδοση, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

[BAX94] G.A. Baxes, "Digital Image Processing, Principles & Applications", John Wiley & Sons, 1994.

[BR095] C.W. Brown, B.J. Shepherd, "Graphics file Formats", Manning Publications, 1995.

[BUR07] W. Burger, M.J. Burge, "Digital Image Processing: An Algorithmic Introduction using Java", Gatesmark, 2007.

[BUR09] W. Burger, M.J. Burge, "Principles of Digital Image Processing: Fundamental Techniques", Springer, 2009.

[CAS95] K.R. Castleman, "Digital Image Processing", Prentice Hall, 1995.

[CRA97] R. Crane, "A simplified approach to Image Processing", Prentice Hall, 1997.

[DOU09] G. Dougherty, "Digital Image Processing for Medical Applications", Cambridge, 2009.

[GON07] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, 2007.

[GON09] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins, "Digital Image Processing Using MATLAB", Gatesmark, 2009.

[GOR08] L. O'Gorman, M.J. Sammon, M. Seul, "Practical Algorithms for Image Analysis with CD-ROM", Cambridge, 2008.

[JAH10] B. Jahne, "Digital Image Processing", Springer, 2010.

[JAI89] A.K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice Hall, 1989.

[JEN04] J.R. Jensen, "Introductory Digital Image Processing", Prentice Hall, 2004.

[LE094] C.T. Leondes, "Digital Image Processing, Techniques And Applications", Academic Press, 1994.

- [LE098] C.T. Leondes, "Image Processing and Patern Recognition", Academic Press, 1998.
- [LIN91] C.A. Lindley, "Practical Image Processing in C", Wiley Professional Computing, 1991.
- [NIB86] W. Niblack, "An Introduction to Digital Image Processing", Prentice Hall, 1986.
- [PAR97] J.R.Parker, 'Algorithms for Image Processing and Computer Vision", John Wiley & Sons Inc., 1997.
- [PIT00] I. Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Aplica-tions", Wiley Inter-Science, 2000.
- [PIT90] I. Pitas, A.N. Venetsanopoulos, "Nonlinear digital filters: principles and applications", Kluwer Academic, 1990.
- [PIT93] I. Pitas, "Parallel Algorithms for Digital Image Processing, Computer Vision & Neural Networks, John Wiley & Sons Inc., 1993.
- [PRA07] W.K. Pratt, "Digital image processing, John Wiley & Sons, 2007.
- [RUS06] J.C. Russ, "The Image Processing Handbook", CRC Press, 2006.
- [SCH89] R.J. Schalkof, "Digital image processing and computer vision", John Wiley & Sons Inc., 1989.
- [AND77] H.C. Andrews, B.R. Hunt, "Digital image restoration", Prentice-Hall, 1977.
- [ANG90] E. Angel, "Computer graphics", Addison-Wesley, 1990.
- [BAL82] D.H. Ballard, CM. Brown, "Computer vision", Prentice-Hall, 1982.
- [BAX94] G.A. Baxes, "Digital image processing", Wiley, 1994.
- [BIJ98] A. Bijaoui, F. Murtagh, J.L. Starck, "Image processing and data analysis", Cambridge University, 1998.
- [BR095] C.W. Brown, B.J. Shepherd, "Graphics file format", Manning Publications, 1995.

- [CHA94] N. Chaddha, W.C. Tan, T. Meng, "Color quantization of images based on human vision perception", Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. V, pp. 89-92, Adelaide, Australia 1994.
- [CRA97] R. Crane, "A simplified approach to image processing", Prentice-Hall, 1997.
- [FOL95] J.D. Foley, A. Van Dam, S.K. Feiner, J.F. Hughes, "Computer graphics: Principles and practice", Addison-Wesley, 1995.
- [GON07] R.C. Gonzalez, "Digital image processing", Addison-Wesley, 2007.
- [HAR87] S. Harrington, "Computer graphics: A programming approach", McGraw-Hill, 1987.
- [HEC82] P. Heckbert, "Color image quantization for frame buffer display", Comput. Graph., vol. 16, no. 3, pp. 297-307, July 1982.
- [HOR98] R.E.N. Home, S.J. Sangwine, "The color image processing handbook", Chapman-Hall, 1998.
- [JAI89] A.K. Jain, "Fundamentals of digital image processing", Prentice-Hall, 1989.
- [KAN97] H.R. Kang, "Color technology for electronic imaging devices", SPIE, 1997.
- [KLE96] R. Klette, P. Zamperoni, "Handbook of image processing operators", Wiley, 1996.
- [KOH97] T. Kohonen, "Self-organizing maps", 3rd edition, New York, Springer Verlag, 1997.
- [LEC07] G.W. Lecky-Thompson "Just Enough C/C++ Programming", Thomson Course Technology. 2007.
- [LEV85] M.D. Levine, "Vision in man and machine", McGraw-Hill, 1985.
- [LIN91] C.A. Lindley, "Practical image processing in C", Wiley, 1991.
- [LIN94] T.S. Lin, L.W. Chang, "Greedy tree growing for color image quantization", Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. V, pp. 97-100, Adelaide, Australia, 1994.
- [LOH98] G. Lohnmann, "Volumetric image analysis", Wiley, Teubner, 1998.

- [MIC87] "Microsoft C: Runtime library reference", Microsoft Press, 1987.
- [COR70] T.N. Cornsweet, Visual Perception, Academic Press, New York, 1970.
- [HAR87] S. Harrington, Computer graphics: A programming approach, McGraw-Hill, 1987.
- [HEC82] P. Heckbert, Color image quantization for frame buffer display, Computer Graphics, 16(3):297-307, July 1982.
- [KAN97] H.R. Kang, Color technology for electronic imaging devices, SPIE, Cambridge, MA, 1997.
- [KOH97] T. Kohonen, Self-organizing maps, Springer Verlag, New York, 3rd edition, 1997.
- [LEE90] E.J. Breneman, H.C. Lee, CP. Schutte, Modeling light reflection for computer color vision, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 12(4):402-409, April 1990.
- [NIB86] W. Niblack, Digital image processing, Prentice-Hall, Engle-wood Cliffs, NJ, 1986.
- [ORC90] M. Orchard, C. Bouman, Color quantization of images, IEEE Transactions on Signal Processing, 39(12):2677-2690, December 1990.
- [PAP98] M. Pappas, I. Pitas, Old painting digital color restoration, In Proceedings 1998 NOBLESSE Workshop on Non-Linear Model Based Image Analysis (NMBIA'98), volume 73, pages 36-41, Glasgow, Scotland, July 1998.
- [PIT00] I. Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Applications", Wiley Inter-Science, 2000.
- [PIT96] N. Nikolaidis, R. Yang, I. Pitas, C. Kotropoulos, M. Gabbouj, Order statistics learning vector quantizer, IEEE Transactions on Image Processing, 5(6): 1048-1053, June 1996.
- [PRA91] W.K. Pratt, Digital image processing, John Wiley and Sons, 1991.
- [SITE94] Scientific Imaging Technologies. An introduction to Scientific Imaging Charge-Coupled Devices, Scientific Imaging Technologies, 1994.

[WIT05] P.J. Withagen, F.C.A. Groen, K. Schutte, CCD characterization for a range of color cameras, Proc. Instrumentation and Measurement Technology, IMTC 2005, Ottawa, Canada, 17-19/5/2005.

[WYZ00] G. Wyzecki, W.S. Stiles, "Color science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae", Wiley, 2000.

[COR70] T.N. Cornsweet, Visual Perception, Academic Press, New York, 1970.

[HAR87] S. Harrington, Computer graphics: A programming approach, McGraw-Hill, 1987.

[HEC82] P. Heckbert, Color image quantization for frame buffer display, Computer Graphics, 16(3):297-307, July 1982.

[KAN97] H.R. Kang, Color technology for electronic imaging devices, SPIE, Cambridge, MA, 1997.

[KOH97] T. Kohonen, Self-organizing maps, Springer Verlag, New York, 3rd edition, 1997.

[LEE90] E.J. Breneman, H.C. Lee, CP. Schutte, Modeling light reflection for computer color vision, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 12(4):402-409, April 1990.

[NIB86] W. Niblack, Digital image processing, Prentice-Hall, Engle-wood Cliffs, NJ, 1986.

[ORC90] M. Orchard, C. Bouman, Color quantization of images, IEEE Transactions on Signal Processing, 39(12):2677-2690, December 1990.

[PAP98] M. Pappas, I. Pitas, Old painting digital color restoration, In Proceedings 1998 NOBLESSE Workshop on Non-Linear Model Based Image Analysis (NMBIA'98), volume 73, pages 36-41, Glasgow, Scotland, July 1998.

[PIT00] I. Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Applications", Wiley Inter-Science, 2000.

[PIT96] N. Nikolaidis, R. Yang, I. Pitas, C. Kotropoulos, M. Gabbouj, Order statistics learning vector quantizer, IEEE Transactions on Image Processing, 5(6): 1048-1053, June 1996.

[PRA91] W.K. Pratt, Digital image processing, John Wiley and Sons, 1991.

- [SITE94] Scientific Imaging Technologies. An introduction to Scientific Imaging Charge-Coupled Devices, Scientific Imaging Technologies, 1994.
- [WIT05] P.J. Withagen, F.C.A. Groen, K. Schutte, CCD characterization for a range of color cameras, Proc. Instrumentation and Measurement Technology, IMTC 2005, Ottawa, Canada, 17-19/5/2005.
- [WYZ00] G. Wyzecki, W.S. Stiles, "Color science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae", Wiley, 2000.
- [AND77] H.C. Andrews, B.R.Hunt, "Digital image restoration", Prentice Hall, 1977.
- [ARC89] G.R. Arce, R.E. Foster, "Detail preserving ranked-order based filters for image processing", IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-37, no. 1, pp. 83-98, Jan. 1989.
- [BAL82] D.H.Ballard, C.M.Brown, "Computer Vision", Prentice Hall, 1982.
- [BED84] J.B. Bednar, T.L.Watt, "Alpha-trimmed means and their relationship to the median filters", IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-32, No. 1, pp. 145-153, Feb. 1984.
- [BER87] R. Bernstein, "Adaptive nonlinear filters for simultaneous removal of different kinds of noise in images", IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. CAS-34, no. 11, pp. 1275-1291, Nov. 1987.
- [BOR97] A.G. Bors, W. Puech, I. Pitas, J.M. Chassery, "Perspective Distortion Analysis for Mosaicing Images Painted on Cylindrical Surfaces," IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP'97), Munich, Germany, vol. 4. pp. 3049-3052, 20-24 Apr. 1997.
- [BOR97A] A.G. Bors, W. Puech, I. Pitas, J.M. Chassery, "Mosaic-ing of Flattened Images From Straight Homogeneous Generalized Cylinders," Lecture Notes in Computer Science, vol. 1296, 7th International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns, G. Sommer, K. Daniilidis, J. Pauli (Eds.), Kiel, Germany, pp. 122-129, 1997.
- [BOV83] A.C. Bovik, T.S. Huang, D.C. Munson, "A generalization of median filtering using linear combinations of order statistics". IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-31, No. 6, pp. 1342-1349, Dec. 1983.
- [BOV86] A.C. Bovik, T.S. Huang, D.C. Munson, "Nonparametric tests for edge detection in noise", Pattern Recognition, vol.19. no.3, pp.209-219, 1986.

- [DAV81] H.A. David, "Order Statistics", J.Wiley, 1981.
- [DIN87] R. Ding, A.N. Venetsanopoulos, "Generalized homomorphic and adaptive order statistic filters for the removal of impulsive and signal-dependent noise", IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. CAS-34, no.8, pp.948-955, Aug. 1987.
- [DUD84] D.E. Dudgeon, R.M. Mersereau, "Multidimensional digital signal processing", Prentice Hall, 1984.
- [FOL95] J.D. Foley, A. van Dam, S.K. Feiner, J.F. Hughes, "Computer graphics: Principles and practice", Addison-Wesley, 1995.
- [GIA98] I. Giakoumis, I. Pitas, "Digital restoration of painting cracks," Proc. IEEE Intl. Symp. on Circuits and Systems (ISCAS98), pp. 357, 1998.
- [GON07] R.C. Gonzalez, "Digital image processing", Addison-Wesley, 2007.
- [HAJ67] J. Hajek, Z. Sidak, "Theory of rank tests", Academic Press, 1967.
- [HAM86] F. Hampel, E. Ronchetti, P. Rousseeuw, W. Stahel, "Robust Statistics: An Approach Based on Influence Functions", J. Wiley, 1986.
- [HEY82] G. Heygster, "Rank filters in digital image processing", Computer Vision, Graphics and Image Processing, vol. 19, pp. 148-164, 1982.
- [HOR93] E. Horowitz, S. Sahni, "Fundamentals of computer algorithms", Computer Science Press, 1993.
- [HUA79] T.S. Huang, G.J. Yang, G.Y. Tang "A fast two-dimensional median filtering algorithm", IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-27, No.1, pp. 13-18, Feb. 1979.
- [JAI89] A.K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice Hall, 1989.
- [JAY84] N.S. Jayant, P. Noll, "Digital coding of waveforms", Prentice Hall, 1984.
- [JUS81] B.I. Justusson, "Median filtering: statistical properties in Two-dimensional digital signal processing II", T.S. Huang editor, Springer Verlag, 1981.
- [KNU98] D.E. Knuth, "The art of computer programming", vol. 3, Addison-Wesley, 1998.
- [KOF96] E. Kofidis, S. Theodoridis, C. Kotropoulos, I. Pitas, "Nonlinear adaptive filters for speckle suppression in ultrasonic images" Signal Processing, vol. 52, no. 3, pp. 357-372, August 1996.
- [KOT92SP] C. Kotropoulos, I. Pitas, "Constrained LMS adaptive L-filter" Signal Processing, vol. 26, no. 3, pp. 335-358, March 1992.

[KOT92UI] C. Kotropoulos, I. Pitas, "Optimum nonlinear signal detection and estimation in the presence of ultrasonic speckle," Ultrasonic Imaging, vol. 14, no. 3, pp. 249-275, July 1992.

[KOT94CDS] C. Kotropoulos I. Pitas, "Adaptive nonlinear filters for digital signal/image processing, in Control and Dynamic Systems" (Prof. C.T. Leondes, ed.), vol. 67, pp. 263-318, Academic Press. 1994.

[KOT94TIP] C. Kotropoulos, X. Magnisalis, I. Pitas, M.G. Strintzis. "Nonlinear ultrasonic image processing based on signal-adaptive filters and self-organizing neural networks," IEEE Trans, on Image Processing, vol. 3, no. 1, pp. 65-77, January 1994.

[KOT94TSP] C. Kotropoulos, I. Pitas, "Multichannel L-filters based on marginal data ordering," IEEE Trans, on Signal Processing, vol. 42, no. 10, pp. 2581-2595, October 1994.

[KOT96TIP] C. Kotropoulos, I. Pitas, "Adaptive LMS L-filters for noise suppression in images," IEEE Trans, on Image Processing, vol. 5, no. 12, pp. 1596-1609, December 1996.

[KOT99] C. Kotropoulos, M. Pappas, I. Pitas, "Nonlinear mean filters and their application in image filtering and edge detection", Nonlinear Image Processing (S. Mitra and G. Sicuranza, Eds.). Academic Press, 2000.

[LEE80] J.S. Lee, "Digital image enhancement and noise filtering by local statistics", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence , vol. PAMI-2, no. 2, pp. 165-168, March 1980.

[LEV85] M.D.Levine, "Vision in Man and Machine", McGraw-Hill. 1985.

[LIM90] J.S. Lim, "Two-dimensional signal and image processing", Prentice Hall, 1990.

[MAR72] K.V. Mardia, "Statistics of directional data", Academic Press, 1972.

[MAR87] S.L. Marple, "Digital Spectral Analysis", Prentice Hall, 1987.

[NAR81] P.M. Narendra, "A separable median filter for image noise s-smoothing", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-3, No. 1, pp. 20-29, Jan. 1981.

[OPE89] A. Oppenheim, R.W. Schafer, "Discrete-time signal processing", Prentice Hall, 1989.

[PAP02] A. Papoulis, S.U. Pillai, "Probability, Random Variables and Stochastic Processes", 4th edition, McGraw Hill, 2002.

- [PER90] P. Perona, J. Malik, "Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion," IEEE Trans, on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 12, no. 7, pp. 629-639, July 1990.
- [PIT00] I. Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Applications", Wiley Inter-Science, 2000.
- [PIT86ASSP] I. Pitas, A.N. Venetsanopoulos, "Nonlinear mean filter in image processing", IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-34, pp. 573-584, June 1986.
- [PIT86PAMI] I. Pitas, A.N. Venetsanopoulos, "Edge detectors based on nonlinear filters", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-8, pp. 538-560, June 1986.
- [PIT86SP] I. Pitas, A.N. Venetsanopoulos, "Nonlinear order statistic filter for image filtering and edge detection", Signal Processing, vol. 10, pp.395-413, June 1986.
- [PIT88] I. Pitas, A.N. Venetsanopoulos, "A new filter structure for the implementation of certain classes of image operations", IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. CAS-35, No. 6, pp. 636-647, June 1988.
- [PIT89] I. Pitas, "Fast algorithms for running ordering and max/min calculation", IEEE Transactions on Circuits and Systems , vol. CAS-36, No. 6, pp. 795-804, June 1989.
- [PIT90] I.Pitas, A.N.Venetsanopoulos, "Nonlinear digital filters: principles and applications", Kluwer Academic, 1990.
- [PRA01] W.K. Pratt, "Digital image processing", Third Edition J. Wiley, 2001.
- [PRES88] A. Restrepo, A.C. Bovik, "Adaptive trimmed mean filters for image restoration", IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-36, no.8, pp. 1326-1337, 1988.
- [SCH89] R.J. Schalkof, "Digital image processing and computer vision", J. Wiley, 1989.
- [SCH81] R.W. Schafer, R.M. Mersereau, M.A. Richards, "Constrained iterative restoration algorithms", Proc. IEEE, vol. 69, pp. 432-450, Apr. 1981.
- [SER82] J. Serra, "Image Analysis and Mathematical Morphology". Academic Press, 1982.
- [SER88] J. Serra (editor), "Image analysis and mathematical morphology: theoretical advances", vol. 2, Academic Press, 1988.
- [TSEK98] S. Tsekeridou, C. Kotropoulos and I. Pitas, 'Adaptive order statistic filters for the removal of noise from corrupted images," SPIE Optical Engineering Journal, vol. 37, no. 10, pp. 2798-2816. October 1998.

[TUK77] J. W. Tukey, "Exploratory data analysis", Addison-Wesley. 1970, 1977.

[ULI87] R.Ulichney, "Digital halftoning", MIT Press, 1987.

[AND77] H.C. Andrews, B.R. Hunt, "Digital image restoration", Prentice Hall, 1977.

[JAI89] A.K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice Hall, 1989.

[LEE80] T.S. Lee, "Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 165-168, March 1980

[LIM90] J.S. Lim, "Two-dimensional signal and image processing", Prentice Hall, 1990.

[MAR87] S.L. Marple, "Digital Spectral Analysis", Prentice Hall, 1987.

[PIT00] I. Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Applications", Wiley Inter-Science, 2000.

[PRA91] W.K. Pratt, "Digital image processing", J. Wiley, 1991.

[SCH81] R.W. Schafer, R.M. Mersereau, M.A. Richards, "Constrained iterative restoration algorithms", Proc. IEEE, vol. 69, pp. 432-450, Apr. 1981.

[AHM75] N. Ahmed, K.R. Rao, "Orthogonal transforms for digital signal processing, Springer Verlag, 1975.

[BAL98] I. Balasingham, M. Adams, T. Ramstad, F. Kossentini, H. Coward, A. Perkis, G. Oien, "Performance Evaluation of Different Filter Banks in the JPEG-2000 Baseline System", IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP'98), vol. 2, pp. 569-573, 4-7 Oct. 1998.

[CHA99] M. Charrier, D.S. Cruz, M. Larsson, "JPEG2000, the Next Millennium Compression Standard for Still Images", IEEE Int. Conf. on Multimedia Computing and Systems (ICMCS'99), vol. 1. pp. 131-132, 7-11 June 1999.

- [CLA85] R.J. Clark, "Transform coding of images", Academic Press, 1985.
- [GALL68] R.G. Gallagher, "Information theory and reliable communications", J. Wiley, 1968.
- [HOR93] E. Horowitz, S. Sahni, "Fundamentals of computer algorithms", Computer Science Press, 1993.
- [IS098] I. Balasingham, T. Ramstad, A. Perkis, G. Oien, "Performance of Different Filter Banks and Wavelet Transforms". ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N740, March 1998.
- [IS099] T. Ebrahimi (editor), "JPEG2000 Requirements and Profiles, version 6.0", ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1385, July 1999.
- [JAI89] A.K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall, 1989.
- [JAY84] N.S. Jayant, P. Noll, "Digital coding of waveforms, Prentice Hall, 1984.
- [JPE91] "Working draft for the development of JPEG", CCITT, 1991.
- [KNU98] D.E. Knuth, "The art of computer programming", vol. 3J Addison-Wesley, 1998.
- [KON95] K. Konstantinides, V. Bhaskaran, "Image and video compression standards", Kluwer Academic, 1995.
- [LIM90] J.S. Lim, "Two-dimensional signal and image processing", Prentice Hall, 1990.
- [NET88] A.N. Netravali, B.G. Haskell, "Digital pictures: representation and Compression", Plenum Press, 1988.
- [PIT00] I. Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Applications", Wiley Inter-Science, 2000.
- [RAO90] K.R. Rao, P. Yip, "Discrete Cosine Transform: algorithm advantages, applications", Academic Press, 1990.
- [RIM90] S. Rimmer, "Bit-mapped graphics", Windcrest, 1990.
- [TIF88] "TIFF5.0: Aldus/Microsoft technical memorandum". 1988
- [WEL84] T.A. Welch, "A technique for high performance data compression", IEEE Computer, vol.17, no.6, June 1984.

- [AMM87] L. Ammerdaal, "Programs and data structures in C", J.Wiley, 1987.
- [BAL82] D.H. Ballard, CM. Brown, "Computer Vision", Prentice Hall, 1982.
- [BEL62] R.E. Bellman, S. Dreyfus, "Applied dynamic programming, Princeton University Press, 1962.
- [CHA97] V. Chatzis, I. Pitas, "*Fuzzy Cell Hough Transform for Curve Detection*", Pattern Recognition, Elsevier, vol. 30, pp. 2031-2042, 1997.
- [DAV81] H.A. David, "*Order Statistics*", J.Wiley, 1981.
- [GON07] R.C. Gonzalez, "*Digital image processing*", Addison-Wesley, 2007.
- [LIM90] J.S. Lim, "*Two-dimensional signal and image processing*", Prentice Hall, 1980.
- [HAR73] M. Haralick, K. Shanmugan, "*Computer classification of reservoir sandstones*", IEEE Transactions on Geoscience Electronics, vol. GE-11, No.4, pp.171-177, Oct.1973.
- [HAR75] R.M. Haralick, I. Dinstein, "*A spatial clustering procedure for multiimage data*", IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol.CAS-22, no.5, pp.440-450, May 1975.
- [JAI89] A.K. Jain, "*Fundamentals of Digital Image Processing*". Prentice Hall, 1989.
- [LEV85] M.D. Levine, "*Vision in Man and Machine*", McGraw-Hill. 1985.
- [MAR72] A. Martelli, "*Edge detection using heuristic search methods*", Computer graphics and Image processing, vol.1, No.2. pp.169-182, Aug. 1982.
- [NIK98] N. Nikolaidis, I. Pitas, "*Nonlinear processing and analysis of angular signals*", IEEE Trans, on Signal Processing, vol. 46, no. 12, pp. 3181-3194, December 1998.
- [NIL80] N.J. Nilson, "*Principles of artificial intelligence*", Tioga. 1980.
- [PIT00] I. Pitas, "*Digital Image Processing Algorithms and Applications*", Wiley Inter-Science, 2000.

[PIT87] I. Pitas, A.N. Venetsanopoulos, "Edge detectors based m order statistics", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8, no.4, pp.538-552 July 1986.

[PIT90] I. Pitas, A.N. Venetsanopoulos, "Nonlinear digital filter principles and applications", Kluwer Academic, 1990.

[SCH89] R.J. Schalkof, "Digital image processing and computer vision", J. Wiley, 1989.

[BAL82] D.H. Ballard, C.M. Brown, "Computer Vision", Prentice Hall, 1982.

[BOR99] A.G. Bors, I. Pitas, "Object Classification in 3-D Images Using Alpha-Trimmed Mean Radial Basis Function Network", IEEE Trans, on Image Processing, vol. 8, no. 12, pp. 1744-1756, Dec. 1999.

[BRY90] A. Bryant, J. Bryant, "Following boundaries of discrete binary objects in space", Pattern Recognition, vol. 23, no. 6. pp. 547-552, 1990.

[CYP89] R. Cypher, J.L.C. Sanz, "SIMD architectures and algorithms for image processing and computer vision", IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-37, No. 12. pp. 2158-2173, Dec. 1989.

[CH072] C.K. Chow, T. Kaneko, "Automatic boundary detection of the left ventricle from cineangiograms", Computers and biomedical research, vol. 5, no. 4, pp. 388-410, Aug. 1972.

[GAL75] M.M. Galloway, "Texture classification using gray level run lengths", Computer Graphics and Image Processing, vol. 4, No. 2, pp. 172-179, June 1975.

[GON07] R.C. Gonzalez, "Digital image processing", Addison-Wesley. 2007.

[HAR79] R.M. Haralick, "Statistical and structural approaches to texture", Proceedings of the IEEE, vol. 67, No. 5, pp. 786-804, May 1979.

[HOR74] S.L. Horowitz, T. Pavlidis, "Picture segmentation by a directed split-and-merge procedure", Proc. 2nd Int. Joint Conf. Pattern Recognition, pp. 424-433, 1974.

[JAI89] A.K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice Hall, 1989.

[KOT93CAIP] C. Kotropoulos, I. Pitas, "A variant of learning vector quantizer based on split-merge statistical tests", Lecture Notes in Computer Science:

- Computer Analysis of Images and *Patterns* (D. Chetverikov, and W.G. Kropatsch, Eds.), pp. 822-829, Springer Verlag, 1993.
- [KOT98JCM] C. Kotropoulos, N. Nikolaidis, A. Bors, I. Pitas, "Robust and adaptive training techniques in self-organizing neural networks", *Int. Journal of Computer Mathematics*, vol. 67. *p-/p*. 183-200, 1998.
- [LEV72] S. Levialdi, "On shrinking binary input patterns", *Communications ACM*, vol. 15, No. 1, pp. 7-10, 1972.
- [LEV81] M.D. Levine, S.L. Shaheen, "A modular computer vision system for picture segmentation and interpretation", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-3. No. 5, pp. 540-558, Sept. 1981.
- [LEV85] M.D. Levine, "Vision in Man and Machine", McGraw-Hill, 1985.
- [LIM90] J.S. Lim, "Two-dimensional signal and image processing", Prentice Hall, 1980.
- [NAG73] R.N. Nagel, A. Rosenfeld, "Steps towards handwritten character verification", *Proc. 1st Int. Joint Conf. on Pattern Recognition*, pp. 55-66, 1979.
- [NAG80] P.A. Nagin, B. Schwartz, "Approaches to image analysis of the optic disc", *Proc. 5th Int. Conf. Pattern Recognition*, pp. 948-956, 1980.
- [NAS80] D. Nassimi, S. Sahni, "Finding connected components and connected ones in on a mesh connected parallel computer", *SIAM Journal of Computation*, vol. 9, No. 4, pp. 744-757, 1980.
- [PEL80] S. Peleg, A. Rosenfeld, "Determining compatibility coefficients for curve enhancement relaxation processes", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. SMC-8, No. 7, pp. 548-555, July 1973.
- [PIT00] I. Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Applications", Wiley Inter-Science, 2000.
- [PIT90] I. Pitas, A.N. Venetsanopoulos, "Nonlinear digital filters: principles and applications", Kluwer Academic, 1990.
- [PIT92PR] I. Pitas, C. Kotropoulos, "A texture-based approach to the segmentation of seismic images", *Pattern Recognition*, **vol.** 25, no. 9, pp. 929-945, 1992.
- [PIT94CDS] I. Pitas, C. Kotropoulos, A.N. Venetsanopoulos, "Knowledge-based signal/image processing for geophysical interpretation", *Control and Dynamic Systems* (Prof. C.T. Leondes, ed.), vol. 77, pp. 1-48, Academic Press, 1996.
- [PIT96TIP] I. Pitas, C. Kotropoulos, N. Nikolaidis, R. Yang, M. Gabbouj, "Order Statistics Learning Vector Quantizer", *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 5, no. 6, pp. 1048-1053, 1996.

[ROS76] A. Rosenfeld, R.A. Hummel, S.W. Zucker, "Scene labeling by relaxation operators", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. SMC-6, No. 6, pp. 420-533, June 1976.

[ROS83] A. Rosenfeld, "Parallel image processing using cellular arrays", IEEE Computer, pp. 14-20, Jan. 1983.

[SAM90] H. Sammet, "The design and analysis of spatial data structures", Addison-Wesley, 1990.

[VIN91] L. Vincent, P. Soille, "Watershed in Digital Spaces: An Efficient Based on Immersion Simulations", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intel., vol. 13, no. 6. pp. 583-598, June 1991.

[WAH87] F.M. Wahl, "Digital image signal processing", Artech, 1987.

[WES76] J.S. Westa, C.R. Dyer, A. Rosenfeld, "A comparative study of texture measure for terrain classification", IEEE Transactions on Systems Man And Cybernetics, vol. SMC-6, No. 4 pp. 369-285, Apr. 1976.

ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΥΚΤΙΟΥ

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%8C%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AE_%CE%BD%CE%BF%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B7

http://www.moh.gov.cy/moh/cbh/cbh.nsf/page20_gr/page20_gr?OpenDocument

http://ec.europa.eu/health/ehealth/policy/index_el.htm

<http://www.opthalmica.gr/el/>

<http://www.ofthalmologikokentro.gr/ofthalmologiko-kentro-technologikos-exoplismos.php>

<http://www.athensvision.gr/%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CE%B5%CE%BE%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82/>

<https://iwannakop.wordpress.com/>