



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων**



Πτυχιακή εργασία

**Τίτλος: ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DICOM ΚΑΙ Η
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ**

Τιμωτεράκη Σταυρούλα (ΑΜ: 2150)

Επιβλέπων καθηγητής : Τριανταφυλλίδης Γεώργιος

Ημερομηνία παρουσίασης: 18/10/2011

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή και εισηγητή της πτυχιακής εργασίας μου Phd. Τριανταφυλλίδη Γεώργιο, για την ευκαιρία που μου έδωσε, κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, να ασχοληθώ ιδιαίτερα με τον χώρο της ιατρικής πληροφορικής και την ανάλυση και επεξεργασία των ιατρικών εικόνων δίνοντάς μου τις απαραίτητες γνώσεις, το έναυσμα και την εμπειρία για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας μου.

Για την πολύτιμη στήριξη και βοήθειά τους θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τους Τεχνολόγους του τμήματος Αξονικού Τομογράφου και το προσωπικό του τμήματος Πληροφορικής του Βενιζελείου Νοσοκομείου Ηρακλείου, που στάθηκαν δίπλα μου δίνοντας απαντήσεις σε όλες τις απορίες μου και που συνεργάστηκαν μαζί μου κατά τη διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης εκεί, προσφέροντάς μου περαιτέρω γνώσεις και εμπειρίες στο θεματικό αντικείμενο της Ιατρικής Πληροφορικής.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την στήριξη και κατανόησή τους στο λιγοστό χρόνο που τους αφιέρωσα όντας εργαζόμενη και φοιτήτρια αλλά και για τις συμβουλές και την ανοχή τους.

Περίληψη

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση του προτύπου DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) και πως αυτό χρησιμοποιείται στην ιατρική πρακτική, καθώς επίσης και η δημιουργία και υλοποίηση μιας Γραφικής Διεπαφής μέσω της οποίας ο χρήστης αυτής μπορεί να επεξεργαστεί μια ψηφιακή ιατρική εικόνα.

Στο πρώτο μέρος, που αποτελεί τη θεωρητική προσέγγιση, γίνεται αναφορά στον κλάδο της Ιατρικής Πληροφορικής, αφού μέσα σε αυτόν εμπεριέχεται και η αποθήκευση, μετάδοση και επεξεργασία μίας ψηφιακής ιατρικής εικόνας μέσω του προτύπου DICOM. Ακόμη, παρουσιάζονται οι μέθοδοι της Ιατρικής Απεικόνισης και τα απεικονιστικά συστήματα, από τα οποία εξάγονται οι ψηφιακές ιατρικές εικόνες, αλλά και τα είδη των εικόνων που υπάρχουν, ενώ αναλύονται οι βασικές αρχές επεξεργασίας, στις οποίες μπορεί να υποβληθεί κάθε εικόνα που προέρχεται από τα απεικονιστικά συστήματα.

Στη συνέχεια, γίνεται εκτενής αναφορά στο πρότυπο DICOM, αφού αυτό αποτελεί το βασικό στοιχείο για τη δημιουργία και τη μετάδοση κάθε ψηφιακής ιατρικής εικόνας. Αναπτύσσονται η δομή του προτύπου, η λειτουργία του και πως αυτό συνδέεται με άλλα συστήματα που βρίσκονται μέσα σε ένα κλινικό περιβάλλον (HIS, RIS, PACS).

Στο δεύτερο μέρος, που αποτελεί το πρακτικό μέρος, παρουσιάζονται κάποιοι DICOM Viewers, μέσα από τους οποίους μπορούν να προβληθούν οι ιατρικές εικόνες τύπου DICOM αλλά και οι επεξεργασίες που υποβάλλονται σε αυτές μέσα από τους συγκεκριμένους DICOM Viewers. Ακόμη, γίνεται ανάλυση της προσωπικής έρευνας που έγινε στο τμήμα του Αξονικού Τομογράφου του Βενιζελείου Νοσοκομείου Ηρακλείου και προβάλλεται η βασική επεξεργασία των εικόνων αξονικών τομογραφιών που γίνεται από τους Τεχνολόγους του τμήματος.

Τέλος, δίνεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μίας Γραφικής Διεπαφής Χρήστη, η οποία δημιουργήθηκε σε περιβάλλον MATLAB για προβολή και επεξεργασία ιατρικών εικόνων, και παρουσιάζεται η λειτουργία της βασισμένη στις βασικές αρχές επεξεργασίας ιατρικών εικόνων.

Abstract

The aim of this thesis is the analysis of DICOM standard (Digital Imaging and Communication in Medicine) and its application in medical practice and also, the creation and implementation of a Graphical User Interface through which the user can process a digital medical image.

The first part, which is the theoretical approach, is referred to the field of Medical Informatics; since it contains the storage, the transmission and the process of a digital medical image using DICOM. Also, the methods of Medical Imaging are presented and the imaging systems that produce digital medical images, and the types of the images that exist, while the basic principles of image processing are analyzed, in which each image from the imaging systems may be submitted.

Then, there is an extensive reference to DICOM, since this is the key of the creation and transmission of all digital medical images. The structure and the function of this model are being developed and how it can be associated to other systems located in a clinical environment (HIS, RIS, PACS).

The second part, which is the practical part, some DICOM Viewers are presented, through which DICOM medical images can be viewed, and also, the processes that are included to them, through these DICOM Viewers. Furthermore, an analysis of a personal research that took place in the CT's section of Venizeleio Hospital of Heraklion, and the basic image processing of CT images, which is done by the technologists of the department is being presented.

Finally, the design and the implementation of a Graphical User Interface is given, which was created in a MATLAB environment for viewing and processing of medical images and its operation based on the principles of medical image processing is being presented.

Περιεχόμενα

Πίνακας Περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ABSTRACT	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	viii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	xi
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: Η ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ	
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ, ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ	2
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	3
1.3 ΟΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΙΠ	4
1.4 Η ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	6
1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: Η ΙΑΤΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ	11
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	14
2.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ (ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ)	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΙΑΤΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	21
3.2 ΕΙΔΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ	22
3.3 ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	24
3.3.1 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ	25
3.3.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ	27
3.3.2.1 ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ-ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ	27
3.3.2.2 ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ (IMAGE SEGMENTATION)	28
3.3.2.3 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΚΜΩΝ	29
3.3.2.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ (THRESHOLDING)	30
3.3.2.5 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	31
3.3.2.6 ΕΝΕΡΓΑ ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑΤΑ	32
3.3.2.7 ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	32
3.3.3 ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ	33
3.3.4 ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	34
3.4 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΚΑΙ ΒΙΝΤΕΟ	35
3.4.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DICOM	
4.1 ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ PACS	41
4.2 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DICOM	43
4.2.1 ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	44
4.2.2 ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ	45
4.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	45
4.4 ΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ DICOM	48
4.5 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ DICOM	49
4.6 Η ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ DICOM	53
4.7 ΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ DICOM (DICOM-ΣΥΜ ή DIMSE)	54

4.8 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ DICOM-ΚΛΑΣΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ DICOM	56
4.8.1 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΞΑΚΡΙΒΩΣΗΣ (VERIFICATION SERVICE)	56
4.8.2 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ (STORAGE SERVICE)	56
4.8.3 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΡΩΤΗΣΗΣ/ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ (QUERY/RETRIEVE SERVICE)	57
4.8.4 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ (PRINT SERVICE)	58
4.8.5 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΘΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ (PATIENT AND STUDY MANAGEMENT SERVICES)	58
4.8.6 ΛΙΣΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ (MODALITY WORKLIST)	59
4.9 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ DICOM	60
4.10 DICOM & HL7	62
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ DICOM ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ	
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	66
5.2 ΒΑΣΙΚΟ ΚΛΙΝΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΒΕΝΙΖΕΛΕΙΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	67
5.2.1 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ MXLite DICOM Viewer	73
5.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ E-FILM WORKSTATION	79
5.4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ AmbiVU WORKSTATION	86
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΧΡΗΣΤΗ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΑΤLAB	
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	101
6.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΡΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ	101
6.3 ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΧΡΗΣΤΗ	115
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ	
7.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	126
7.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ	128
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	 129

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1 1 Η επιστημονική περιοχή της ιατρικής πληροφορικής	2
Εικόνα 1 2 Η δράση της Ευρωπαϊκής κοινότητας Ιατρικής Πληροφορικής	4
Εικόνα 1 3 Λογότυπο του σχεδίου δράσης eEurope 2005	5
Εικόνα 1 4 Λογότυπο Ψηφιακής Σύγκλισης	7
Εικόνα 1 5 Λογότυπο έργου ΣΥΖΕΥΞΙΣ	7
Εικόνα 2 1 Ένα εννοιολογικό διάγραμμα της ιατρικής διαδικασίας απεικόνισης για διάγνωση, αξιολόγηση θεραπεία και ερευνητικές εφαρμογές	12
Εικόνα 2 2 Γενικό μοντέλο ολοκληρωμένου συστήματος με επεμβατική απεικόνιση και ανακατασκευή εικόνας	14
Εικόνα 2 3 Ένα από τα πρώτα συστήματα ακτινογραφιών	14
Εικόνα 2 4 Αξονικός τομογράφος εγκεφάλου 1974	16
Εικόνα 2 5 Υπολογιστικά συστήματα ακτινογραφίας και ακτινοσκόπησης	17
Εικόνα 2 6 Αξονικός τομογράφος	17
Εικόνα 2 7 γ -camera μεταβλητής γωνίας	18
Εικόνα 2 8 PET scanner	18
Εικόνα 2 9 Μαγνητικός Τομογράφος	19
Εικόνα 2 10 Ενδοσκοπικό σύστημα Χιον	19
Εικόνα 3 1 Παραδείγματα 2D ιατρικών δεδομένων (α) Ακτινογραφία θώρακα.(β) Υπερηχοτομογραφία καρωτίδας (αθηρωματική πλάκα).(γ) Υπολογιστική τομογραφία άνω κοιλίας (ηπαττοκυταρικός καρκίνος).(δ) Μαγνητική τομογραφία(εγκέφαλος)	23
Εικόνα 3 2 Τομές από εξέταση τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (εγκέφαλος)	23
Εικόνα 3 3 Παραδείγματα πολυδιάστατων ιατρικών δεδομένων α) ανακατασκευή εξωτερικής επιφάνειας κεφαλιού από δεδομένα υπολογιστικής τομογραφίας (3D) (β) Στιγμιότυπο από δυναμική τομογραφική μελέτη καρδιάς (4D) (γ) Κατανομή ηλεκτρικού πεδίου στο ανθρώπινο κεφάλι (4D) (δ) Στιγμιότυπο από δυναμική τομογραφική μελέτη καρδιάς με κωδικοποίηση της συσταλτικότητας του μυοκαρδίου (5D)	23
Εικόνα 3 4 Τυπικό σύστημα διαδικασιών επεξεργασίας ιατρικών εικόνων	24
Εικόνα 3 5 Εφαρμογή φίλτρων μέσου όρου και ενδιάμεσης τιμής με χρήση παραθύρου 3 x 3 σε εικόνα υπολογιστικής τομογραφίας άνω κοιλίας. (α)CT, (β)φίλτρο μέσου όρου, (γ)φίλτρο ενδιάμεσης τιμής, (δ)επαναληπτική εφαρμογή φίλτρου μέσου όρου, (ε) επαναληπτική εφαρμογή φίλτρου ενδιάμεσης τιμής	26
Εικόνα 3 6 Εξισορρόπηση ιστογράμματος σε περιοχή ενδιαφέροντος από υπερηχοτομογράφημα καρωτίδας που αντιστοιχεί σε αθηρωματική πλάκα. (α) αρχική εικόνα και αντίστοιχο ιστόγραμμα (β) εικόνα μετά από εξισορρόπηση ιστογράμματος και αντίστοιχο ιστόγραμμα	28
Εικόνα 3 7 Είδη ακμών (α) απότομη, (β) ομαλή, (γ) κορυφής και Είδη ακμών σε υπολογιστική τομογραφία εγκεφάλου	29
Εικόνα 3 8 Ανίχνευση περιγραμμάτων από υπολογιστική τομογραφία άνω κοιλίας (α), με χρήση του τελεστή κλίσης (β)	30
Εικόνα 3 9 (α) Αρχική Μαστογραφία. (β) Αντίστοιχο ιστόγραμμα (γ) Απλή κατωφλίωση, T=14. (δ) Απλή κατωφλίωση, T = 188. (ε) Διπλή κατωφλίωση, T1=14, T2 = 188	30
Εικόνα 3 10 (α) Αρχική τομή. (β) το αποτέλεσμα από την εφαρμογή του αλγορίθμου ανάπτυξης περιοχών στο ήπαρ και (γ) διαφορά των δύο εικόνων, όπου έχει απομονωθεί το ήπαρ	31
Εικόνα 3 11 Τμηματοποίηση καρδιακής κοιλίας με χρήση ενεργού περιγράμματος (α) Αρχικοποίηση (β) Ενδιάμεσο αποτέλεσμα (γ) Τελικό αποτέλεσμα	32
Εικόνα 3 12 Τμηματοποίησης αριστερής καρδιακής κοιλίας με χρήση του αλγορίθμου KM και εξαγωγή του μοντέλου της επιφάνειας του ενδοκαρδίου. Υπέρθωση του περιγράμματος στις αντίστοιχες τομές φυσιολογικής ((α), (γ)) και παθολογικής ((β), (δ)) εξέτασης κατά την τελοδιαστολική ((α), (β)) και τελοσυστολική ((γ), (δ)) φάση	33
Εικόνα 3 13 Εφαρμογή παρεμβολής χρωματικών πυκνοτήτων σε τομές υπολογιστικής τομογραφίας	

άνω κοιλίας. (α) Αρχική τομή. (β) Παρεμβαλλόμενη τομή. (γ) Τελική τομή	34
Εικόνα 3 14 Εικονικός εξομοιωτής σχεδιασμού πλάνου ακτινοθεραπείας. (α) Περιβάλλον ορισμού ανατομικών δομών ενδιαφέροντος (β) Περιβάλλον τοποθέτησης εξωτερικών δεσμών ακτινοβολήσης (γ) Τρισδιάστατη εποπτεία εξωτερικών δεσμών σε σχέση με ανατομικές δομές ενδιαφέροντος	35
Εικόνα 4 1 Ένα σύστημα PACS	42
Εικόνα 4 2 Εμβέλεια του DICOM στην ιατρική πληροφορική	44
Εικόνα 4 3 Σχέσεις του DICOM με άλλα διεθνή πρότυπα και οργανισμούς	47
Εικόνα 4 4 Συσχέτιση των τμημάτων του προτύπου	49
Εικόνα 4 5 Παράδειγμα ρόλων SCU-SCP	50
Εικόνα 4 6 Κωδικοποιήσεις Big και Little Endian	50
Εικόνα 4 7 Σχέσεις IOD και χαρακτηριστικά (attribute)	51
Εικόνα 4 8 Παράδειγμα IOD (composite IOD) εικόνας	51
Εικόνα 4 9 Παραδείγματα explicit και implicit VR	52
Εικόνα 4 10 Στιγμιότυπο SOP	53
Εικόνα 4 11 Η δομή ενός αρχείου DICOM και η δομή του header του αρχείου	53
Εικόνα 4 12 Verification Service	56
Εικόνα 4 13 Συναλλαγή C-STORE	57
Εικόνα 4 14 DICOM Roots	57
Εικόνα 4 15 DICOM Print service	58
Εικόνα 4 16 Modality Worklist	60
Εικόνα 4 17 Μεταφορά μηνύματος με χρήση ψηφιακής υπογραφής	61
Εικόνα 4 18 OSI network model	62
Εικόνα 4 19 Αλληλεπιδράσεις DICOM & HL7 με εξωτερικό περιβάλλον	63
Εικόνα 5 1 Βασικό κλινικό σενάριο	67
Εικόνα 5 2 Σταθμός επισκόπησης Philips τμήματος αξονικού τομογράφου Βενιζελείου Νοσοκομείου Ηρακλείου	68
Εικόνα 5 3 Philips' CT Viewer	69
Εικόνα 5 4 Επιλογή συσκευής ανάκτησης	69
Εικόνα 5 5 Επιλογή εξέτασης	70
Εικόνα 5 6 Επιλογή επισκόπησης	70
Εικόνα 5 7 Κουμπιά επιλογής απεικόνισης	71
Εικόνα 5 8 Επιλογή χρώματος απεικόνισης οστών	72
Εικόνα 5 9 Ολοκληρωμένη άποψη σταθμού εργασίας σε επεξεργασία τρισδιάστατων εικόνων	73
Εικόνα 5 10 MXLite DICOM Viewer	73
Εικόνα 5 11 Λίστα εξετάσεων του MXLite DICOM Viewer	74
Εικόνα 5 12 Αξονική τομογραφία γνάθου 128 εγκάρσιων τομών	75
Εικόνα 5 13 Αξονική τομογραφία γνάθου σε μεγέθυνση	75
Εικόνα 5 14 Επεξεργασμένη εικόνα γνάθου με αλλαγή στην αντίθεση	76
Εικόνα 5 15 Μετρήσεις σημείων ενδιαφέροντος	76
Εικόνα 5 16 Επισκόπηση τύπου 6X3	77
Εικόνα 5 17 Απεικόνιση με τύπο παραθύρου Bone	77
Εικόνα 5 18 Απεικόνιση με τύπο παραθύρου Posterior Fossa	78
Εικόνα 5 19 DICOM Header αξονικής τομογραφίας γνάθου	78
Εικόνα 5 20 Πληροφορίες DICOM	79
Εικόνα 5 21 Παράθυρο ρυθμίσεων e-Film	80
Εικόνα 5 22 Ρύθμιση διαχωρισμού παραθύρου	80
Εικόνα 5 23 Ταυτόχρονη εμφάνιση έξι εγκάρσιων δομών σε αξονική τομογραφία σπονδυλικής στήλης	81
Εικόνα 5 24 Απεικόνιση εικόνας σπονδυλικής στήλης με το κατάλληλο παράθυρο εμφάνισης	81
Εικόνα 5 25 Study Manager	82
Εικόνα 5 26 Ρύθμιση στην αρχική εικόνα (πάνω αριστερά), οπίσθια προβολή (κάτω αριστερά) και πλαϊνές προβολές (πάνω και κάτω δεξιά)	82
Εικόνα 5 27 Απεικονίσεις έπειτα από επεξεργασία αντίθεσης	83

Εικόνα 5 28 Μετρήσεις παραμέτρων σημείων ενδιαφέροντος.....	83
Εικόνα 5 29 3D απεικονίσεις αξονικής τομογραφίας γυμορείων. Τεχνική MPR (αριστερά) και MIP (δεξιά)	84
Εικόνα 5 30 Τεχνική Simgramm.....	84
Εικόνα 5 31 Τελική επεξεργασμένη 3D εικόνα.....	85
Εικόνα 5 32 Patient List του AmbiVU Workstation.....	86
Εικόνα 5 33 Δισδιάστατη απεικόνιση αξονικής τομογραφίας εγκεφάλου	87
Εικόνα 5 34 Τρισδιάστατη απεικόνιση αξονικής τομογραφίας εγκεφάλου.....	87
Εικόνα 5 35 Αξονική τομογραφία σπονδυλική στήλης σε προβολή άξονα (axial) σε δύο διαστάσεις που έχει υποστεί επεξεργασία αντίθεσης, sharpening φίλτρο και αφαίρεση οστών.....	88
Εικόνα 5 36 Ρυθμίσεις παραθύρου σε τρισδιάστατο επίπεδο αξονικής τομογραφίας εγκεφάλου	89
Εικόνα 5 37 axial grid.....	89
Εικόνα 5 38 coronal grid.....	90
Εικόνα 5 39 sagittal grid	90
Εικόνα 5 40 Επιλογή κατωφλίων Canny	91
Εικόνα 5 41 Ανίχνευση ακμών με τη μέθοδο Canny.....	91
Εικόνα 5 42 Επιλογή τελεστή Sobel.....	92
Εικόνα 5 43 Ανίχνευση ακμών με τη μέθοδο Sobel.....	92
Εικόνα 5 44 Αποβολή θορύβου με Bilinear φίλτρο.....	93
Εικόνα 5 45 Αποβολή θορύβου με Gaussian Smooth φίλτρο.....	93
Εικόνα 5 46 Πολλαπλή απεικόνιση των τρισδιάστατων εικόνων σε αξονική τομογραφία εγκεφάλου	94
Εικόνα 5 47 Τεχνική τρισδιάστατης απεικόνισης Maximum Intensity Rendering.....	95
Εικόνα 5 48 Ορθογωνική προβολή τρισδιάστατων εικόνων	95
Εικόνα 5 49 Surface Rendering	96
Εικόνα 5 50 Περικοπή πλάγιου κρανιακού οστού για προβολή του εσωτερικού του εγκεφάλου.....	96
Εικόνα 5 51 DICOM header	97
Εικόνα 6 1 Γραφική Διεπαφή Χρήστη για προβολή και επεξεργασία εικόνων DICOM	102
Εικόνα 6 2 Παράθυρο αναζήτησης εικόνας.....	103
Εικόνα 6 3 Εξισορρόπηση ιστογράμματος	104
Εικόνα 6 4 Αξονική τομογραφία κοιλιακής χώρας που έχει υποστεί επεξεργασία με αντίθεση.....	104
Εικόνα 6 5 Επιλογή απόχρωσης bone.....	105
Εικόνα 6 6 Επιλογή απόχρωσης cool.....	106
Εικόνα 6 7 Επιλογή απόχρωσης hot	106
Εικόνα 6 8 Επιλογή απόχρωσης hsv	107
Εικόνα 6 9 Επιλογή απόχρωσης gray	107
Εικόνα 6 10 Επιλογή απόχρωσης lines.....	108
Εικόνα 6 11 Επιλογή απόχρωσης black & white.....	108
Εικόνα 6 12 Εμφάνιση των κουμπιών με τις μεθόδους ανίχνευσης ακμών πατώντας το κουμπί Edge Detection.....	109
Εικόνα 6 13 Αποτέλεσμα μεθόδου Sobel	110
Εικόνα 6 14 Αποτέλεσμα μεθόδου Canny.....	110
Εικόνα 6 15 Αποτέλεσμα μεθόδου Prewitt.....	111
Εικόνα 6 16 Αποβολή θορύβου σε αξονική τομογραφία κοιλιακής χώρας.....	111
Εικόνα 6 17 Υπολογισμός σημείου	112
Εικόνα 6 18 Μενού και πλαίσιο περικοπής εικόνας.....	113
Εικόνα 6 19 Αποτέλεσμα περικοπής εικόνας αξονικής τομογραφίας κοιλιακής χώρας	113
Εικόνα 6 20 Επιστροφή στην αρχική εικόνα	114
Εικόνα 6 21 Αποθήκευση εικόνας σε διαφορετικό μορφότυπο.....	114
Εικόνα 6 22 Πάτημα του κουμπιού View 3D για μεταφορά σε τρισδιάστατο χώρο.....	115
Εικόνα 6 23 Τρισδιάστατη Γραφική Διεπιφάνεια Χρήστη.....	116
Εικόνα 6 24 Παράθυρο εύρεσης φακέλου εξέτασης από τον υπολογιστή ή από το αποθηκευτικό μέσο	117

Εικόνα 6 25 Προβολή εξέτασης αξονικής τομογραφίας κοιλιακής χώρας σε τρισδιάστατη απεικόνιση	117
Εικόνα 6 26 Προβολή και ενημέρωση των slices της εξέτασης	118
Εικόνα 6 27 Μεγέθυνση με Zoom και στα τρία πλαίσια της Διεπαφής	119
Εικόνα 6 28 Πάτημα του κουμπιού Maximize	119
Εικόνα 6 29 Maximize της axial εικόνας και πάτημα του κουμπιού Minimize για επαναφορά	120
Εικόνα 6 30 Maximize της sagittal εικόνας	120
Εικόνα 6 31 Maximize της coronal εικόνας	121
Εικόνα 6 32 Πάτημα του κουμπιού Measure και υπολογισμός απόστασης σπονδυλικής στήλης στην sagittal εικόνα της εξέτασης	122
Εικόνα 6 33 Μεταβολή της αντίθεσης	122
Εικόνα 6 34 Ολοκληρωμένη επεξεργασία εικόνας αξονικής τομογραφίας κοιλιακής χώρας σε τρισδιάστατο επίπεδο. Αριστερά η axial εικόνα σε zoom, στη μέση η coronal εικόνα με υπολογισμό της απόστασης του δεξιού οστού της κοιλιακής χώρας στα 124,09 mm, δεξιά η sagittal εικόνα και αλλαγή της αντίθεσης και στα τρία πλαίσια σε ποσό 0,21	123

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1: Σύγκριση MPEG με άλλα πρότυπα	38
Πίνακας 2: Υπηρεσίες DICOM-SYM	54

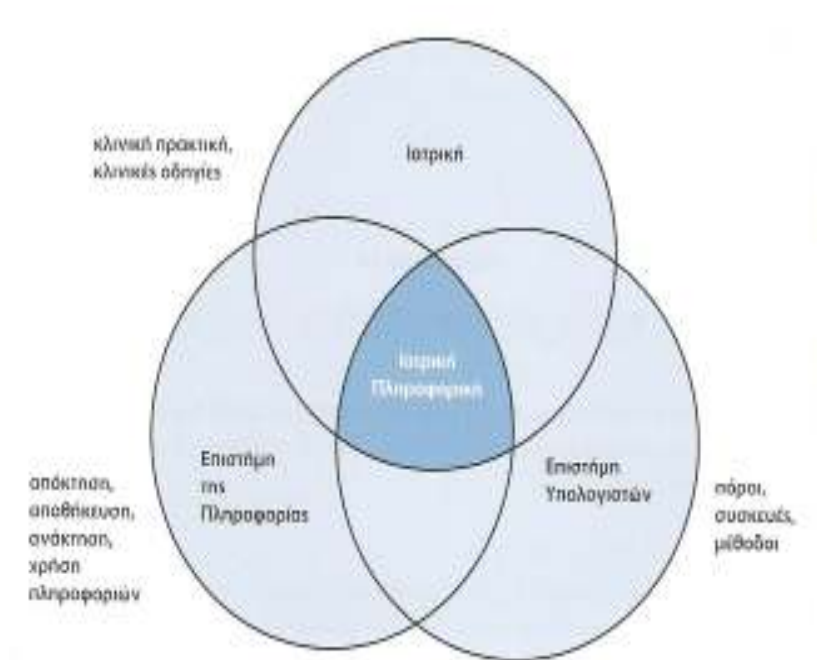
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο
Η ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ, ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Η Ιατρική Πληροφορική (Medical Informatics) είναι εκείνο το επιστημονικό πεδίο το οποίο ασχολείται με την Βιοϊατρική πληροφορία, τα δεδομένα και την γνώση – την αποθήκευσή τους, την ανάκλησή τους και την βέλτιστη χρήση τους στην επίλυση προβλημάτων και στη λήψη αποφάσεων. Σχετίζεται με το υλικό, λογισμικό και μεθόδους που χρησιμοποιούνται για λήψη, επεξεργασία και διαχείριση των ιατρικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή. Είναι, δηλαδή, η «χρυσή τομή» που συνδέει την επιστήμη της Πληροφορικής και της Ιατρικής. Χρησιμοποιείται από τους κλινικούς ιατρούς σε κλινικές τοποθεσίες, αλλά και από τους ασθενείς και έχει άμεσο αντίκτυπο στην Ιατρική.

Συνδυαζόμενη με οργανωτικές αλλαγές και με την ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων, η Ηλεκτρονική Υγεία (όπως αλλιώς μπορούμε να αποκαλέσουμε την Ιατρική Πληροφορική ή και Πληροφορική της Υγείας ή Τηλε-υγεία ή ακόμη και με το γενικό όρο Τηλεϊατρική), μπορεί να συμβάλει στην εξασφάλιση της βελτιωμένης περίθαλψης με μικρότερη δαπάνη και την ασφάλεια των ασθενών, στο πλαίσιο συστημάτων διανομής υπηρεσιών υγείας που είναι επικεντρωμένα στους πολίτες. Ανταποκρίνεται με τον τρόπο αυτό στις μείζονες προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα ο τομέας της υγείας.

Τα εργαλεία της Ιατρικής Πληροφορικής περιλαμβάνουν όχι μόνο τους υπολογιστές αλλά και τις κλινικές οδηγίες, τις τυποποιημένες ιατρικές ορολογίες και τα συστήματα πληροφόρησης και επικοινωνιών. Επίσης, δίκτυα πληροφοριών για την υγεία, ηλεκτρονικά μητρώα υγείας, υπηρεσίες τηλεϊατρικής και ατομικά ενδύτα και φορητά επικοινωνούντα συστήματα για την παρακολούθηση και στήριξη των ασθενών. Παρέχουν, για παράδειγμα, πρόσβαση σε πληροφορίες για την υγεία που μπορούν να σώσουν ζωές, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό λόγω της ολοένα μεγαλύτερης ενδοσυνοριακής κυκλοφορίας πολιτών και ασθενών. Η Ηλεκτρονική Υγεία μπορεί να αποφέρει σημαντικά οφέλη σε ολόκληρη την κοινωνία, βελτιώνοντας την πρόσβαση στην παρεχόμενη περίθαλψη καθώς και την ποιότητά της. Επιπλέον, συμβάλει στην ανάπτυξη συστημάτων υγείας προσανατολισμένων στον πολίτη και στην εν γένει αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και βιωσιμότητα του τομέα της υγείας. Για την ολοκλήρωση των πολυμεσικών εφαρμογών πληροφορικής σε χώρους υγείας είναι απαραίτητο εργαλείο ο Ηλεκτρονικός Φάκελος Ασθενή (ΗΦΑ), ο οποίος διαχειρίζεται ορθά την ιατρική πληροφορία.



Εικόνα 1 1 Η επιστημονική περιοχή της ιατρικής πληροφορικής

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η επιστήμη της Ιατρικής και η ανάγκη αρχειοθέτησης της ιατρικής γνώσης στάθηκαν ως αφορμή για τη δημιουργία του Index Medicus (αναλυτικό ευρετήριο των ιατρικών άρθρων των επιστημονικών περιοδικών), το 1890, και αργότερα της εταιρείας IBM από τον Hollerith. Έτσι, ξεκίνησε η θαυμαστή ιστορία της Πληροφορικής, όρος που καθιερώθηκε πολύ αργότερα, μόλις το 1968, από Ρώσους επιστήμονες ως «informatika». Η επιστήμη της Ιατρικής περίμενε μέχρι το 1954 για να δει την πρώτη εφαρμογή υπολογιστών που να αφορά τον κλάδο. Η εισαγωγή των υπολογιστών στην Ιατρική οφείλεται αρχικά στη ραγδαία αύξηση της ιατρικής και Βιοϊατρικής πληροφορίας. Η ολοένα αυξανόμενη ιατρική έρευνα δημιούργησε την ανάγκη διαχείρισης της γνώσης και της εμπειρίας που προκύπτει από αυτή.

Η Ιατρική Πληροφορική (ΙΠ) άρχισε να αναπτύσσεται τη δεκαετία του 1970 με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών (H/Y) και αφορούσε την λήψη ιατρικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή (π.χ. γ-κάμερα, αξονικός τομογράφος, υπερηχογράφος), την επεξεργασία τους (π.χ. επεξεργασία των σημάτων του αξονικού τομογράφου για δημιουργία της εικόνας με μεθόδους τομογραφικής ανακατασκευής) και τη διαχείριση τους (π.χ. συστήματα H/Y όπου διαγνώσεις και αποτελέσματα εξετάσεων αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων για ταχεία ανάκληση). Η ραγδαία ανάπτυξη των H/Y τα τελευταία χρόνια έχει επιφέρει μία αντίστοιχα ραγδαία ανάπτυξη της ιατρικής τεχνολογίας (π.χ. spiral CT, MRI, PACS). Η εμπλοκή των εργαζομένων στην υγεία (γιατροί, τεχνολόγοι, νοσηλευτικό προσωπικό) με τη σύγχρονη τεχνολογία είναι αναπόφευκτη και όσο αναπτύσσεται η ψηφιακή τεχνολογία όλο και περισσότερο η Ιατρική θα στηρίζεται σε αυτήν.

Ο κλάδος Υγείας είναι ένας από τους βασικούς κλάδους στον οποίο βρίσκουν χρήση οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών. Για πολλά χρόνια αναπτύσσονταν εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν σε κλινικές και διοικητικές δραστηριότητες ή είχαν σαν στόχο τη διάχυση πληροφοριών ή την εκπαίδευση. Οι περισσότερες από τις παραπάνω εφαρμογές δε συμπεριλάμβαναν τη δυνατότητα επικοινωνίας με άλλες εφαρμογές μέσω δικτύου. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών και την ενσωμάτωση της τηλεματικής στις εφαρμογές αυτές, άρχισε να γνωρίζει άνθηση και να αναπτύσσεται η Τηλεϊατρική και η Τηλεφαρμακευτική.

Η διεθνής ομοσπονδία επεξεργασίας πληροφορίας (International Federation of Information Processing ή IFIP) δημιούργησε το 1967 μία επιτροπή για την μελέτη θεμάτων σχετικά με την ΙΠ. Σαν αποτέλεσμα, το 1978 δημιουργήθηκε η διεθνής ένωση Ιατρικής Πληροφορικής (International Medical Informatics Association ή IMIA). Η IMIA είναι μέλος της IFIP και είναι αναγνωρισμένη από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (World Health Organization ή WHO). Στην IMIA υπάρχουν η ευρωπαϊκή ομοσπονδία ΙΠ (European Federation of Medical Informatics ή EFMI), η ομοσπονδία εταιρειών υγείας Λατινικής Αμερικής και Καραϊβικής (Federation of Health Societies in Latin America and Caribbean ή IMIA-LAC) και η Ένωση ΙΠ Ασίας- Ειρηνικού (Asian Pacific Association for Medical Informatics ή APAMI). Προσπάθειες καταβάλλονται για τη δημιουργία της Ένωσης Αφρικανικής ΙΠ. Στην Ελλάδα υπάρχει η ελληνική εταιρεία ΙΠ που υπάγεται στην EFMI.

Οι τεχνολογίες των πληροφοριών και επικοινωνιών έχουν διαδραματίσει καίριο ρόλο στον φαρμακευτικό κλάδο και στον αντίστοιχο των ιατροτεχνολογικών προϊόντων. Στη φαρμακευτική έρευνα νέες τεχνολογίες βοηθούν τους επιστήμονες στην προσομοίωση και συσσωρευση δεδομένων από κλινικές δοκιμές καθώς και στον έλεγχο νέων θεωριών. Τα πλέον πρόσφατα ιατροτεχνολογικά προϊόντα είναι εξοπλισμένα με ισχυρό λογισμικό που συμβάλει στις επιδόσεις και στην ασφάλειά τους (π.χ. μέσω τηλεπαρακολούθησης λειτουργιών) παρέχοντας έτσι υποστήριξη για τη λήψη αποφάσεων σε ιατρονοσηλευτικό προσωπικό ή/και ασθενείς. Είναι προφανές, λοιπόν, η ανάγκη τόσο της εκπαίδευσης όσο και της συνεχούς επιμόρφωσης των εργαζομένων στην υγεία στην ΙΠ.

Η ανάγκη για εισαγωγή της ΙΠ στην τριτοβάθμια εκπαίδευση και ιδιαίτερα στο πρόγραμμα σπουδών των Ιατρικών Τμημάτων επισημάνθηκε το 1984 στις ΗΠΑ από το σώμα των αμερικάνικων κολλεγίων ιατρικής (Association of American Medical Colleges). Ένα μεγάλο ποσοστό των αμερικάνικων σχολών ιατρικής έχει αποδεχθεί την προτροπή και η ΙΠ διδάσκεται σε προπτυχιακό και μεταπτυχιακό επίπεδο. Επιμόρφωση στην ΙΠ σε γιατρούς προσφέρεται από τις διάφορες ιατρικές εταιρείες. Προσφέρονται, επίσης, ιδιαίτερες εξειδικεύσεις σε τομείς της ΙΠ όπως είναι εφαρμογές στην οδοντιατρική, νοσηλευτική, ακτινολογία κ.ά.

Η Ευρώπη έχει ακολουθήσει ανάλογα. Η ΙΙΙ διδάσκεται στις πανεπιστημιακές σχολές ιατρικής πολλών ευρωπαϊκών χωρών αλλά και έχει περιληφθεί σε επιμορφωτικά προγράμματα ιατρικών εταιρειών ή ιδιωτικών σχολών. Στη Γερμανία, στην Ολλανδία αλλά και στη Γαλλία η ΙΙΙ διδάσκεται στα περισσότερα πανεπιστημιακά και επαγγελματικά ιδρύματα και σε ιδιωτικά κολλέγια. Στην Ελλάδα η ΙΙΙ διδάσκεται σε ορισμένες σχολές ιατρικής με τάση να συμπεριληφθεί στο αναλυτικό πρόγραμμα των υπολοίπων.

Σήμερα είναι πλέον ανεπτυγμένες αντιπροσωπεύσεις ιατρικών γνώσεων και γλώσσας (π.χ. ορολογία, ταξινομήσεις ασθενειών), κεντρική ανάκτηση πληροφοριών και υποστήριξη και λήψη αποφάσεων. Έχουν επίσης αναπτυχθεί προηγμένες μεθοδολογίες επεξεργασίας σήματος και εικόνας και υπολογιστικής μοντελοποίησης, προσανατολισμένες στην εμβιομηχανική όπως η τρισδιάστατη απεικόνιση ραδιολογικών, ιστολογικών και άλλων βιολογικών εικόνων για την κλινική και εκπαιδευτική χρήση. Επιπλέον, έχουν εξελιχθεί κλινικά χρήσιμες αναπαραστάσεις γνώσης (λογική, κωδικοποίηση, κείμενο και γραφικά) και αρχιτεκτονικές συστημάτων. Διατίθενται, ακόμη, εξατομικευμένα συστήματα παρακολούθησης και υποστήριξης ασθενών (π.χ. φορετά ή μοσχεύσιμα συστήματα επικοινωνιών για συνεχή παρακολούθηση της καρδιακής κατάστασης των ασθενών). Τα συστήματα αυτά μπορούν να συμβάλουν στη συντόμευση ή πλήρη αποφυγή της παραμονής των ασθενών σε νοσοκομείο με παράλληλη εξασφάλιση της παρακολούθησης της κατάστασης της υγείας τους. Υπάρχουν ευρέως διαθέσιμοι ιστοχώροι, εργαλεία πολυμέσων για το ευρύ φάσμα των Βιοϊατρικών πληροφοριών και εργαλεία ανάλυσης δεδομένων. Τουλάχιστον τέσσερις στους πέντε ευρωπαίους γιατρούς είναι σήμερα συνδεδεμένοι με το Διαδίκτυο (Internet), ενώ το ένα τέταρτο των ευρωπαίων πολιτών το χρησιμοποιούν για πληροφορίες σχετικά με την υγεία.

1.3 ΟΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΙΙΙ

Οι ευρωπαϊκές δραστηριότητες προτυποποίησης στον τομέα της Ιατρικής Πληροφορικής και της Τηλεματικής απέκτησαν επίσημη υποστήριξη την άνοιξη του 1990, όταν η CEN (Comité Européen de Normalisation-Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης) ίδρυσε την τεχνική επιτροπή CEN/TC251 ακολουθώντας τις εντολές της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Οι περιοχές που καλύπτει η CEN/TC251 επικεντρώνονται στην Ιατρική Πληροφορική και στην Τηλεματική Υγείας. Περιλαμβάνουν την οργάνωση, τον συντονισμό και την παρακολούθηση της ανάπτυξης προτύπων. Ακόμα, περικλείουν τον έλεγχο των προτύπων όπως επίσης και τη δημοσίευσή τους.

Το πλάνο του έργου της CEN/TC251 στηρίχθηκε στις προτεραιότητες της αγοράς ακολουθώντας την εμπειρία χωρών-μελών και τα αποτελέσματα των ευρωπαϊκών κοινοτικών προγραμμάτων έρευνας και τεχνολογίας. Σε σχέση με τα παραπάνω, πρέπει να τονιστεί η σημασία της διερευνητικής δράσης της AIM (Advanced Informatics in Medicine) στο λανσάρισμα των δραστηριοτήτων της TC251. Η υποστήριξη αυτή έχει διατηρηθεί στα επιτυχημένα προγράμματα Τηλεματικής Υγείας που διαχειρίζονταν από την DG XIII της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι περιοχές εργασίας της CEN/TC251 παρουσιάζονται από τους τίτλους των ομάδων εργασίας (Working Groups) και τις δραστηριότητες που καλύπτονται από τις ομάδες έργου (Project Teams).



Εικόνα 1 2 Η δράση της Ευρωπαϊκής κοινότητας Ιατρικής Πληροφορικής

Τα ευρωπαϊκά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας υποστηρίζουν την Τηλε-υγεία ήδη δεκαέξι χρόνια περίπου. Η συγχρηματοδότηση που έχει χορηγηθεί από τις αρχές του 1990 έχει φθάσει σε ύψος 500.000.000€, με συνολικό προϋπολογισμό περίπου διπλάσιο του ποσού αυτού. Πολλά ερευνητικά αποτελέσματα έχουν πλέον δοκιμασθεί και τεθεί σε πρακτική εφαρμογή. Το γεγονός αυτό έφερε την Ευρώπη σε ηγετική θέση στη χρήση Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου στην πρωτοβάθμια περίθαλψη και στην εισαγωγή (έξυπνων) καρτών υγείας. Οι εξελίξεις αυτές συνέβαλαν στην εμφάνιση ενός νέου κλάδου «Ηλ-υγείας», ο οποίος διαθέτει το δυναμικό να καταστεί ο τρίτος μεγαλύτερος κλάδος στον τομέα της υγείας. Έως το 2010 έφθασε το 5% του συνολικού προϋπολογισμού για την υγεία. Ο κλάδος της Ηλ-υγείας στην Ευρώπη- αποτελούμενος κυρίως από μικρομεσαίες επιχειρήσεις- διαθέτει επί του παρόντος ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Συνεχίζει, όμως, να έχει ανάγκη ενός ευνοϊκότερου επιχειρηματικού περιβάλλοντος.

Η Ιατρική Πληροφορική έχει σαφή ρόλο στη νέα στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ηλεκτρονική Ευρώπη, ενώ αποτελεί επίσης κλειδί για την επίτευξη ισχυρότερης οικονομικής ανάπτυξης και τη δημιουργία θέσεων εργασίας υψηλής ειδίκευσης μέσα σε μια δυναμική οικονομία της γνώσης (το όραμα του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της Λισαβόνας το Μάρτιο του 2000). Για την περαιτέρω πορεία απαιτήθηκαν δράσεις σε διάφορα σημαντικά πεδία πολιτικής, που κυμαίνονται από την έρευνα, εγκατάσταση και εμπορική εκμετάλλευση ευρυζωνικών τηλεπικοινωνιακών δικτύων, έως την ανάληψη δράσης στη δημόσια υγεία, καθώς και εργασίες των κρατών μελών που προωθούν την κινητικότητα και αξιολογούν τις επιπτώσεις της γήρανσης των ευρωπαϊκών κοινωνιών στα συστήματα ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης.

Έτσι, το σχέδιο δράσης του 2002 (στρατηγική της Λισαβόνας), διαδέχεται το σχέδιο δράσης eEurope 2005. Το νέο σχέδιο δράσης, που εγκρίθηκε από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της Σεβίλλης τον Ιούνιο του 2002, αποσκοπεί στην πρακτική έκφραση των ανωτέρω δυνατοτήτων με αύξηση της παραγωγικότητας των οικονομικών δραστηριοτήτων, καθώς και με βελτίωση της ποιότητας και της προσπέλασης των υπηρεσιών προς όφελος όλων των ευρωπαίων πολιτών, με βάση μια ασφαλή υποδομή ευρυζωνικών επικοινωνιών, η οποία θα είναι διαθέσιμη στο μεγαλύτερο δυνατό αριθμό πολιτών.

Σύμφωνα με αυτό οι ευρυζωνικές επικοινωνίες χαρακτηρίζονται από υψηλή ταχύτητα και διαρκή πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Ο οριζόντιος στόχος της καθολικής πρόσβασης προστίθεται για να καταπολεμηθεί ο κοινωνικός αποκλεισμός, ανεξαρτήτως του εάν αυτός οφείλεται σε ιδιαίτερες ανάγκες, στην ηλικία, σε αναπηρίες ή σε ασθένειες. Οι βασικοί στόχοι, τους οποίους επιδίωξε να επιτύχει η Ευρωπαϊκή Ένωση μέχρι το 2005 μέσω του eEurope 2005, ήταν η Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση (e-government), Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Μάθησης (e-learning), Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας (e-health), το δυναμικό περιβάλλον για το Ηλεκτρονικό Επιχειρείν (e-business), η ασφαλής υποδομή πληροφοριών, η μαζική διάθεση ευρυζωνικής πρόσβασης σε ανταγωνιστικές τιμές και η συγκριτική αξιολόγηση της προόδου και διάδοσης ορθών πρακτικών.



Εικόνα 1 3 Λογότυπο του σχεδίου δράσης eEurope 2005

Στο σχέδιο δράσης eEurope 2005 ακολουθείται η προσέγγιση που υιοθετήθηκε στο πλαίσιο του eEurope 2002 και η οποία συνίσταται στον καθορισμό σαφών στόχων και στη συγκριτική αξιολόγηση της προόδου προς την υλοποίησή τους. Επιδιώκεται, επίσης, η επιτάχυνση της θέσπισης νέων νομοθετικών μέσων και ο αναπροσανατολισμός των υφιστάμενων προγραμμάτων σύμφωνα με τις προτεραιότητες που καθορίζονται. Στην Ελλάδα το eEurope 2005 είναι γνωστό ως «Κοινωνία της Πληροφορίας».

1.4 Η ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σε διεθνές και ευρωπαϊκό επίπεδο, ο τομέας των υπηρεσιών υγείας, τα τελευταία χρόνια, βρίσκεται αντιμέτωπος με ένα δυναμικά μεταβαλλόμενο σύστημα δεδομένων. Οι μετακινήσεις πληθυσμών, οι οικονομικές και εμπορικές σχέσεις που έχουν ως συνέπεια τη μετακίνηση ατόμων για εργασία ή μόνιμη κατοικία, η χρήση κοινών φυσικών πόρων (ποτάμια, λίμνες) είναι μερικά από τα νέα δεδομένα που αποτελούν προκλήσεις για το υγειονομικό σύστημα της Ελλάδας. Οι προκλήσεις αυτές είναι ήδη πραγματικότητα για τις περισσότερες παραμεθόριες περιοχές της χώρας, ενώ οι όποιες προσπάθειες διασυνοριακής συνεργασίας στην υγεία μέχρι σήμερα δεν φαίνεται να επαρκούν καθώς τα άτομα θέτουν σε προτεραιότητα την υγεία τους ως αγαθό. Η απαίτηση του ατόμου για υγεία είναι ωστόσο άμεσα συνυφασμένη με την ανταπόκριση και την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών στη ζήτηση, αφού οι πολίτες θεωρούν το καλό επίπεδο υγείας τους ως δεδομένο και αναζητούν καλύτερη αντιμετώπιση από το κράτος.

Ο τομέας «Υγεία» στην Ελλάδα έχει κατανοήσει πλήρως ότι η όποια αναποτελεσματικότητα των υπηρεσιών ΥΚΑ (Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης) μπορεί να αντιμετωπιστεί από το συνδυασμό έξυπνων τεχνολογικών συστημάτων/ανθρώπινων πόρων και, ακόμη, ότι οι νέες τεχνολογίες και η έρευνα συμβάλλουν στη συνεχή βελτίωση της ανταποδοτικότητας των υπηρεσιών ΥΚΑ και στη διασφάλιση ενός οικονομικού, αποτελεσματικού και αποδοτικού επιπέδου δαπανών. Γι' αυτό, οι σύγχρονες εξελίξεις στο χώρο των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) και ιδιαίτερα στους τομείς Ιατρικής Πληροφορικής και Βιοϊατρικής Τεχνολογίας (e-health) αποτελούν άξονες, οι οποίοι έχουν ιδιαίτερη θέση και σημασία στην αναπτυξιακή στρατηγική του Τομέα Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης (ΥΚΑ). Η δε ενσωμάτωση των ΤΠΕ στον ΥΚΑ αφορά στην αναβάθμιση και προώθηση σύγχρονων και ποιοτικών ιατρικών και κοινωνικών υπηρεσιών, με έμφαση στις ανάγκες του πολίτη.

Στην Ελλάδα μέχρι και το 2000 δεν υπήρχε ένα οργανωμένο σχέδιο δράσης για την υιοθέτηση και την εφαρμογή των αρχών του e-health. Από το 2000 και μετά, στο πλαίσιο του Γ' ΚΠΣ (Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης), σχεδιάστηκε μια σειρά έργων, δράσεων και παρεμβάσεων, ευθυγραμμισμένα προς τους βασικούς άξονές του. Αυτό δρομολογήθηκε μέσω των έργων των Ολοκληρωμένων Περιφερειακών Συστημάτων Υγείας (ΟΠΣΥ), τα οποία αν και σχεδιάστηκαν την περίοδο 2000-2002, η ουσιαστική εφαρμογή και υλοποίησή τους άρχισε το 2005.

Το σύνολο των έργων αυτών στοχεύει στη δημιουργία βασικών υποδομών στις Μονάδες Υγείας (ΔΥΠΕ, νοσοκομεία, κέντρα υγείας), έτσι ώστε σε δεύτερη φάση, σταδιακά να καθιερωθούν σύγχρονες ηλεκτρονικές υπηρεσίες. Το σύνολο των έργων αυτών, βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη ενώ κάποιες δράσεις έχουν ολοκληρωθεί το 2008.

Τον Ιούνιο του 2006 ξεκίνησε η χαρτογράφηση των εφαρμογών e-health στη χώρα μας από το ΥΥΚΑ (Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης). Η χαρτογράφηση μεταξύ άλλων περιελάμβανε και τον επαναπροσανατολισμό της Γενικής Στρατηγικής Ηλεκτρονικής Υγείας, προκειμένου να επιταχυνθεί η εθνική πρόοδος, να ενσωματωθούν νέες πολιτικές γραμμές και να συμπορευθεί με το Ευρωπαϊκό Σχέδιο Δράσης Ηλ. Υγείας.

Έτσι, προέκυψαν οι προτεραιότητες, η στρατηγική και τα σχέδια δράσης για τη χρονική περίοδο 2007-2013 και για τους στρατηγικούς τομείς ποιότητας και ασφάλειας των υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Υγείας. Γι' αυτό, οι σχεδιασμοί του ΥΥΚΑ για την εφαρμογή του e-health στην Ελλάδα συνεχίζονται στην τρέχουσα προγραμματική περίοδο (ΕΣΠΑ) και στηρίζονται σε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης που εκπονήθηκε από το 2007 και περιλαμβάνει σειρά έργων και παρεμβάσεων καινοτομικής φύσεως.

Ο σχεδιασμός αυτός καλύπτει πέντε άξονες:

- Επέκταση και ολοκλήρωση υποδομών της προηγούμενης περιόδου (2000-2008).
- Υιοθέτηση και εφαρμογή ευρωπαϊκών προτύπων που σχετίζονται με τη δημιουργία Ηλεκτρονικού Φακέλου Ασθενούς εθνικής εμβέλειας, ηλεκτρονικού βιβλιαρίου υγείας, μητρώων διαχείρισης πληροφοριών υγείας (όπως αίμα, μεταμόσχευση, κοκ.).
- Σύγχρονες υπηρεσίες Τηλεματικής όπως Τηλεϊατρική και Τηλεφροντίδα.
- Αναβάθμιση γνώσεων και δεξιοτήτων του συνόλου των εργαζόμενων στο ΕΣΥ στα πληροφοριακά συστήματα υγείας.
- Έλεγχο δαπανών υγείας.

Όλες οι παραπάνω δράσεις περιλαμβάνονται στο σχέδιο δράσης του ΥΥΚΑ για την «Ψηφιακή Σύγκλιση 2007-2013» στο οποίο εντάσσεται η Ελλάδα σήμερα. Πρέπει να επισημανθεί ότι ο κυριότερος στόχος αυτών των δράσεων είναι η δημιουργία του Εθνικού Πληροφοριακού Συστήματος Υγείας (NHIS), δηλαδή του εθνικού συστήματος που θα οργανώσει τα δεδομένα υγείας του κάθε πολίτη.



Εικόνα 1 4 Λογότυπο Ψηφιακής Σύγκλισης

Στο πλαίσιο αυτού του επιχειρησιακού σχεδίου απαιτείται πλήρης ανάλυση όλων των δυνατοτήτων, καθώς επίσης και των δυσκολιών που θα αντιμετωπίσει κάθε κράτος-μέλος κατά την προώθηση της ηλεκτρονικής υγείας και είναι ιδιαίτερα σημαντική η ανταλλαγή απόψεων, ιδεών και εμπειριών βέλτιστων πρακτικών μεταξύ όλων αυτών των χωρών που συμμετέχουν σε αυτό το μεγάλο εγχείρημα. Είναι απαραίτητο το ΥΥΚΑ να προχωρήσει με γοργούς ρυθμούς στην υιοθέτηση της ηλεκτρονικής κάρτας υγείας, που θα επιτρέπει στους Έλληνες πολίτες να ταξιδεύουν με ασφάλεια στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με άμεση πρόσβαση στο ιατρικό τους ιστορικό, αν αυτό καταστεί αναγκαίο.

Μια άλλη δράση που κατάφερε να φέρει εις πέρας η Ελλάδα και να βελτιώσει της υπηρεσίες της Ιατρικής Πληροφορικής είναι το έργο «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» που χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Κοινωνία της Πληροφορίας» και αποτελεί το πρώτο εγχείρημα παροχής ευρυζωνικών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών μεγάλης έκτασης στην Ελλάδα.

Το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» υλοποιεί το δίκτυο της δημόσιας διοίκησης που θα συνδέσει όλους τους φορείς του δημοσίου (νοσοκομεία, ταμεία κοινωνικής ασφάλισης, βιβλιοθήκες κλπ.), της δημόσιας διοίκησης και τοπικής αυτοδιοίκησης με ευρυζωνικά δίκτυα, για την εσωτερική τους επικοινωνία και για να μπορούν να προσφέρουν σε όλους τους πολίτες και τις επιχειρήσεις πρόσβαση, μέσω Διαδικτύου, σε όλες τις υπηρεσίες της δημόσιας διοίκησης, χωρίς ψηφιακούς αποκλεισμούς. Αποτελεί τυπικό έργο παροχής τηλεπικοινωνιακών και τηλεματικών υπηρεσιών μεγάλης έκτασης και κλίμακας, αφού καλύπτει το σύνολο της ελληνικής επικράτειας, με παρουσία σε περίπου 1.800 σημεία. Αναφέρεται σε φορείς του ελληνικού δημόσιου τομέα, οι ανάγκες των οποίων δεν περιορίζονται σε απλές τηλεφωνικές συνδέσεις, αλλά επεκτείνονται περιλαμβάνοντας προηγμένες υπηρεσίες φωνής, δεδομένων και εικόνας.

Ο αριθμός τελικών πελατών (clients) είναι μεγάλος (περίπου 1.800) και καθένας από αυτούς συνδέεται στις υπηρεσίες του έργου μόνο με το κεντρικό του κτήριο. Οι φορείς είναι διεσπαρμένοι σε όλη την έκταση της χώρας. Το δίκτυο διανομής αριθμεί αθροιστικά περί τους 120-180 κόμβους διανομής / συγκέντρωσης (Points of Presence: PoPs) και κατά αναλογία 2-3 PoPs ανά νομό της χώρας.



Εικόνα 1 5 Λογότυπο έργου ΣΥΖΕΥΞΙΣ

Στο «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» παρέχονται προηγμένες τηλεματικές υπηρεσίες και υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας: προηγμένες υπηρεσίες τηλεφωνίας, τηλεομοιοτυπίας, κλήσεις προς/από σταθερά και κινητά τηλέφωνα, καθώς και τηλεφωνία εξωτερικού, πρόσβαση στο Διαδίκτυο με όλες τις παρελκόμενες υπηρεσίες, τηλεδιάσκεψη, τηλεεκπαίδευση, υπηρεσίες απομακρυσμένης πρόσβασης (τηλεργασία), υπηρεσίες πιστοποίησης και ασφάλειας ηλεκτρονικών συναλλαγών (υποδομή δημοσίου κλειδιού) κ.λπ. Η παροχή ενιαίων τιμών για τις τηλεφωνικές κλήσεις εκτός «ΣΥΖΕΥΞΙΣ»

(αστική-υπεραστική-κινητή-διεθνής) ακολουθεί τη διεθνή πρακτική, ενώ οι τηλεφωνικές κλήσεις εντός «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» παρέχονται ατελώς.

Το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» έχει σκοπό την παροχή δικτυακών υπηρεσιών και όχι υποδομών, ενώ ακολουθεί τη λογική της παροχής των υπηρεσιών σε επίπεδο παρεχόμενης υπηρεσίας με προσυμφωνημένα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά (Συμφωνία Επιπέδου Παρεχομένων Υπηρεσιών-Service Level Agreement).

Παρ' όλα αυτά, αντιφατική εικόνα παρουσιάζει η Ελλάδα όσον αφορά τη χρήση της υψηλής τεχνολογίας στον τομέα της περιθαλψής. Είναι ενδεικτικό ότι ενώ βρίσκεται στις κορυφαίες θέσεις μεταξύ των χωρών του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης σε αριθμό αξονικών τομογράφων, την ίδια στιγμή βρίσκεται στις τελευταίες θέσεις της Ευρώπης σε ότι αφορά τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή από τους γιατρούς στο πλαίσιο της καλύτερης εξυπηρέτησης των ασθενών. Η Ελλάδα κατέχει την προτελευταία ευρωπαϊκή θέση (πριν από την Πορτογαλία) σε χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή από τους γιατρούς. Ειδικότερα, το 52% των Ελλήνων γιατρών χρησιμοποιούν υπολογιστή στην παροχή των υπηρεσιών τους.

Σύμφωνα, μάλιστα, με στοιχεία έρευνας του Παρατηρητηρίου για την ΚτΠ (Κοινωνία της Πληροφορίας), σε υψηλό επίπεδο κυμαίνεται η διείσδυση Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στο χώρο της δημόσιας υγείας, παρουσιάζοντας ωστόσο χαμηλό επίπεδο χρήσης. Στην έρευνα διαπιστώθηκε ότι, παρόλο που η πλειονότητα του ανθρώπινου δυναμικού στο χώρο της υγείας (61%) έχει πρόσβαση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή στην υπηρεσία που εργάζεται, μόνο το 34% των εργαζομένων τον χρησιμοποιούν στην εργασία τους, εκ των οποίων ελάχιστοι σε καθημερινή βάση. Σε ό,τι αφορά το διαδίκτυο, ο κυριότερος λόγος χρήσης του είναι η βελτίωση της γνώσης γύρω από το αντικείμενο εργασίας (μέσα από πρόσβαση σε ιστοσελίδες ιατρικών συλλόγων και εύρεση πληροφοριών από ιατρικά περιοδικά), η πληροφόρηση σχετικά με περαιτέρω κατάρτιση και η αναζήτηση πληροφοριών από ιατρικά περιοδικά σχετικά με φάρμακα και αντενδείξεις.

Όσον αφορά στις εφαρμογές οι οποίες αναφέρθηκαν ως κρίσιμες για την εργασία, αυτές περιλαμβάνουν τους Ηλεκτρονικούς Φακέλους Ασθενούς (79%), τις κάρτες υγείας (75%) και τα πληροφοριακά συστήματα υγείας (74%). Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι τη μεγαλύτερη αναγκαιότητα εγκατάστασης συστημάτων ηλεκτρονικών προμηθειών επισήμαναν κυρίως οι εργαζόμενοι στον τομέα της πληροφορικής και όχι τα διοικητικά ή ανώτατα διοικητικά στελέχη. Παρόλα αυτά, αξίζει να αναφερθεί ότι 82% των εργαζομένων θεωρούν ιδιαίτερα σημαντική την αύξηση χρήσης εξειδικευμένων λογισμικών στον τομέα της υγείας, ενώ το 60% των εργαζομένων ανέφεραν ότι εξειδικευμένες εφαρμογές ΤΠΕ υγείας είναι σημαντικό να εφαρμοσθούν και να χρησιμοποιηθούν στις υπηρεσίες τους.

Αυτή τη στιγμή, στα μεγαλύτερα νοσοκομεία της χώρας αλλά και σε αρκετά από τα Κέντρα Υγείας, λειτουργούν για τους πολίτες και την καλύτερη εξυπηρέτησή τους οι εξής υπηρεσίες:

- Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος
- Εφαρμογές έξυπνων καρτών
- Ηλεκτρονική συνταγογράφηση
- Ηλεκτρονική αποπληρωμή υπηρεσιών υγείας
- Ηλεκτρονικές προμήθειες
- Υπηρεσίες Τηλεϊατρικής

1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Η Ιατρική Πληροφορική εφαρμόζει μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί σε διάφορες επιστημονικές περιοχές σε πολλά και διαφορετικά θέματα. Με τη σειρά της, συχνά δημιουργεί νέες, περισσότερο γενικές μεθοδολογίες εμπλουτίζοντας τους επιστημονικούς κλάδους από τις οποίες τις δανείστηκε. Η ιατρική, η βιολογία, τα μαθηματικά, τα συστήματα πληροφορικής, η επιστήμη υπολογιστών, η στατιστική, η ανάλυση αποφάσεων, τα οικονομικά, η πολιτική υγείας και η ψυχολογία είναι επιστημονικές περιοχές που σχετίζονται με την Ιατρική Πληροφορική. Εφαρμογή της ιατρικής πληροφορικής αποτελούν τα Πληροφοριακά Συστήματα Νοσοκομείων (ΠΣΝ) που περιλαμβάνουν τον Ηλεκτρονικό Φάκελο Ασθενή, τα πληροφοριακά συστήματα εργαστηρίων, φαρμακείων και ακτινολογικού(απεικόνισης), τα συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης ασθενή

καθώς και τα συστήματα υποστήριξης ιατρικών αποφάσεων που παρέχουν υποστήριξη στη διάγνωση και ερμηνεία κλινικών ευρημάτων, στην επιλογή θεραπείας και στη διαχείριση του ασθενή. Χρήσιμη εφαρμογή χρήζουν οι υπολογιστές και στην ΜΕΘ (Μονάδα Εντατικής Θεραπείας), καθότι ελέγχεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα κάθε ασθενή που νοσηλεύεται στη μονάδα.

Πιο συγκεκριμένα ένα ΠΣΝ αποτελείται από τα εξής επίπεδα:

Επίπεδο1- βασικός πυρήνας διαχειριστικών εφαρμογών, π.χ. γραφείο κίνησης, εξωτερικά ιατρεία, φαρμακείο-ατομικό συνταγολόγιο, νοσήλια, λογιστήριο, διαχείριση υλικών κ.λπ. Όλα αυτά διαχειρίζονται από ένα σύστημα μέσω δικτυακής εφαρμογής, στο οποίο δημιουργείται ο Ιατρικός Φάκελος Ασθενή καθώς επίσης και οι εισαγωγές και εξαγωγές των ασθενών αλλά και τα ραντεβού στα εξωτερικά ιατρεία.

Επίπεδο2- εργαστηριακά συστήματα σε βασικά νοσοκομειακά εργαστήρια, π.χ. βιοχημικό, μικροβιολογικό, αιματολογικό όπως η εφαρμογή του LIS, κατά την οποία εξάγονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών εξετάσεων.

Επίπεδο3- σύστημα έκδοσης εντολών προς εργαστήρια, φαρμακείο, νοσήλια κ.λπ. στις κλινικές (θεωρείται η ελάχιστη αποδεκτή για ένα σύγχρονο νοσοκομείο). Οι κλινικές, έτσι, στέλνουν τα παραπεμπτικά για τους ασθενείς τους και έχουν τη δυνατότητα να παραλάβουν τα αποτελέσματα από αυτές.

Επίπεδο4- τεχνολογία bar code σε φάρμακα, εξετάσεις, αντιδραστήρια κ.λπ. Σε αυτό το επίπεδο, κάθε εξέταση καταγράφεται σε bar code κάνοντας ευκολότερη και ασφαλέστερη την αρχειοθέτηση των εξετάσεων.

Επίπεδο5- εντολές ιατρικής/νοσηλευτικής φροντίδας, ιστορικό ασθενούς.

Επίπεδο6- επεξεργασία ιατρικής εικόνας, π.χ. οργάνωση ακτινολογικών εργαστηρίων, παροχή υπηρεσιών τηλεδιάγνωσης μέσω εικόνας κ.λπ. Οι ακτινολογικές εξετάσεις οργανώνονται ευκολότερα σε έναν server και οι γιατροί διευκολύνονται στην προσβασιμότητα σε αυτές. Αλλά και οι ασθενείς μπορούν να παραλάβουν τις εξετάσεις τους σε κάποιο αποθηκευτικό μέσο υπολογιστή (όπως CD) εξοικονομώντας χώρο.

Επίπεδο7- πρωτόκολλα κατευθυνόμενης περίθαλψης, υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων.

Όλες οι παραπάνω υπηρεσίες ανταλλάσσονται με μηνύματα μέσω υπολογιστή μέσω του προτύπου HL7, το οποίο θα αναφερθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Τα αποτελέσματα των εφαρμογών και υπηρεσιών της Ιατρικής Πληροφορικής που επιφέρουν στα νοσοκομειακά συστήματα είναι η αποτελεσματικότερη διαχείριση πόρων, η καλύτερη πρόσβαση και αποτελεσματικότερη διαχείριση της ιατρικής πληροφορίας, η μείωση των λαθών, η μείωση του λειτουργικού κόστους αλλά και η παροχή ποιοτικότερων υπηρεσιών σε όλους τους πολίτες. Στους πολίτες-ασθενείς υπάρχουν βελτιωμένες υπηρεσίες υγείας, αυξημένη πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας, δυνατότητα μετακίνησης (λόγω του ιατρικού φακέλου και των έξυπνων καρτών), εξοικονόμηση χρόνου αλλά και βελτιωμένη ποιότητα ζωής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο
Η ΙΑΤΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ

Ιατρική Απεικόνιση ονομάζεται η *in vivo* (εν ζώη) αναπαραγωγή της εικόνας δομών του σώματος με σκοπό τη διάγνωση, το σχεδιασμό, την παρακολούθηση των θεραπευτικών αγωγών και τη συμβολή σε πειραματικές μελέτες. Κάθε είδος ιατρικής απεικόνισης πρέπει να χαρακτηρίζεται από εγκυρότητα, να επιβαρύνει όσο το δυνατόν λιγότερο τον οργανισμό και να διεξάγεται σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Η Ιατρική απεικόνιση αναφέρεται στις τεχνικές και τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν εικόνες από το ανθρώπινο σώμα (ή τα μέρη επ' αυτού) για κλινικούς λόγους (ιατρικές διαδικασίες που επιδιώκουν να αποκαλύψουν, να εντοπίσουν ή να εξετάσουν ασθένεια) ή Ιατρική επιστήμη (συμπεριλαμβανομένης της μελέτης της φυσιολογικής ανατομίας και της λειτουργίας). Σαν πειθαρχία και υπό την ευρύτερη έννοιά του, είναι μέρος της βιολογικής απεικόνισης και χρησιμοποιείται στην ακτινολογία (υπό την ευρύτερη έννοια), σε ραδιολογικές επιστήμες, στην ενδοσκόπηση, στην ιατρική φωτογραφία και μικροσκόπηση (π.χ. για τις ανθρώπινες παθολογικές έρευνες). Μέτρηση και καταγραφή των τεχνικών που δεν έχουν σχεδιαστεί κυρίως για την παραγωγή εικόνων, όπως ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG) και μαγνητοεγκεφαλογραφία (MEG), αλλά που παράγουν τα δεδομένα και μπορούν να θεωρηθούν ως μορφές ιατρικής απεικόνισης.

Σε γενικές γραμμές, η ιατρική απεικόνιση αναφέρεται στη διαδικασία που περιλαμβάνει ειδικευμένα όργανα και τεχνικές για να δημιουργήσει εικόνες ή σχετικές πληροφορίες σχετικά με την εσωτερική βιολογική δομή και λειτουργία του σώματος. Η ιατρική απεικόνιση έχει μερικές φορές χαρακτηριστεί, σε ευρύτερη έννοια, ως μέρος των ραδιολογικών επιστημών. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία, λόγω των κοινών εφαρμογών της στη διαγνωστική ακτινολογία.

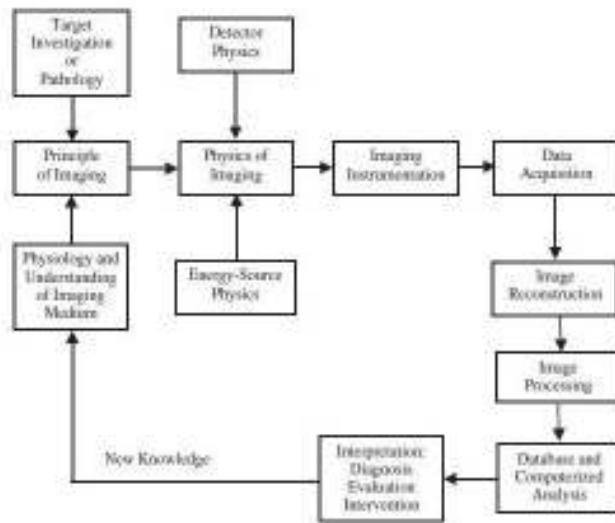
Σε κλινικό περιβάλλον, ιατρικές εικόνες από ένα συγκεκριμένο όργανο ή μέρος του σώματος έχουν παραχθεί για την κλινική εξέταση και τη διάγνωση μιας ασθένειας ή παθολογίας. Ωστόσο, οι ιατρικές εξετάσεις απεικόνισης διενεργήθηκαν προκειμένου να αποκομιστούν εικόνες και πληροφορίες για τη μελέτη ανατομικών και λειτουργικών δομών για ερευνητικούς σκοπούς με φυσιολογικά καθώς και παθολογικά θέματα. Οι μελέτες αυτές είναι πολύ σημαντικό για να κατανοηθούν τα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς των φυσιολογικών διεργασιών στο ανθρώπινο σώμα ώστε να κατανοηθεί και να εντοπιστεί η έναρξη μιας παθολογίας. Η προϋπόθεση αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική για την έγκαιρη διάγνωση, καθώς και για την ανάπτυξη μιας βάσης γνώσεων για τη μελέτη της εξέλιξης της ασθένειας που συνδέεται με τις φυσιολογικές διαδικασίες που αποκλίνουν από τα κανονικά αντίγραφα. Η σημασία της ιατρικής απεικόνισης, είναι η άμεση επίδρασή της στην υγειονομική περίθαλψη μέσω διάγνωσης, θεραπείας, αξιολόγησης, την παρέμβαση και την πρόγνωση μιας συγκεκριμένης ασθένειας.

Από επιστημονική άποψη, η ιατρική απεικόνιση είναι εξαιρετικά διεπιστημονική και με μια ευρεία κάλυψη των φυσικών, βιολογικών, μηχανικών και των ιατρικών επιστημών. Το ορατό φως είναι το τελικό κοινό μονοπάτι για εικόνες που έχουν αποδοθεί για την ανθρώπινη όραση, είτε σε φωτογραφική μορφή ή σε οθόνες βίντεο. Όμως, η αρχική πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει την εικόνα μπορεί να είναι το ορατό φάσμα, το φάσμα ακτίνας X, υπέρυθρες, ήχος ή άλλη ενέργεια. Σχεδόν κάθε πηγή φασματικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τη δημιουργία εικόνων και διάφορα μέρη του σώματος προσφέρονται για απεικόνιση με διαφορετικές διαδικασίες. Ψηφιακές μέθοδοι εφαρμόζονται σε όλες τις περιπτώσεις, άρα η συζήτηση για τις διαδικασίες δεν είναι πλήρης χωρίς τη συζήτηση των θεμάτων πληροφορικής της απεικόνισης.

Η συνολική τεχνολογία απαιτεί την άμεση εμπλοκή της εμπειρογνώστιας στη Φυσική, Χημεία, Βιολογία, Μαθηματικά, Μηχανική, Πληροφορική και την Ιατρική, έτσι ώστε οι χρήσιμες διαδικασίες και τα πρωτόκολλα για τις ιατρικές εξετάσεις απεικόνισης να μπορούν να αναπτυχθούν με κατάλληλα όργανα. Η ανάπτυξη ενός ειδικού συστήματος απεικόνισης ξεκινά με τη φυσιολογική κατανόηση των μεσαίων βιολογικών σημάτων και τη σχέση τους με τα συγκεκριμένα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται μέσω απεικόνισης. Μόλις μια τέτοια σχέση είναι αποφασισμένη, μια μέθοδος για την απόκτηση των στοχευόμενων πληροφοριών χρησιμοποιεί μια ειδική διαδικασία μετατροπής της ενέργειας, συχνά γνωστή ως φυσική της απεικόνισης. Μόλις μία μέθοδος για την απεικόνιση είναι εγκατεστημένη, κατάλληλα όργανα με την ενέργεια πηγής (-ών), ανιχνευτές και τα δεδομένα των συστημάτων απόκτησης είναι σχεδιασμένα και ολοκληρωμένα να οικοδομήσουν φυσικά ένα σύστημα απεικόνισης για την απεικόνιση των ασθενών ώστε να λαμβάνουν πληροφορίες στο πλαίσιο

μιας παθολογικής έρευνας. Για παράδειγμα, για την απόκτηση ανατομικών πληροφοριών σχετικά με τα εσωτερικά όργανα του σώματος, χρησιμοποιούνται ακτίνες X. Οι Ακτίνες X, ενώ μεταδίδονται μέσα από το σώμα, περνούν από εξασθένηση με βάση την πυκνότητα των εσωτερικών δομών. Έτσι, η εξασθένηση της ενέργειας με ακτίνες X φέρει τις πληροφορίες στο στόχο τους σχετικά με την πυκνότητα των εσωτερικών δομών που στη συνέχεια εμφανίζεται ως δύο διαστάσεων (στην περίπτωση της ακτινογραφίας ή μαστογραφίας) ή πολυδιάστατη (3D σε περίπτωση αξονικής τομογραφίας (CT), 4D σε περίπτωση cine-CT της εικόνας). Αυτή η πληροφορία (εικόνα) μπορεί να ερμηνευθεί άμεσα από έναν ακτινολόγο ή υφίσταται περαιτέρω επεξεργασία από ηλεκτρονικό υπολογιστή για την επεξεργασία εικόνας και της ανάλυσης για την καλύτερη ερμηνεία.

Το παρακάτω σχήμα παρέχει μια εννοιολογική αντίληψη της ιατρικής απεικονιστικής διαδικασίας από τον προσδιορισμό της αρχής της απεικόνισης που βασίζεται στην παθολογική εξέταση για την απόκτηση δεδομένων και την ανακατασκευή της εικόνας, την επεξεργασία και την ανάλυση για τη διάγνωση, την αξιολόγηση θεραπείας, ή / και ερευνητικές εφαρμογές.



Εικόνα 2 1 Ένα εννοιολογικό διάγραμμα της ιατρικής διαδικασίας απεικόνισης για διάγνωση, αξιολόγηση θεραπείας και ερευνητικές εφαρμογές

Μια από τις βασικές χρήσεις των εικόνων είναι για το σκοπό της ιατρικής διάγνωσης. Αυτή η χρήση περιλαμβάνει εικόνες που παράγονται από ορατό φως, όπως στην Οφθαλμολογία για παράδειγμα, για την εκτέλεση της φωτογραφίας του αμφιβληστροειδή. Στη Δερματολογία για να δουν τις αλλοιώσεις του δέρματος και στην Παθολογία για την παρακολούθηση μακροσκοπικού δείγματος και για μικροσκοπία ορατού φωτός. Το φάσμα ορατού φωτός ευθύνεται επίσης για την παραγωγή εικόνων που βλέπονται ενδοσκοπικά, αποδίδονται συνήθως ως εικόνες βίντεο ή ακολουθίες. Η ηχητική ενέργεια σε μορφή αντηχήσεων από εσωτερικές δομές χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει εικόνες σε υπέρηχο, μια διαδικασία που χρησιμοποιείται κυρίως σε καρδιακές, κοιλιακές, πνευλικές, στήθους και γυναικολογικές απεικονίσεις, όπως επίσης και σε απεικονίσεις μικρών τμημάτων όπως ο θυρεοειδής και οι όρχεις. Επίσης οι μετατοπίσεις Doppler ηχητικής συχνότητας χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ροής του αίματος σε πολλά όργανα και σε μεγάλα αγγεία. Η ενέργεια ακτίνων X παράγει ραδιογραφικές και υπολογιστικής τομογραφίας (CT) εικόνες των περισσότερων τμημάτων του σώματος. Η διαφορική απορρόφηση των ακτίνων X από διάφορους ιστούς παράγει τις διάφορες πυκνότητες που επιτρέπουν στις εικόνες να χαρακτηρίσουν φυσιολογικές και μη φυσιολογικές δομές. Οι εκπομπές ισοτόπων από ραδιενεργά σωματίδια χρησιμοποιούνται για να παράγουν πυρηνικές ιατρικές εικόνες, που προέρχονται από διαφορικές συγκεντρώσεις ραδιενεργά σημασμένων μορίων σε διάφορους ιστούς. Η απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI) αναπαριστά ενεργειακές διακυμάνσεις κάποιων ατομικών πυρηνών, κυρίως του

υδρογόνου, όταν αυτοί ευθυγραμμίζονται σε ένα μαγνητικό πεδίο και στη συνέχεια διαπερνώνται από ένα παλμό ορθογωνικής ραδιοσυχνότητας.

Εκτός από τη χρήση της στη διάγνωση, η απεικόνιση συχνά χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει την κατάσταση της υγείας του ασθενή όσον αφορά στην εξέλιξη μιας ασθένειας (όπως καθορισμός σταδίου ενός όγκου), αντίδραση σε θεραπεία, και εκτίμηση της πρόγνωσης. Μπορεί να αναλύθει η καρδιακή κατάσταση από τον υπερηχογραφικό καθορισμό του μεγέθους και της κίνησης της καρδιάς. Παρομοίως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπέρηχοι για την εκτίμηση του μεγέθους και της ανάπτυξης του εμβρύου. Η υπολογιστική τομογραφία χρησιμοποιείται συχνά για να καθορίσει προσεγγίσεις με χειρουργική ή με θεραπεία ακτινοβολίας. Για χειρουργικό σχεδιασμό, τρισδιάστατοι όγκοι από CT ή MRI δεδομένα μπορούν να κατασκευαστούν και να παρουσιαστούν για παρατήρηση από διαφορετικές προοπτικές για τον καθορισμό της πιο κατάλληλης χειρουργικής προσέγγισης.

Οι εικόνες μπορούν να παρέχουν οδηγίες σε πραγματικό χρόνο όταν οι μέθοδοι εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιούνται για υπέρθεση της προοπτικής του χειρουργού στην κατάλληλη απεικόνιση στην προβολή που δείχνει την ανωμαλία. Με ενδοσκοπική και ελάχιστα επεμβατική χειρουργική, αυτό το είδος εικόνας μπορεί να παρέχει ένα τοπικό πλαίσιο για την απεικόνιση και προσανατολισμό των ενδοσκοπικών ευρημάτων. Επειδή η ανωμαλία φαίνεται μέσα από μια οθόνη βίντεο που δείχνει το ενδοσκοπικό πεδίο, η παρακολούθηση μπορεί να γίνεται από μακριά, μια τεχνική που λέγεται Τηλεπαρουσία (Telepresence). Επίσης, ο χειρισμός του ενδοσκοπίου μπορεί να ελεγχθεί από μια ρομποτική συσκευή που αναπαράγει τις κινήσεις του χεριού ενός απομακρυσμένου χειριστή, μια τεχνική που λέγεται Τηλερομποτική (Telerobotics).

Η λήψη ιατρικών αποφάσεων, συμπεριλαμβανομένων της διάγνωσης και του σχεδιασμού θεραπείας, συχνά διευκολύνεται όταν δίνεται η δυνατότητα στους γιατρούς να βλέπουν εικόνες ταυτόχρονα με αναφορές κειμένου και συζητήσεις των ερμηνειών. Έτσι, η απεικόνιση μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σημαντικό συμπλήρωμα στην επικοινωνία και οι εικόνες ως ένα επιθυμητό τμήμα του ηλεκτρονικού ιατρικού αρχείου με πολυμέσα. Η επικοινωνία ψηφιακών εικόνων είναι βασικό στοιχείο για τη δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης, ερμηνείας και ιατρικής επίσκεψης σε τεχνικές όπως Τηλεακτινολογία, Τηλεπαθολογία και Τηλεδερματολογία, που συνολικά αναφέρονται ως Τηλεϊατρική.

Οι εικόνες, σταθερές ή κινούμενες, αποτελούν βασικό στοιχείο στην ιατρική εκπαίδευση, γιατί μεγάλο μέρος της ιατρικής διάγνωσης και θεραπείας εξαρτάται από την απεικόνιση και τις δεξιότητες που απαιτούνται για την ερμηνεία των εικόνων. Βιβλιοθήκες περιστατικών, διδασκαλία, χάρτες, τρισδιάστατα μοντέλα, βιβλιοθήκες ερωτήσεων και άλλες πηγές που χρησιμοποιούν εικόνες μπορούν να παρέχουν αυτό το είδος εκπαιδευτικής υποστήριξης. Η λήψη ιστορικού ασθενή, η ιατρική εξέταση και η διεξαγωγή ιατρικών διεργασιών επίσης απαιτούν κατάλληλες δεξιότητες οπτικοποίησης και παρατήρησης. Εκπαίδευση σε τέτοιες δεξιότητες μπορεί να εμπλουτιστεί βλέποντας εικόνες και βίντεο, καθώς και με πρακτική σε καταστάσεις προσομοίωσης. Μια συχνά παραμελημένη πλευρά της εκπαίδευσης με τη βοήθεια εικόνων είναι η παροχή οδηγιών και εκπαιδευτικού υλικού στους ασθενείς, για τις ασθένειές τους, για τις διαδικασίες που γίνονται, για την επανεξέταση που ακολουθεί και για τον υγιεινό τρόπο ζωής τους.

Η απεικόνιση περιλαμβάνεται επίσης σε πολλές πλευρές της έρευνας. Ένα παράδειγμα είναι η δομική μοντελοποίηση του DNA και των πρωτεϊνών, που περιλαμβάνει τους τρισδιάστατους σχηματισμούς. Η ποσοτική μελέτη της μορφομετρικής (morphometrics), ή ανάπτυξη, εξαρτάται από τη χρήση μεθόδων απεικόνισης. Η λειτουργική χαρτογράφηση (functional mapping) του ανθρώπινου εγκεφάλου για παράδειγμα, συσχετίζει εγκεφαλικές λειτουργίες με συγκεκριμένες περιοχές στις εικόνες.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ανάγκη της μη επεμβατικής απεικόνισης της ανατομίας και της λειτουργίας διαφόρων οργάνων του ανθρώπινου σώματος οδήγησε στην ανακάλυψη μεθόδων απεικόνισης μέσω της «ενισχυτικής» συμβολής των θετικών επιστημών και της τεχνολογίας.

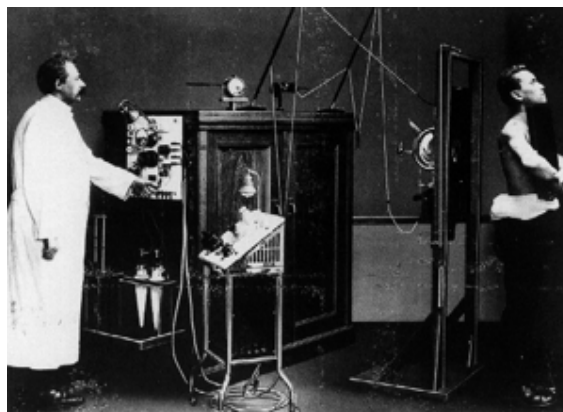
Όλα ξεκίνησαν στο τέλος του 19^{ου} αιώνα όταν μια μεγάλη ανακάλυψη ήρθε να δώσει νέα διάσταση στην ιατρική επιστήμη και να συμβάλει οριστικά στη συμβίωσή της με τη φυσική. Στις 8 Νοεμβρίου 1895 ο Γερμανός Φυσικός Βίλχελμ Ραϊντγκεν ανακάλυψε τις ακτίνες X, μια αόρατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Προς έκπληξή του, οι ακτίνες X ήταν ικανές να διαπερνούν το ανθρώπινο σώμα και να παράγουν μια «φωτογραφία» από το εσωτερικό του, απεικονίζοντας με λεπτομέρεια τα κόκαλα, τις κοιλότητες και άλλες ανατομικές δομές.

Από τότε η επιστήμη προχώρησε με μεγάλα βήματα, εκμεταλλευόμενη τις αρχές αλληλεπίδρασης διαφόρων μορφών ενέργειας με την ύλη και κατασκευάζοντας ολοκληρωμένα συστήματα μη επεμβατικής απεικόνισης και ανακατασκευής εικόνας από τις διάφορες τομές που λαμβάνονται κάθε φορά από το υπό εξέταση όργανο. Έτσι, μια πλειάδα απεικονιστικών συστημάτων εντάχθηκαν στην καθημερινή κλινική πρακτική τόσο για τις ανάγκες της διάγνωσης και πρόγνωσης, όσο και για τις ανάγκες της αξιολόγησης βιολογικών διαδικασιών in vivo. Αυτά τα χρήσιμα για την ιατρική επιστήμη εργαλεία υπακούουν στο γενικό μοντέλο που απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 2 2 Γενικό μοντέλο ολοκληρωμένου συστήματος με επεμβατική απεικόνιση και ανακατασκευή εικόνας

Για τα πρώτα πενήντα χρόνια της ακτινολογίας, η κύρια εξέταση δημιουργούσε μια εικόνα, εστιάζοντας τις ακτίνες X με το μέρος του σώματος του ενδιαφέροντος και απευθείας σε ένα κομμάτι της ταινίας μέσα σε μια ειδική κασέτα. Στις πρώτες μέρες, μια ακτινογραφία εγκεφάλου απαιτούσε μέχρι και 11 λεπτά από το χρόνο έκθεσης. Τώρα, οι σύγχρονες ακτινογραφίες γίνονται σε κλάσματα του δευτερολέπτου και η δόση ακτίνων X που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι μόλις το 2% εκείνου που χρησιμοποιήθηκε πριν από 100 χρόνια. Επιπλέον, οι σύγχρονες τεχνικές ακτίνων X (και τα δύο συστήματα οθόνης φιλμ και ψηφιακά συστήματα, που περιγράφεται παρακάτω) έχουν σημαντικά περισσότερη χωρική ανάλυση και λεπτομέρεια αντίθεσης. Αυτή η βελτιωμένη ποιότητα εικόνας επιτρέπει τη διάγνωση των μικρότερων παθολογιών που δεν μπορούσαν να ανιχνευθούν με την παλαιότερη τεχνολογία.



Εικόνα 2 3 Ένα από τα πρώτα συστήματα ακτινογραφιών

Μια σημαντική εξέλιξη στην πορεία ήταν η εφαρμογή του φαρμακευτικού σκιαγραφικού ώστε να βοηθήσει να απεικονίσει τα όργανα και τα αιμοφόρα αγγεία με μεγαλύτερη σαφήνεια και την αντίθεση της εικόνας. Αυτές οι σκιαγραφικές ουσίες (υγρά που αναφέρονται επίσης ως "χρωστική ουσία"), χορηγήθηκαν για πρώτη φορά από το στόμα ή μέσω της αγγειακής ένεσης μεταξύ του 1906 και του 1912 και επέτρεψαν στους γιατρούς να δουν τα αιμοφόρα αγγεία, το πεπτικό και το γαστρεντερικό σύστημα χοληφόρων οδών και της χοληδόχου κύστης για πρώτη φορά.

Το 1955, αναπτύχθηκε ο ενισχυτής εικόνας ακτίνων X (που ονομάζεται επίσης II) και επέτρεψε την ανάκαμψη και την απεικόνιση της ακτινογραφίας χρησιμοποιώντας μια κάμερα τηλεόρασης και μια οθόνη. Μέχρι το 1960, το σύστημα φθορισμού (που είχε γίνει αρκετά περίπλοκο με καθρέφτη οπτικών συστημάτων για την ελαχιστοποίηση των ασθενών) αντικαταστάθηκε σε μεγάλο βαθμό από τον ενισχυτή εικόνας / συνδυασμός τηλεόρασης. Η εικόνα ενίσχυσης άνοιξε το δρόμο για μια νέα ακτινολογική υπο-ειδικότητα γνωστή ως αγγειογραφία για να ανθίσει και να επιτραπεί η ρουτίνα απεικόνισης των αιμοφόρων αγγείων και της καρδιάς.

Οι μελέτες Πυρηνικής Ιατρικής (που ονομάζεται επίσης ραδιονουκλεΐδια σάρωση) για πρώτη φορά έγιναν στη δεκαετία του 1950 χρησιμοποιώντας ειδικές κάμερες γάμμα. Οι μελέτες της Πυρηνικής Ιατρικής απαιτούν την εισαγωγή των πολύ χαμηλής ραδιενέργειας χημικών ουσιών στο σώμα. Αυτά τα ραδιονουκλεΐδια λαμβάνονται από τα όργανα του σώματος και στη συνέχεια εκπέμπουν σήματα ακτινοβολίας τα οποία καταμετρούνται ή εντοπίζονται από την κάμερα γάμμα.

Στη δεκαετία του 1960 οι αρχές των σόναρ (αναπτύχθηκαν εκτενώς κατά τη διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου) εφαρμόστηκαν στην διαγνωστική απεικόνιση. Η διαδικασία περιλαμβάνει την τοποθέτηση μιας μικρής συσκευής που ονομάζεται αισθητήριο, ενάντια στο δέρμα του ασθενούς κοντά στην περιοχή ενδιαφέροντος, για παράδειγμα, τα νεφρά. Αυτό το αισθητήριο παράγει υψηλής συχνότητας ηχητικά κύματα που διεισδύουν στο σώμα και ανακλώνται από τα όργανα στο εσωτερικό του. Το αισθητήριο ανιχνεύει ηχητικά κύματα, καθώς αναπηδά η ηχώ πίσω από τις εσωτερικές δομές και τα περιγράμματα των οργάνων. Αυτά τα κύματα που λαμβάνονται από το μηχάνημα υπερήχων μετατρέπονται σε ζωντανές εικόνες με τη χρήση των υπολογιστών και του λογισμικού της ανασυγκρότησης.

Οι Ψηφιακές τεχνικές απεικόνισης εφαρμόστηκαν στη δεκαετία του 1970 με την πρώτη κλινική χρήση και την αποδοχή της Αξονικής Τομογραφίας ή του αξονικού τομογράφου, που εφευρέθηκε από τον Godfrey Hounsfield. Οι μετατροπές από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα και οι υπολογιστές προσαρμόστηκαν επίσης με το συμβατικό ακτινοσκοπικό ενισχυτή της εικόνας / συστήματα τηλεόρασης στη δεκαετία του '70. Αγγειογραφικές διαδικασίες για την εξέταση των αιμοφόρων αγγείων στον εγκέφαλο, τα νεφρά, τα χέρια και τα πόδια, και τα αιμοφόρα αγγεία της καρδιάς ωφελήθηκαν σημαντικά από την προσαρμογή της ψηφιακής τεχνολογίας.

Μέσα στα επόμενα δέκα με δεκαπέντε χρόνια η μεγάλη πλειοψηφία των συμβατικών συστημάτων ακτίνων X αναβαθμίστηκαν σε όλες τις ψηφιακές τεχνολογίες. Τελικά, όλες οι κασέτες φιλμ / συστήματα οθόνης αντικαταστάθηκαν από ψηφιακούς ανιχνευτές ακτίνων X. Αυτή η τεχνολογία είναι προς το παρόν σε εξέλιξη και είναι διαθέσιμη μόνο σε λίγες περιοχές σε όλο τον κόσμο. Ένα ενδιαμέσο βήμα που ονομάζεται τεχνολογία πλάκας φωσφόρου είναι διαθέσιμη σήμερα σε εκατοντάδες τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο. Αυτές οι πλάκες είναι μια «παγίδα» της ενέργειας των ακτίνων X και απαιτούν επεξεργασία για την απελευθέρωση των αποθηκευμένων πληροφοριών, ώστε να μπορούν να μετατραπούν σε μια ψηφιακή εικόνα.

Η CT απεικόνιση επινοήθηκε το 1972 από τον Godfrey Hounsfield στην Αγγλία. Ο Hounsfield χρησιμοποίησε ακτίνες γάμμα (και αργότερα ακτινογραφίες) και έναν ανιχνευτή τοποθετημένο σε ειδικό περιστρεφόμενο πλαίσιο μαζί με έναν ψηφιακό υπολογιστή για να δημιουργήσει λεπτομερείς συγχρονισμένες εικόνες των αντικειμένων. Η πρώτη αξονική τομογραφία του Hounsfield, του πήρε ώρες για να αποκτήσει ένα ενιαίο κομμάτι των δεδομένων και περισσότερες από 24 ώρες για την ανοικοδόμηση αυτών των δεδομένων σε μια ενιαία εικόνα. Σήμερα, τα συστήματα CT μπορούν να αποκτήσουν μια ενιαία εικόνα σε λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο και να ανοικοδομηθεί η εικόνα αμέσως.



Εικόνα 2 4 Αξονικός τομογράφος εγκεφάλου 1974

Η Μαγνητική τομογραφία (MR) απεικόνισης (επίσης γνωστή ως MRI) αρχικά ερευνήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και τα πρώτα πρωτότυπα μαγνητικής τομογραφίας δοκιμάστηκαν σε ασθενείς της κλινικής το 1980. Η MR απεικόνιση εγκρίθηκε, για εμπορικούς σκοπούς, κλινικά κατάλληλη από την Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) το 1984 και η χρήση της σε όλες τις ΗΠΑ εξαπλώθηκε ταχύτατα από τότε. Η ανάπτυξη της μαγνητικής τομογραφίας αποδίδεται στον Paul Lauterbur και επιστήμονες στα Thorn-EMI Laboratories, στην Αγγλία, και το Nottingham University της Αγγλίας.

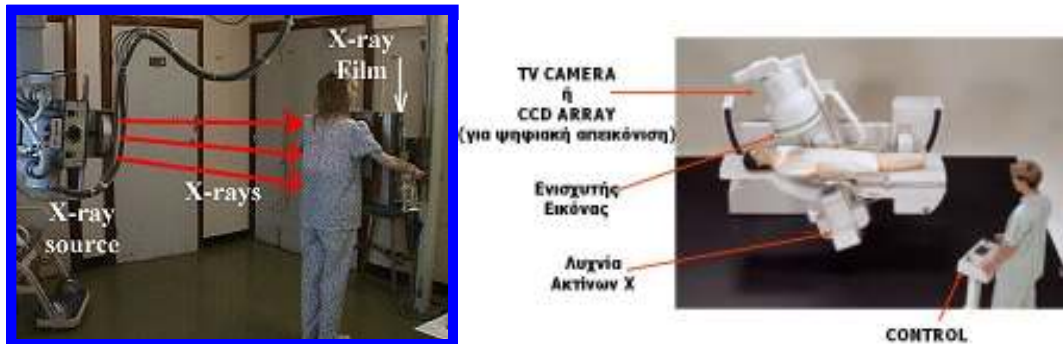
Με την εξελικτική πρόοδο στην τεχνολογία και την Πληροφορική κατά τον τελευταίο αιώνα, οι ιατρικές τεχνολογίες απεικόνισης γνώρισαν μια τεράστια ανάπτυξη που έχει σημειώσει σημαντική επίδραση στη διαγνωστική ακτινολογία. Αυτές οι πρόοδοι έχουν επαναστατήσει στην υγειονομική περίθαλψη με γρήγορες τεχνικές απεικόνισης, απόκτησης δεδομένων, την αποθήκευση και ανάλυση συστημάτων, υψηλή αρχειοθέτηση εικόνας και συστήματα επικοινωνίας, πληροφορίες με μοντελοποίηση και προσομοίωση ικανοτήτων, βελτίωση της γνωσιακής βάσης για τη διάγνωση, επεξεργασία και διαχείριση των κρίσιμων ασθενειών όπως ο καρκίνος, καρδιακή ανεπάρκεια, οι όγκοι του εγκεφάλου και γνωστικές διαταραχές.

2.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ (ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ)

Η απεικόνιση των εσωτερικών δομών του σώματος γίνεται μέσω της αλληλεπίδρασης διαφορετικών μορφών ακτινοβολίας με βιολογικούς ιστούς. Παρέχονται, έτσι, πληροφορίες για τη λειτουργία των οργάνων. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνικές για την παρουσίαση των ανατομικών δομών του ανθρώπου και για καθεμία από αυτές περιλαμβάνεται κάποιο υπολογιστικό σύστημα. Κάποιες από τις τεχνικές απεικόνισης είναι οι εξής:

- Ακτινογραφία
- Ακτινοσκόπηση
- Μαστογραφία
- Υπολογιστική τομογραφία (CT)
- Πυρηνική ιατρική
- Μαγνητική τομογραφία
- Υπέρηχοι
- Τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίου (PET)
- Τομογραφία εκπομπής φωτονίου (SPECT)
- Ενδοσκοπικά συστήματα

Η ακτινογραφία ήταν η πρώτη ιατρική απεικόνιση και βασίστηκε στην ανακάλυψη των ακτίνων X. Το υπολογιστικό σύστημα της τεχνικής της ακτινογραφίας περιλαμβάνει μια πηγή-λυχνία των ακτίνων X και τοποθετείται στη μία πλευρά του εξεταζόμενου και μια ανιχνευτική συσκευή οργάνων που τοποθετείται στην πίσω πλευρά του εξεταζόμενου. Το σώμα δέχεται τις ακτίνες X σε πραγματικό χρόνο και η εξερχόμενη ακτινοβολία είναι η τελική εικόνα που παράγεται και ονομάζεται ακτινογραφία (φιλμ). Στην τεχνική της ακτινογραφίας περιλαμβάνεται και η Ακτινοσκόπηση, η οποία αναφέρεται σε συνεχή λήψη μιας σειράς ακτινογραφιών με γρήγορο ρυθμό, και η Μαστογραφία, η οποία είναι ακτινογραφία του μαστού με κύριο χαρακτηριστικό την πολύ μικρότερη ενέργεια των χρησιμοποιούμενων ακτίνων X. Γι' αυτό το λόγο έχει σχεδιαστεί ειδικός εξοπλισμός για τη μαστογραφία.



Εικόνα 2 5 Υπολογιστικά συστήματα ακτινογραφίας και ακτινοσκόπησης

Η τεχνική της κλινικής Υπολογιστικής Τομογραφίας ή αλλιώς Αξονική Τομογραφία είναι η πρώτη μέθοδος ιατρικής απεικόνισης που έγινε δυνατή με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η εικόνα της Υπολογιστικής Τομογραφίας (Υ.Τ.) παράγεται με ακτίνες X που διαπερνούν το σώμα του εξεταζόμενου υπό πολλές διαδοχικές γωνίες πρόσπτωσης και ξεκινούν από λυχνία που περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του εξεταζόμενου. Ο υπολογιστής έχει προγραμματιστεί να συλλέγει και να επεξεργάζεται μεγάλο πλήθος πληροφοριών και συνθέτει την εικόνα μιας τομής του εξεταζόμενου σώματος ανά περιστροφή. Η Υ.Τ. προσφέρει τη δυνατότητα εντοπισμού και απεικόνισης π.χ. εσωτερικού μορφώματος και, αν θεωρηθεί απαραίτητη, μπορεί να ακολουθήσει χειρουργική επέμβαση. Τα υπολογιστικά συστήματα της αξονικής τομογραφίας είναι οι CT σαρωτές (αξονικοί τομογράφοι) που μπορούν να απεικονίσουν συνεχείς 60 διαδοχικές τομές σε 10 δευτερόλεπτα.



Εικόνα 2 6 Αξονικός τομογράφος

Μια άλλη τεχνική απεικόνισης των βιολογικών σημάτων είναι η Πυρηνική Ιατρική, η οποία χρησιμοποιεί τα ραδιοϊσότοπα, με τη μορφή ραδιοφαρμάκων, που χορηγούνται στον εξεταζόμενο με κατάποση, με ένεση ή με εισπνοή και διαχέονται στο σώμα του. Κατάλληλα τοποθετημένος εξωτερικός ανιχνευτής (γ camera) συλλέγει την εκπεμπόμενη ακτινοβολία που διαπερνά το σώμα του εξεταζόμενου και δημιουργεί εικόνες προβολής.



Εικόνα 2 7 γ-camera μεταβλητής γωνίας

Η απεικόνιση της Πυρηνικής Ιατρικής μπορεί να είναι είτε επίπεδη είτε τομογραφική. Η τομογραφική (single photon emission computed tomography – SPECT) απεικονίζει τις πληροφορίες που εμπεριέχονται στις ακτίνες γ (συνήθως) που πηγάζουν από το σώμα του εξεταζόμενου (στις περιοχές που είναι συγκεντρωμένο το ραδιοφάρμακο) και πορεύονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Οι ανιχνευτές της SPECT δημιουργούν (ανακατασκευάζουν) εικόνες τομών του σώματος με τη λογική της υπολογιστικής τομογραφίας και δίνουν τρισδιάστατη απεικόνιση της κατανομής του ραδιοφαρμάκου στο εσωτερικό του, προσφέροντας στον ιατρό πληροφορίες για τη λειτουργία οργάνων και ιστών.

Η τομογραφική απεικόνιση της Πυρηνικής Ιατρικής, εκτός από SPECT, μπορεί να είναι και PET (positron emission tomography – ποζιτρονιακή απεικόνιση). Η PET εκμεταλλεύεται το φαινόμενο της εκπομπής ποζιτρονίων. Ραδιοφάρμακα εκπέμπουν, καταρχήν, τα ποζιτρόνια και τα δυο φωτόνια που αμέσως μετά δημιουργούνται, καταγράφονται από ειδικούς ανιχνευτές δακτυλίου που περιβάλλουν το ανθρώπινο σώμα.



Εικόνα 2 8 PET scanner

Ένα άλλο είδος απεικόνισης των δομών του σώματος είναι η Μαγνητική Τομογραφία (MRI) και τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για αυτή είναι οι σαρωτές Μαγνητικού Συντονισμού, οι οποίοι χρησιμοποιούν μαγνητικά πεδία 10-60 χιλιάδες φορές ισχυρότερα από το μαγνητικό πεδίο της γης. Οι περισσότερες συσκευές MRI βασίζονται στις ιδιότητες του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού του πρωτονίου (δηλ. του πυρήνα του ατόμου του υδρογόνου). Στο MRI, ο εξεταζόμενος τοποθετείται σε μαγνητικό πεδίο και παράγεται ένας παλμός ραδιοκυμάτων γύρω του. Τα πρωτόνια του σώματος του εξεταζόμενου απορροφούν τα ραδιοκύματα και επανεκπέμπουν την ενέργειά τους μετά από μικρό χρονικό διάστημα και έτσι δημιουργείται η εικόνα. Ο τρόπος λειτουργίας (του συστήματος MRI) καλείται απεικόνιση spin echo. Το MRI παράγει ένα πακέτο τομογραφιών του εξεταζόμενου και κάθε σημείο κάθε εικόνας-τομής έχει απόχρωση (επίπεδο του γκρι) που εξαρτάται από τις μικρο-μαγνητικές ιδιότητες του αντίστοιχου σημείου στον ιστό. Το σύστημα MRI απεικονίζει με μεγάλη ευαισθησία (high sensitivity) τις ανατομικές μικρο-διαφοροποιήσεις. Έχει, δηλαδή, “ειδικότητα” σε απεικονίσεις του νευρολογικού συστήματος (εγκέφαλος, νωτιαίος μυελός), αλλά και του μυοσκελετικού, όπως π.χ. το γόνατο μετά από κάκωση.



Εικόνα 2 9 Μαγνητικός Τομογράφος

Όπως αναφέρθηκε, για την απεικόνιση των δομών του σώματος χρησιμοποιείται κάθε μορφή ενέργειας. Έτσι, και η Μηχανική Ενέργεια με τη μορφή υψηλής συχνότητας ήχων (υπέρηχοι) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει εικόνες της ανατομίας του εξεταζόμενου. Αν ένας μετατροπέας ενέργειας που παράγει υπέρηχους στείλει έναν βραχείας διάρκειας παλμό μέσα στο σώμα, μέρος των υπερηχητικών κυμάτων θα ανακλασθεί σε κάθε διαχωριστική επιφάνεια που θα συναντήσουν στην πορεία τους. Τα ανακλώμενα κύματα (ηχώ) επιστρέφουν, συλλαμβάνονται και αποθηκεύονται στον μετατροπέα (που είναι ταυτόχρονα πηγή και δέκτης), δημιουργώντας έτσι το υπερηχογράφημα, το οποίο και παρουσιάζεται στην οθόνη ενός υπολογιστή. Υπάρχει και μια δεύτερη μέθοδος απεικόνισης με βάση τους υπέρηχους, η απεικόνιση Doppler, που εκμεταλλεύεται το φαινόμενο αλλαγής της συχνότητας, καθώς ένας πομπός πλησιάζει ή απομακρύνεται από τον παρατηρητή (ή τον ανιχνευτή).

Κάποια άλλα υπολογιστικά συστήματα που λειτουργούν με υπέρηχους είναι τα ενδοσκοπικά συστήματα. Είναι ιατρικές συσκευές που παρέχουν στον ειδικό τη δυνατότητα να επισκοπεί κοίλες περιοχές του σώματος και να επιτελεί επεμβάσεις χωρίς προηγούμενη χειρουργική διάνοιξη. Το φωτεινό είδωλο της επισκοπούμενης περιοχής μεταφέρεται μέσω μιας δέσμης οπτικών ινών. Κάθε οπτική ίνα αποδίδει ένα μικρό μόνο τμήμα του ειδώλου ή ένα εικονοστοιχείο της εικόνας (pixel). Η απεικόνιση της ενδοσκοπικής εικόνας γίνεται σε μια οθόνη monitor με τη τοποθέτηση μιας CCD (Charged-Coupled Device) κάμερας στο εγγύς προς το ενδοσκόπιο άκρο. Η ηλεκτρονική ενδοσκόπηση αντικαθιστά της δέσμης των οπτικών ινών με ένα μικρό CCD-chip, που είναι ένας μικρός ηλεκτρονικός αισθητήρας, ο οποίος μετατρέπει την εικόνα σε ηλεκτρονικούς παλμούς, τη μεταφέρει σε έναν επεξεργαστή και στη συνέχεια στην οθόνη monitor.



Εικόνα 2 10 Ενδοσκοπικό σύστημα Χιον

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο
ΙΑΤΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΚΑΙ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εικόνα αποτελεί στην εποχή μας μία από τις σημαντικότερες πηγές πληροφορίας. Τη συναντούμε ως εικόνα ακίνητη (φωτογραφία) ή κινούμενη (βίντεο), ασπρόμαυρη ή έγχρωμη. Η ψηφιακή εικόνα αποτελεί ό,τι πιο σύγχρονο, τόσο στο χώρο της ενημέρωσης (Internet) και της εκπαίδευσης (multimedia) όσο και στο χώρο του θεάματος της ψυχαγωγίας αλλά και της υγείας (ψηφιακή τηλεόραση, DVD κλπ.).

Η ιατρική εικόνα είναι η απεικόνιση μιας ανατομικής δομής του ανθρώπινου σώματος σε ένα φιλμ ή μία οθόνη. Η απεικόνιση αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια σύγχρονων υπολογιστικών απεικονιστικών συστημάτων.

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 ένα καινούριο κλάδο της Πληροφορικής που ονομάζεται ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση εικόνας.

Όπως δηλώνει και ο τίτλος της, η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας (digital image processing) ασχολείται με την ψηφιακή καταγραφή εικόνων και την επεξεργασία τους με Η/Υ. Επομένως, τόσο η είσοδος όσο και η έξοδος είναι ψηφιακές εικόνες. Το αντικείμενο της επεξεργασίας μπορεί να είναι η βελτίωση της ποιότητας της εικόνας, το φιλτράρισμα του θορύβου καταγραφής ή μετάδοσης, η συμπίεση του όγκου πληροφορίας, η αποθήκευση εικόνας και η ψηφιακή μετάδοσή της.

Η ψηφιακή ανάλυση εικόνας (digital image analysis) ασχολείται με την περιγραφή και αναγνώριση του περιεχομένου της εικόνας. Η περιγραφή αυτή είναι συνήθως συμβολική (γεωμετρική μοντελοποίηση). Επομένως η είσοδος στην ανάλυση εικόνας είναι ψηφιακή εικόνα και η έξοδος συμβολική περιγραφή. Η ανάλυση εικόνας προσπαθεί να μιμηθεί την ανθρώπινη όραση, γι' αυτό ένας ταυτόσημος τίτλος της είναι η τεχνητή όραση (computer vision). Η ανθρώπινη όραση όμως είναι ένας πολύπλοκος νευροφisiολογικός μηχανισμός, ο οποίος δύσκολα μπορεί να προσομοιωθεί σε Η/Υ. Για το λόγο αυτό η τεχνητή όραση απέχει πολύ από την ανθρώπινη όραση από άποψη μεθόδων ανάλυσης.

Η ανάλυση εικόνας είναι πιο εύκολη για εφαρμογές όπου το περιβάλλον, τα αντικείμενα και οι συνθήκες φωτισμού είναι προκαθορισμένες (π.χ. σε μονάδες παραγωγής ενός εργοστασίου). Αντιθέτως είναι πολύ πιο δύσκολη σε εφαρμογές όπου το περιβάλλον είναι άγνωστο και τα αντικείμενα πολυπληθή ή ασαφή (πχ. σε βιοϊατρικές εφαρμογές). Γι' αυτό τα πιο πολλά υπάρχοντα συστήματα ανάλυσης εικόνας είναι κατασκευασμένα για εξειδικευμένες εφαρμογές.

Οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στην ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση εικόνας από άποψη εφαρμογών είναι οι εξής :

- Ψηφιακή επεξεργασία σήματος (digital signal processing)
- Γραφική (graphics)
- Αναγνώριση προτύπων (pattern recognition)
- Τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence)
- Τηλεπικοινωνίες και Τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (multi media systems)
- Βάσεις δεδομένων νέας γενιάς.

Η εικόνα στην αναλογική της μορφή είναι ένα δισδιάστατο σήμα $s(t_1, t_2)$ είναι οι δύο ορθογώνιες συντεταγμένες του επιπέδου που συμβατικά συμβολίζονται με x, y). Το σήμα αυτό μπορεί να είναι η φωτεινότητα ενός φιλμ, το ηλεκτρικό ρεύμα σε μια ηλεκτρονική κάμερα, η εικόνα στην οθόνη του ενισχυτή εικόνας, κλπ. Επομένως, είναι πρώτα απ' όλα απαραίτητο να ψηφιοποιηθεί. Έπειτα πρέπει να βρεθούν μαθηματικά εργαλεία που να περιγράφουν το δισδιάστατο πλέον διακριτό σήμα, καθώς και τα συστήματα (μετασχηματισμοί), τα οποία το επεξεργάζονται. Μία ψηφιακή εικόνα $f(x, y)$ διακριτοποιείται τόσο στις χωρικές συντεταγμένες όσο και στη φωτεινότητα. Η ψηφιακή εικόνα μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πίνακας, οι γραμμές και οι στήλες του οποίου δηλώνουν τις χωρικές συντεταγμένες x και y , ενώ οι αντίστοιχες τιμές αντιπροσωπεύουν τη φωτεινότητα f . Τα βιοσήματα είναι αναλογικά, οπότε για να επεξεργαστούν από τους υπολογιστές θα πρέπει να μετατραπούν σε ψηφιακά. Όταν αυτό γίνει σωστά, καμιά πληροφορία δε χάνεται, και το αρχικό αναλογικό σήμα μπορεί να ανακτηθεί από το ψηφιακό με την αντίστροφη μετατροπή. Υπάρχουν τρία είδη ψηφιακών εικόνων που χαρακτηρίζονται από το πλήθος των χρωμάτων που περιέχουν:

1) Δυαδικές εικόνες (binary images): Κάθε εικονοστοιχείο των εικόνων μπορεί να χρωματιστεί με ένα από δύο χρώματα (συνήθως άσπρο ή μαύρο). Για κάθε εικονοστοιχείο απαιτείται ένα bit πληροφορίας, με τιμή μηδέν (0) για το μαύρο και ένα (1) για λευκό. Οι εικόνες των εγγράφων που αποτελούνται μόνο από το χρώμα του χαρτιού και της μελάνης αναπαρίστανται σε δυαδική ψηφιακή μορφή.

2) Εικόνες αποχρώσεων του γκρι (gray level images): Κάθε εικονοστοιχείο των εικόνων μπορεί να χρωματιστεί με μία από τις αποχρώσεις του γκρι οι οποίες ξεκινούν από το μαύρο και καταλήγουν στο λευκό. Από αυτές τις αποχρώσεις συνήθως λαμβάνονται 256 αντιπροσωπευτικές που κωδικοποιούνται με τιμές 0,1,2,...255. Η απόχρωση κάθε εικονοστοιχείου προφανώς απαιτεί πληροφορία ενός byte.

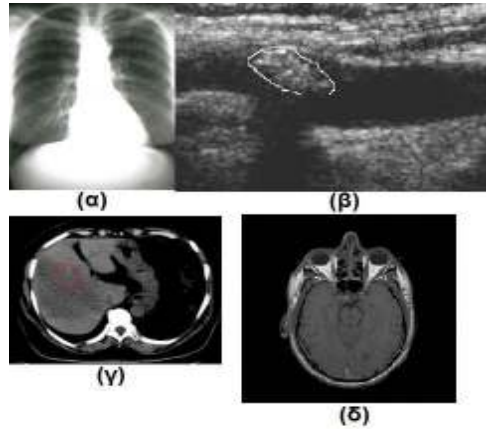
3) Έγχρωμες εικόνες (color images) στις οποίες κάθε εικονοστοιχείο χρωματίζεται με χρώματα που προέρχονται από την ανάμειξη των αποχρώσεων του κόκκινου, πράσινου και μπλε (RGB). Για κάθε ένα από τα τρία αυτά χρώματα λαμβάνονται 256 αποχρώσεις, δηλαδή πληροφορία του ενός byte. Συνεπώς κάθε εικονοστοιχείο της έγχρωμης εικόνας απαιτεί 3 bytes.

Οι υπολογιστές λειτουργούν με διακριτά σήματα, τα οποία παράγονται από τα αναλογικά σήματα με δειγματοληψία. Στη δειγματοληψία, το πλάτος του αναλογικού σήματος μετριέται σε διαστήματα που ισαπέχουν και μετατρέπονται σε διακριτές τιμές, που εκφράζονται ως δυαδικοί αριθμοί. Η διαδικασία αυτή καλείται κβαντοποίηση και πραγματοποιείται σε έναν μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό (ADC ή A-D converter). Για σωστή δειγματοληψία είναι σημαντικό να μην χάνεται πληροφορία (δηλαδή η εντροπία του σήματος δεν πρέπει να αυξάνει) ούτως ώστε να μην παρεμποδίζεται η ερμηνεία του σήματος. Αν ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι πολύ μικρός τότε μπορεί να υπάρξει απώλεια πληροφορίας, ενώ αν είναι πολύ υψηλός τότε τα επιπλέον δείγματα είναι περιττά μιας και δε δίνουν περισσότερη πληροφορία και απαιτούν μεγαλύτερη υπολογιστική μνήμη. Π.χ. είναι ανάρμοστο να υπολογίζεται η πίεση του αίματος ενός ασθενή κάθε millisecond σε μια ανάλυση δεκάτων mm Hg. Για τη διευκόλυνση της επεξεργασίας με χρήση ψηφιακού υπολογιστή, η ανάκτηση των εικόνων μιας περιοχής του σώματος πρέπει να γίνεται σε ψηφιακή μορφή. Αυτό σημαίνει ότι η περιοχή του σώματος χωρίζεται νοητά σε μικρά κυβοειδή στοιχεία όγκου (voxels) και η απεικονιστική συσκευή υπολογίζει την τιμή μίας ιδιότητας του σώματος μέσα σε κάθε τέτοιο στοιχείο. Το 2D ανάλογο του voxel είναι το pixel (στοιχείο εικόνας). Για χώρους περισσοτέρων διαστάσεων χρησιμοποιείται, επίσης, ο όρος voxel.

3.2 ΕΙΔΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

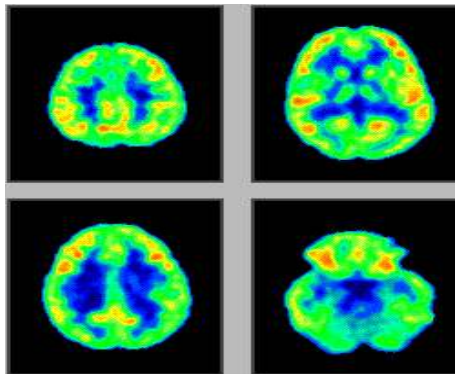
Η ακριβής και έγκαιρη διάγνωση, η εκτίμηση της πορείας μιας νόσου, αλλά και ο σχεδιασμός θεραπευτικών παρεμβάσεων βασίζονται σήμερα σε σημαντικό βαθμό στην ιατρική απεικόνιση και εξαρτώνται τόσο από τη συλλογή των απεικονιστικών δεδομένων όσο και από την ερμηνεία-διαχείριση των λαμβανόμενων εικόνων. Τα τελευταία χρόνια, ο ρόλος και η συμβολή της ιατρικής απεικόνισης στη διαγνωστική και θεραπευτική διαδικασία έχει ενισχυθεί θεαματικά εξαιτίας όχι μόνο των εξελίξεων στα ανιχνευτικά συστήματα αλλά και στην τεχνολογία των υπολογιστών. Για παράδειγμα, μια από τις σημαντικότερες εξελίξεις στην ιατρική απεικόνιση σχετίζεται με την τομογραφική απεικόνιση του ανθρώπινου σώματος, η οποία εξαρτάται ουσιαστικά από τις διαθέσιμες δυνατότητες υπολογιστικής ισχύος και αποθήκευσης δεδομένων και παράγει τρισδιάστατες (3D) αναπαραστάσεις υψηλής ποιότητας στην οθόνη του υπολογιστή.

Τα σύγχρονα συστήματα ιατρικής απεικόνισης παρέχουν πληροφορία για εσωτερικές δομές του ανθρώπινου σώματος με βάση σύνολα δεδομένων 2, 3, 4 ή ακόμη και 5 διαστάσεων. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα αναφέρονται στη συνέχεια. Δεδομένα δύο διαστάσεων (2D) μπορεί να αντιστοιχούν σε μια ψηφιακή ακτινογραφία, μια τομογραφική εικόνα από ένα σύνολο δεδομένων υπολογιστικής τομογραφίας (CT), μαγνητικής τομογραφίας (MRI), τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (PET), τομογραφίας εκπομπής φωτονίου (SPECT), μια εικόνα υπερηχοτομογραφίας (US), λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας (fMRI) κ.λπ.



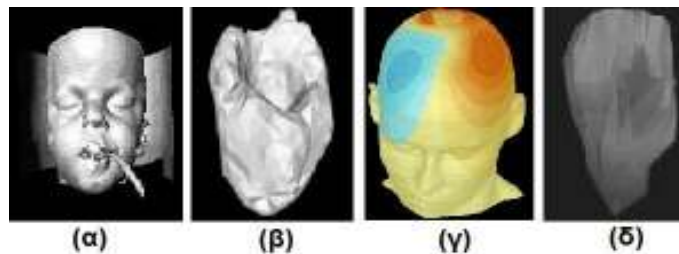
Εικόνα 3 1 Παραδείγματα 2D ιατρικών δεδομένων (α) Ακτινογραφία θώρακα. (β) Υπερηχοτομογραφία καρωτίδας (αθηρωματική πλάκα). (γ) Υπολογιστική τομογραφία άνω κοιλίας (ηπατοκυταρικός καρκίνος). (δ) Μαγνητική τομογραφία (εγκέφαλος).

Δεδομένα τριών διαστάσεων (3D) μπορεί να αντιστοιχούν σε μια χρονική αλληλουχία από 2D δεδομένα (ακτινογραφίες ή εικόνες τομογραφίας από δυναμική μελέτη κάποιας περιοχής ενδιαφέροντος) ή ένα σύνολο από τομογραφικές εικόνες ενός στατικού αντικειμένου ενδιαφέροντος.



Εικόνα 3 2 Τομές από εξέταση τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (εγκέφαλος).

Δεδομένα τεσσάρων διαστάσεων (4D) μπορεί να αντιστοιχούν σε δυναμική αλληλουχία 3D δεδομένων από μία δυναμική τομογραφική μελέτη και δεδομένα πέντε διαστάσεων (5D) μπορεί να αντιστοιχούν σε μια χρονική αλληλουχία 3D δεδομένων από μια δυναμική τομογραφική μελέτη που απεικονίζει επιπλέον την τιμή κάποιας παραμέτρου ενδιαφέροντος (π.χ. μελέτη μαγνητικής φασματοσκοπίας της καρδιάς).



Εικόνα 3 3 Παραδείγματα πολυδιάστατων ιατρικών δεδομένων α) ανακατασκευή εξωτερικής επιφάνειας κεφαλιού από δεδομένα υπολογιστικής τομογραφίας (3D) (β) Στιγμιότυπο από δυναμική τομογραφική μελέτη καρδιάς (4D) (γ) Κατανομή ηλεκτρικού πεδίου στο ανθρώπινο κεφάλι (4D) (δ) Στιγμιότυπο από δυναμική τομογραφική μελέτη καρδιάς με κωδικοποίηση της συσταλτικότητας του μυοκαρδίου (5D).

3.3 ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνων είναι μια σύνθετη διαδικασία επεξεργασίας δεδομένων με χρήση υπολογιστή για την επίτευξη συγκεκριμένου στόχου. Είναι η υπολογιστική απεικόνιση όπου η εφαρμογή περιλαμβάνει στην οπτική της αλυσίδα τον άνθρωπο. Με άλλα λόγια, οι εικόνες εξετάζονται και χρησιμοποιούνται από ανθρώπους. Γι' αυτούς τους τύπους εφαρμογών χρειάζεται η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του ανθρώπινου συστήματος όρασης.

Η ψηφιακή επεξεργασία των ιατρικών εικόνων περιλαμβάνει στη γενικότερη περίπτωση πολλά και διαφορετικά στάδια ανάλογα με τη μορφή και την αρχική κατάσταση της ψηφιακής εικόνας και το επιθυμητό τελικό αποτέλεσμα. Στη διαδικασία αυτή είναι χρήσιμες οι τεχνικές επεξεργασίας σημάτων, ενώ απαιτείται ο συνδυασμός μαθηματικών μεθόδων και μοντέλων με αντίστοιχες μεθόδους επίλυσης και ανάπτυξη αντίστοιχου λογισμικού. Οι διαδικασίες που αφορούν στην επεξεργασία πολυδιάστατων ιατρικών δεδομένων μπορούν συνοπτικά να περιγραφούν με τις επόμενες τέσσερις ομάδες:



Εικόνα 3 4 Τυπικό σύστημα διαδικασιών επεξεργασίας ιατρικών εικόνων

Προεπεξεργασία. Οι διαδικασίες σε αυτήν την ομάδα χαρακτηρίζονται ως διαδικασίες χαμηλού επιπέδου. Αποσκοπούν στη βελτίωση της ποιότητας απεικόνισης των δομών ενδιαφέροντος και περιλαμβάνουν διαδικασίες αφαίρεσης θορύβου, εξομάλυνσης, ενίσχυσης ακμών, αλλά και παρεμβολής για τη βελτίωση της 3D παρουσίας δομών ενδιαφέροντος. Η είσοδος στις διαδικασίες αυτής της κατηγορίας είναι ένα πολυδιάστατο σύνολο δεδομένων και το αποτέλεσμα είναι πάλι ένα πολυδιάστατο σύνολο δεδομένων.

Εξαγωγή δομών ενδιαφέροντος. Οι αντίστοιχες διαδικασίες χαρακτηρίζονται ως διαδικασίες ενδιάμεσου επιπέδου και έχουν ως στόχο τον προσδιορισμό ενός συστήματος ανατομικών δομών ενδιαφέροντος. Περιλαμβάνουν την εξαγωγή των δομών ενδιαφέροντος από τα δεδομένα, την απόδοση επικεφαλής και την ομαδοποίηση των δομών ενδιαφέροντος. Η είσοδος στις διαδικασίες αυτής της κατηγορίας είναι ένα πολυδιάστατο σύνολο δεδομένων και το αποτέλεσμα είναι πάλι ένα πολυδιάστατο σύνολο δεδομένων ή κάποια άλλη υπολογιστική παραμετρική περιγραφή του συστήματος ενδιαφέροντος.

Ανάλυση και αναγνώριση: Οι διαδικασίες αυτής της ομάδας χαρακτηρίζονται ως διαδικασίες υψηλού επιπέδου και δίνουν έμφαση στην ποσοτικοποίηση της μορφολογικής και λειτουργικής πληροφορίας ενός συστήματος και στην ταυτοποίηση συγκεκριμένων δομών με τη βοήθεια κατάλληλης βάσης δεδομένων ή «λεξικού», σύμφωνα με τα ποσοτικοποιημένα χαρακτηριστικά. Η είσοδος σε αυτές τις διαδικασίες είναι ένα πολυδιάστατο σύνολο δεδομένων και το αποτέλεσμα κάποια ποσοτικά χαρακτηριστικά και ταυτότητες δομών ενδιαφέροντος.

Μοντελοποίηση. Οι διαδικασίες αυτής της ομάδας χαρακτηρίζονται ως διαδικασίες υψηλού επιπέδου και αποσκοπούν στη δημιουργία μοντέλων ανατομικών δομών και στη βέλτιστη δυνατή απεικόνιση και αναπαράσταση της μορφολογίας ή/και της λειτουργίας ενός συστήματος αντικειμένων. Η είσοδος σε αυτές τις διαδικασίες είναι ένα πολυδιάστατο σύνολο δεδομένων ή κάποια άλλη υπολογιστική αναπαράσταση ενός συστήματος αντικειμένων και η έξοδος ένα σύνολο εικόνων που αποδίδουν/αναπαριστούν την πολυδιάστατη δομή ή/και τη λειτουργία του συστήματος. Επιπλέον, οι διαδικασίες αυτής της ομάδας περιλαμβάνουν και διαδικασίες διαχείρισης/μοντελοποίησης των δεδομένων που αναφέρονται στην εικονική τροποποίηση των αντικειμένων ενός συστήματος, όπως π.χ. συμβαίνει κατά την προσομοίωση κάποιας χειρουργικής επέμβασης. Η είσοδος σε διαδικασίες διαχείρισης είναι μια υπολογιστική αναπαράσταση ενός συστήματος αντικειμένων και το αποτέλεσμα είναι η υπολογιστική αναπαράσταση του εικονικά τροποποιημένου συστήματος.

3.3.1 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

Αποκατάσταση εικόνας είναι η διαδικασία κατά την οποία μια εικόνα γνωστή ή υπολογιζόμενη υποβάθμισε (degradation) επαναφέρεται στην αρχική της μορφή. Η αποκατάσταση εικόνας χρησιμοποιείται συχνά στο χώρο της φωτογραφίας ή των εκδόσεων όπου μια εικόνα έχει κατά κάποιο τρόπο παραμορφωθεί αλλά χρειάζεται να βελτιωθεί πριν εκτυπωθεί. Γι' αυτού του είδους τις εφαρμογές χρειάζεται γνώση σχετικά με τη διαδικασία της παραμόρφωσης. Υπάρχει, λοιπόν, το στάδιο της εξαγωγής θορύβου (filtering) και της διόρθωσης (αποκατάστασης-restoration) σφαλμάτων που προκλήθηκαν είτε από το μέσο μεταξύ εικόνας και συστήματος απόκτησης είτε και από το ίδιο σύστημα απόκτησης. Τα σφάλματα αυτά θα πρέπει να διορθωθούν πριν το επόμενο στάδιο της επεξεργασίας εικόνας. Μερικά σφάλματα που παρουσιάζονται στην εικόνα κατά τη διάρκεια της απόκτησής της είναι ο θερμικός θόρυβος ή και ο θόρυβος αιχμών (από το σύστημα απόκτησης) και η θόλωση εικόνας. Η θόλωση προκαλείται συνήθως από την οπτική ανομοιογένεια του μέσου (αέρας) ή τη σχετική κίνηση της εικόνας ως προς το σύστημα απόκτησης. Ο καλύτερος τρόπος για τη διόρθωση των σφαλμάτων είναι να περιγραφεί μαθηματικά η αιτία που τα προκαλεί και να υλοποιηθεί με το σύστημα αποκατάστασης η αντίστροφη διαδικασία.

Ένα βασικό εργαλείο από τη θεωρία του φιλτραρίσματος που χρησιμοποιείται ευρέως στην αποκατάσταση εικόνας ονομάζεται Wiener filter. Αυτό το φίλτρο δίνει το καλύτερο μέσο τετραγωνικό σφάλμα υπολογισμένο στο αντικείμενο από παρατηρήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πεδίο συχνοτήτων μέσω γρήγορων μοναδιαίων μετασχηματισμών, σε χωρικά πεδία με δισδιάστατες αναδρομικές τεχνικές παρόμοιες του φιλτραρίσματος Kalman, ή μέσω μη αναδρομικών φίλτρων FIR. Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί ως ημιαναδρομικό φίλτρο που εξυπηρετεί ένα μοναδιαίο μετασχηματισμό σε μία από τις διαστάσεις και ένα μη αναδρομικό φίλτρο στην άλλη. Κάποιες άλλες μέθοδοι αποκατάστασης της εικόνας όπως τα ελάχιστα τετράγωνα και μέθοδοι παρεμβολής ανήκουν στην κατηγορία φιλτραρίσματος Wiener. Άλλες μέθοδοι όπως η μεγιστοποίηση της εντροπίας είναι μη γραμμικές τεχνικές που απαιτούν επαναλαμβανόμενες διαδικασίες.

Για τη βελτίωση ιατρικών εικόνων χρησιμοποιούνται ευρύτατα τα λεγόμενα χωρικά (γραμμικά ή μη γραμμικά) φίλτρα (spatial filters). Τυπικό γραμμικό φίλτρο για την εξάλειψη προσθετικού θορύβου είναι το φίλτρο μέσου όρου, ενώ ένα από τα πιο σημαντικά μη γραμμικά φίλτρα είναι το φίλτρο ενδιάμεσης τιμής. Επιπλέον στην κατηγορία των χωρικών φίλτρων περιλαμβάνονται και τα φίλτρα παραγωγισής που έχουν την ιδιότητα να προκαλούν όξυνση των λεπτομερειών της εικόνας (sharpening filters).

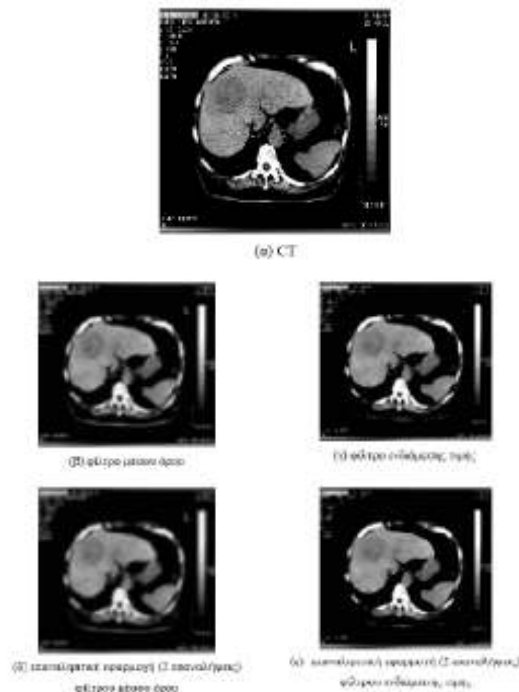
Κατά το φιλτράρισμα μιας εικόνας, η νέα τιμή χρωματικής πυκνότητας που αντιστοιχεί σε κάθε στοιχείο της είναι η τιμή μιας συνάρτησης με μεταβλητές τις τιμές που αντιστοιχούν σε στοιχεία που βρίσκονται μέσα σε μία περιοχή (παράθυρο) με κέντρο το θεωρούμενο στοιχείο. Οι τελεστές που χρησιμοποιούνται είναι κύρια ευρετικοί (heuristics) και έχουν απλή μορφή ώστε να επιτρέπουν τη γρήγορη επεξεργασία της εικόνας. Στα γραμμικά φίλτρα, η συνάρτηση αυτή είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των τιμών των στοιχείων του παραθύρου.

Οι γραμμικές μέθοδοι φιλτραρίσματος δεν μπορούν να εξομαλύνουν το θόρυβο μιας εικόνας χωρίς ταυτόχρονα να θολώσουν τις ακμές και άλλες οξείες λεπτομέρειες, όπως θα ήταν επιθυμητό. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την εφαρμογή μη γραμμικής επεξεργασίας. Τα μη γραμμικά

φίλτρα δρουν επίσης σε περιοχές γύρω από το κάθε στοιχείο και οι νέες τιμές των στοιχείων της εικόνας προκύπτουν από έναν μη γραμμικό συνδυασμό των αρχικών τιμών. Οι πιο ενδεικτικές μη γραμμικές σχέσεις είναι η ενδιάμεση τιμή και η μέγιστη τιμή. Ένα μη γραμμικό φίλτρο, που χρησιμοποιείται πολύ συχνά για εξομάλυνση εικόνας με αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα, είναι το φίλτρο ενδιάμεσης τιμής (Median Filter). Το φίλτρο αυτό είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό σε περιπτώσεις ύπαρξης έντονου υψίσυχνου θορύβου. Συγκεκριμένα, η αρχική τιμή ενός στοιχείου αντικαθίσταται από την ενδιάμεση τιμή των στοιχείων ενός παραθύρου με κέντρο το στοιχείο αυτό. Για την εύρεση της ενδιάμεσης τιμής, για ένα σύνολο στοιχείων, πραγματοποιείται προηγουμένως ταξινόμηση των τιμών των στοιχείων του παραθύρου, από τη μικρότερη προς τη μεγαλύτερη, ή αντίστροφα.

Το πλεονέκτημα αυτού του φίλτρου είναι ότι δημιουργεί διακριτές περιοχές ενδιαφέροντος και η μετάβαση από τη μια περιοχή στην άλλη γίνεται απότομα, με αποτέλεσμα η ακμή να μη θολώνεται. Επίσης, τα αποτελέσματα μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά με επαναληπτική εφαρμογή του φίλτρου ενδιάμεσης τιμής. Αντίθετα, αν το φίλτρο μέσου όρου χρησιμοποιηθεί επαναληπτικά, η τελική εικόνα που θα προκύψει θα είναι θολή. Το μειονέκτημα του φίλτρου ενδιάμεσης τιμής είναι ότι σε περιπτώσεις υψηλού θορύβου, το φίλτρο ανιχνεύει εσφαλμένα μη υπαρκτές ακμές, που αντιστοιχούν σε θόρυβο, οι οποίες βέβαια μπορούν στη συνέχεια να απομακρυνθούν με χρήση κατωφλίωσης.

Η άθροιση των τιμών των εικονοστοιχείων (φίλτρο μέσης τιμής) οδηγεί σε θόλωση των λεπτομερειών της εικόνας. Αφού η άθροιση είναι ανάλογη με τη διαδικασία της ολοκλήρωσης, η παραγωγή θα έχει αντίθετο αποτέλεσμα, ενισχύοντας τις λεπτομέρειες της εικόνας. Τα φίλτρα παραγωγής έχουν ως στόχο την έμφαση σε λεπτομέρειες της εικόνας ή τη βελτίωση λεπτομερειών που έχουν θολωθεί είτε κατά λάθος ή σαν συνέπεια συγκεκριμένων μεθόδων συλλογής των δεδομένων.



Εικόνα 3 5 Εφαρμογή φίλτρων μέσου όρου και ενδιάμεσης τιμής με χρήση παραθύρου 3×3 σε εικόνα υπολογιστικής τομογραφίας άνω κοιλίας. (α) CT, (β) φίλτρο μέσου όρου, (γ) φίλτρο ενδιάμεσης τιμής, (δ) επαναληπτική εφαρμογή φίλτρου μέσου όρου, (ε) επαναληπτική εφαρμογή φίλτρου ενδιάμεσης τιμής.

Υπάρχουν φυσικά περιπτώσεις όπου η διαδικασία απόκτησης είναι αρκετά καλή με αποτέλεσμα η εικόνα να μη χρειάζεται αποκατάσταση. Σε άλλες περιπτώσεις το στάδιο της αποκατάστασης είναι το τελευταίο πριν την επίδειξη της εικόνας.

3.3.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

Οι ιατρικές εικόνες περιέχουν συνήθως υψίσυχο θόρυβο, που οφείλεται σε εξωγενή φαινόμενα κατά την εξέταση του ασθενούς (π.χ. ηλεκτρομαγνητικά πεδία στο χώρο, κίνηση ασθενούς, αναπνοή) ή/και θόρυβο κατά την επεξεργασία και αποθήκευση των αποτελεσμάτων (π.χ. θόρυβος εξαιτίας του συστήματος δειγματοληψίας ή εξαιτίας του καναλιού μετάδοσης). Ο θόρυβος αυτός είναι ανεπιθύμητος και απαιτείται η αφαίρεσή του, χωρίς όμως την απώλεια σημαντικής ανατομικής ή λειτουργικής πληροφορίας που εμπεριέχεται στην εικόνα. Για τη μείωση του θορύβου, την εξομάλυνση και γενικά τη βελτίωση της ποιότητας της εικόνας χρησιμοποιούνται τεχνικές που αποσκοπούν στην παραγωγή εικόνας καταλληλότερης από την αρχική για μια συγκεκριμένη εφαρμογή.

Η βελτίωση εικόνας έχει σκοπό να τονίσει ή να οξύνει χαρακτηριστικά της εικόνας, όπως ακμές, όρια και αντιθέσεις ώστε να καθιστά ένα γράφημα πιο εύχρηστο για εμφάνιση και ανάλυση. Η διαδικασία της βελτίωσης δεν αυξάνει την πληροφορία που περιέχεται στα στοιχεία, αλλά αυξάνει τη δυναμική περιοχή επιλεγμένων χαρακτηριστικών, έτσι ώστε να μπορούν εύκολα να ανιχνευθούν. Η βελτίωση της εικόνας περιλαμβάνει χειρισμό των επιπέδων του γκρι και της αντίθεσης, μείωση του θορύβου, όξυνση των ακμών, φιλτράρισμα, παρεμβολή και μεγέθυνση, ψευδοχρωματισμό κ.τ.λ.

Η μεγαλύτερη δυσκολία στη βελτίωση εικόνας είναι ο προσδιορισμός του κατάλληλου κριτηρίου και η επιλογή της καλύτερης διαδικασίας ώστε να πραγματοποιηθεί βελτίωση. Γι' αυτό το λόγο ένας μεγάλος αριθμός τεχνικών βελτίωσης εικόνας είναι εμπειρικές και απαιτούν αλληλοεξαρτώμενες διαδικασίες για να λάβουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, η βελτίωση εικόνας παραμένει ένα πολύ σημαντικό αντικείμενο λόγω της χρησιμότητάς της σε όλες τις εφαρμογές της επεξεργασίας εικόνας.

Για τη μείωση του θορύβου και γενικότερα για τη βελτίωση της ποιότητας των εικόνων, χρησιμοποιούνται συνήθως οι παρακάτω τεχνικές:

- τεχνικές που επεξεργάζονται την εικόνα στο πεδίο της συχνότητας και εκμεταλλεύονται το φάσμα της εικόνας,
- τεχνικές που επεξεργάζονται την εικόνα στο πεδίο του χώρου και εκμεταλλεύονται τις γεωμετρικές ιδιότητες της εικόνας και
- τεχνικές που εκμεταλλεύονται το συσχετισμό της πληροφορίας από εικόνα σε εικόνα, όπως κατά τη λήψη video (επέκταση στο χρόνο) ή σε ένα σύνολο τομών του ίδιου ασθενή (επέκταση στο χώρο).

Τεχνικές για αύξηση ψηφιακής εικόνας χρησιμοποιούνται ευρέως στην ακτινολογία με σκοπό να αυξήσει την αντίθεση των χαρακτηριστικών της εικόνας. Συμβατικές παγκόσμιες μέθοδοι αύξησης, όπως contrast stretching και histogram equalization, παράγουν μια γενική αύξηση αντίθεσης, αλλά συνήθως αποτυγχάνουν να αυξήσουν την αντίθεση των τοπικών χαρακτηριστικών.

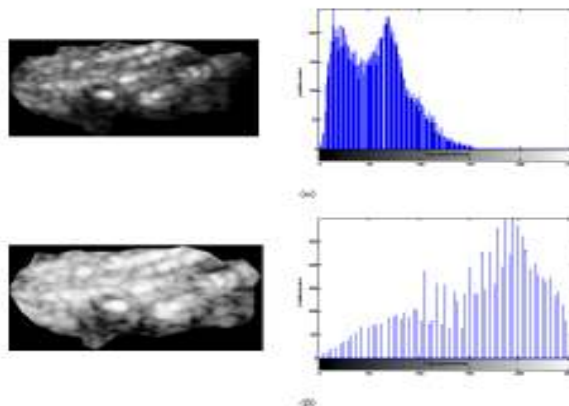
Στη συνέχεια παρουσιάζονται διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται συχνά για τη βελτίωση της ποιότητας ιατρικών εικόνων. Οι τεχνικές αυτές βασίζονται είτε σε σημειακή επεξεργασία (point processing) και χρησιμοποιούν μόνο τη χρωματική πυκνότητα μεμονωμένων στοιχείων εικόνας είτε στη χρήση κατάλληλων χωρικών φίλτρων.

3.3.2.1 ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ-ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ

Τυπικές τεχνικές βελτίωσης της ποιότητας ιατρικών εικόνων με βάση σημειακή επεξεργασία είναι οι τεχνικές επεξεργασίας του ιστογράμματος της εικόνας. Το ιστόγραμμα μιας εικόνας με χρωματική πυκνότητα είναι μια διακριτή συνάρτηση, η οποία παρουσιάζει τη συχνότητα εμφάνισης της χρωματικής πυκνότητας. Το γράφημα αυτής της συνάρτησης παρέχει γενικές πληροφορίες για τη μορφή της εικόνας, όπως το δυναμικό εύρος και η αντίθεση της εικόνας (σκοτεινή, φωτεινή, υψηλής ή χαμηλής αντίθεσης). Η μορφή του ιστογράμματος της εικόνας παρέχει σημαντική πληροφορία για τη δυνατότητα ενίσχυσης αντίθεσης της εικόνας.

Η εμφάνιση της εικόνας είναι δυνατό να αλλάξει σημαντικά με την εφαρμογή κατάλληλου μετασχηματισμού που μεταβάλλει τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας των χρωματικών

πυκνοτήτων (ιστόγραμμα της εικόνας). Η πιο σημαντική τεχνική αυτής της κατηγορίας ονομάζεται εξισορρόπηση ή γραμμικοποίηση ιστογράμματος.



Εικόνα 3 6 Εξισορρόπηση ιστογράμματος σε περιοχή ενδιαφέροντος από υπερηχοτομογράφημα καρωτίδας που αντιστοιχεί σε αθηρωματική πλάκα. (α) αρχική εικόνα και αντίστοιχο ιστόγραμμα (β) εικόνα μετά από εξισορρόπηση ιστογράμματος και αντίστοιχο ιστόγραμμα.

3.3.2.2 ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ (IMAGE SEGMENTATION)

Το πρώτο βήμα στην ανάλυση εικόνας, γενικά, είναι η κατάτμηση εικόνας. Η κατάτμηση υποδιαιρεί μια εικόνα στα τμήματα ή τα αντικείμενα που την αποτελούν. Το σημείο μέχρι το οποίο η υποδιαίρεση συνεχίζεται εξαρτάται από το πρόβλημα το οποίο πρέπει να επιλυθεί. Αυτό σημαίνει ότι η κατάτμηση πρέπει να σταματά όταν τα αντικείμενα ενδιαφέροντος έχουν απομονωθεί.

Οι αλγόριθμοι κατάτμησης για μονόχρωμες εικόνες γενικά βασίζονται σε δυο ιδιότητες των τιμών των επιπέδων αμαύρωσης: στην ασυνέχεια και στην ομοιότητα. Στην πρώτη κατηγορία, η προσέγγιση είναι η διαίρεση της εικόνας βασισμένη σε αδρές αλλαγές στα επίπεδα αμαύρωσης. Οι βασικές περιοχές ενδιαφέροντος σε αυτήν την κατηγορία είναι η ανίχνευση απομονωμένων σημείων και η ανίχνευση γραμμών και αιχμών στην εικόνα.

Οι βασικές προσεγγίσεις στη δεύτερη κατηγορία βασίζονται στο thresholding (εφαρμογή κατωφλίου) στην περιοχή ανάπτυξης και στην περιοχή διάσπασης και απορρόφησης. Η σκέψη της κατάτμησης μιας εικόνας βασισμένη στην ασυνέχεια ή την ομοιότητα των τιμών των επιπέδων αμαύρωσης των pixels της, είναι εφαρμόσιμη τόσο σε στατικές όσο και δυναμικές (χρονικά μεταβαλλόμενες) εικόνες. Στην περίπτωση των δυναμικών εικόνων, η κίνηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα καλό βοήθημα στη βελτίωση της απόδοσης των αλγορίθμων κατάτμησης.

Οι διάφορες μέθοδοι κατάτμησης που αναλύονται παρακάτω είναι :

1. Ανίχνευση Ακμών
2. Εφαρμογή κατωφλίου
3. Διαχωρισμός Περιοχών
4. Ενεργά Περιγράμματα
5. Τμηματοποίηση με χρήση Τεχνικών Ταξινόμησης

Η κατάτμηση έντασης του ήχου είναι ένα σημαντικό μέρος των βασισμένων σε υπολογιστή ιατρικών εφαρμογών για τη διάγνωση και την ανάλυση των ανατομικών στοιχείων. Με τις γρήγορες προόδους στις ιατρικές μορφές απεικόνισης και τις τεχνικές απεικόνισης έντασης του ήχου, η βασισμένη σε υπολογιστή διάγνωση γίνεται γρήγορα μια πραγματικότητα. Αυτά τα βασισμένα σε υπολογιστή εργαλεία επιτρέπουν στους επιστήμονες και τους παθολόγους να καταλάβουν και να εντοπίσουν τις ανατομικές δομές.

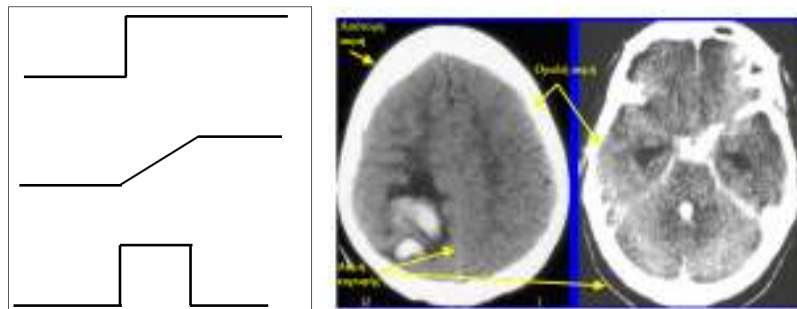
Η κατάτμηση έντασης του ήχου διαδραματίζει έναν κρίσιμο ρόλο από τη διευκόλυνση της αυτόματης ή ημιαυτόματης εξαγωγής του ανατομικού οργάνου ή της περιοχής ενδιαφέροντος. Σε αυτήν την αναθεώρηση, παρέχεται μια εισαγωγή στους διάφορους αλγορίθμους κατάτμησης που

βρίσκονται στη λογοτεχνία. Η ταξινόμηση των αλγορίθμων γίνεται σε τρεις κατηγορίες: δομικές τεχνικές, στατιστικές τεχνικές και υβριδικές τεχνικές. Κάτω από τις δομικές τεχνικές θα αναθεωρηθούν οι αλγόριθμοι που παίρνουν υπόψη τις δομικές πληροφορίες για την κατάτμηση. Οι πιθανολογικές τεχνικές είναι εκείνες που εκτελούν την κατάτμηση που βασίζεται στις στατιστικές μεθόδους ανάλυσης και κάτω από τις υβριδικές τεχνικές θα αναθεωρηθούν οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν τις δομικές πληροφορίες εκτός από τη στατιστική ανάλυση.

3.3.2.3 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΚΜΩΝ

Ως ακμή ορίζεται το όριο μεταξύ περιοχών με σχετικά διακριτές τιμές χρωματικών πυκνοτήτων. Έστω ότι οι περιοχές είναι αρκετά ομοιογενείς ώστε η μεταβολή των χρωματικών πυκνοτήτων να είναι αρκετή για τον προσδιορισμό της μετάβασης μεταξύ περιοχών. Αν δεν ικανοποιείται αυτή η υπόθεση, τότε οι τεχνικές καταφώλιωσης και διαχωρισμού περιοχών, είναι καταλληλότερες.

Υπάρχουν τρεις τύποι ακμών: απότομη ακμή, ομαλή ακμή και ακμή τύπου κορυφής.

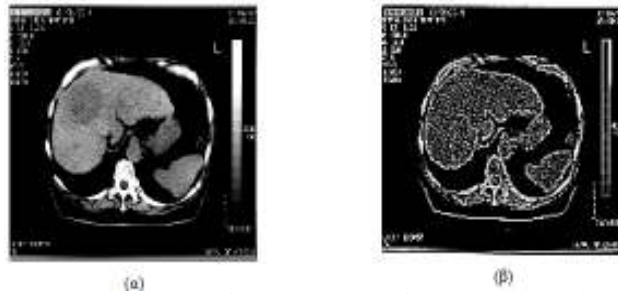


Εικόνα 3 7 Είδη ακμών (α) απότομη, (β) ομαλή, (γ) κορυφής και Είδη ακμών σε υπολογιστική τομογραφία εγκεφάλου

Η βασική ιδέα πίσω από όλες τις μεθόδους ανίχνευσης ακμών είναι οι μαθηματικές τεχνικές παραγώγων, διανυσμάτων και η μέθοδος Laplace. Μια ευρύτατα χρησιμοποιούμενη μέθοδος ανίχνευσης ακμών βασίζεται στη χρήση της κλίσης της εικόνας που υπολογίζεται με τη βοήθεια υπολογισμού παραγώγων σε κάθε θέση στοιχείου εικόνας. Οι παράγωγοι αυτές μπορούν να υλοποιηθούν ψηφιακά με διάφορους τρόπους.

Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην παρατήρηση ότι στην περιοχή των ορίων των αντικειμένων, το πλάτος της κλίσης της έντασης των χρωματικών πυκνοτήτων έχει πολύ υψηλότερη τιμή από ότι μακριά από τα όρια. Κατά συνέπεια, το σύνολο των στοιχείων ενός οργάνου στα οποία το πλάτος της κλίσης έχει σημαντική τιμή, αναπαριστούν το σύνολο των στοιχείων του ζητούμενου περιγράμματος του οργάνου.

Δυστυχώς όμως, στην πράξη, το σύνολο των στοιχείων που προσδιορίζεται με αυτό τον τρόπο περιλαμβάνει και άλλα στοιχεία που δεν ανήκουν στη δομή ενώ ακόμη μπορεί να αποτύχει στην ανίχνευση στοιχείων που ανήκουν στη δομή. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, έχει αναπτυχθεί μια σειρά τεχνικών βελτιστοποίησης για την ελαχιστοποίηση των στοιχείων του περιγράμματος που λείπουν και των στοιχείων που δεν ανήκουν στο περίγραμμα. Μια τέτοια προσέγγιση αναφέρεται στην απόδοση μίας τιμής κόστους σε κάθε υπονήφιο στοιχείο του περιγράμματος και την ανίχνευση του συνόλου εκείνου των στοιχείων που ελαχιστοποιούν αυτό το κόστος για να αποτελέσουν το τελικό περίγραμμα.



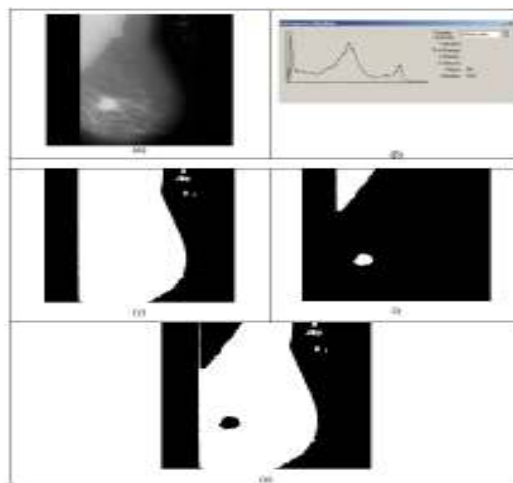
Εικόνα 3 8 Ανίχνευση περιγραμμάτων από υπολογιστική τομογραφία άνω κοιλίας (α), με χρήση του τελεστή κλίσης (β).

3.3.2.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ (THRESHOLDING)

Μία από τις βασικές τεχνικές τμηματοποίησης εικόνων είναι η κατωφλίωση. Η κατωφλίωση με βάση κάποιο χαρακτηριστικό της εικόνας, όπως το επίπεδο χρωματικών πυκνοτήτων, είναι μία πολύ σημαντική τεχνική της επεξεργασίας και ανάλυσης εικόνων, καθώς συχνά αποτελεί το πρώτο βήμα για ανίχνευση -προσδιορισμό αντικειμένων. Πρέπει να αναφερθεί ότι το πρόβλημα της τμηματοποίησης μπορεί να είναι πολύ σύνθετο, λόγω των φαινομένων ύπαρξης θορύβου, σκιών ή άλλων γεωμετρικών παραμορφώσεων. Η κατωφλίωση μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία που περιλαμβάνει ελέγχους και σύγκριση κάποια ιδιότητας των στοιχείων, όπως της τιμής της χρωματικής πυκνότητας, της υψής κ.ά.

Η κατωφλίωση μπορεί να βασίζεται στη χρήση σταθερού κατωφλίου T για όλη την εικόνα (ολική κατωφλίωση) ή προσαρμοστικού κατωφλίου, του οποίου η τιμή εξαρτάται από τις τοπικές ιδιότητες της εικόνας (προσαρμοστική κατωφλίωση). Έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές για την επιλογή του κατωφλίου, καμία όμως δεν εξασφαλίζει γενική αποτελεσματικότητα. Συνήθως η επιλογή κατωφλίου εμπλέκει ανάλυση του ιστογράμματος της εικόνας. Για παράδειγμα η μέση χρωματική πυκνότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τιμή κατωφλίου. Αν η κατωφλίωση γίνεται με βάση την τιμή του κάθε στοιχείου, μπορεί να υλοποιηθεί είτε ακολουθιακά, με τη συνήθη σάρωση της εικόνας σε γραμμές (raster scan), ή παράλληλα, όπου η επεξεργασία κάθε στοιχείου γίνεται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της εκτέλεσης. Κατά τη διαδικασία κατωφλίωσης τα στοιχεία εικόνας (pixels) ή όγκου (voxels) κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες και δημιουργείται μια δυαδική εικόνα.

Η επιτυχία της κατωφλίωσης εξαρτάται σημαντικά από την επιλογή της τιμής κατωφλίου. Ένα παράδειγμα εφαρμογής σε μαστογραφία και η επίδραση της τιμής του ή των επιλεγόμενων κατωφλίων, με βάση το ιστόγραμμα της εικόνας, παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα

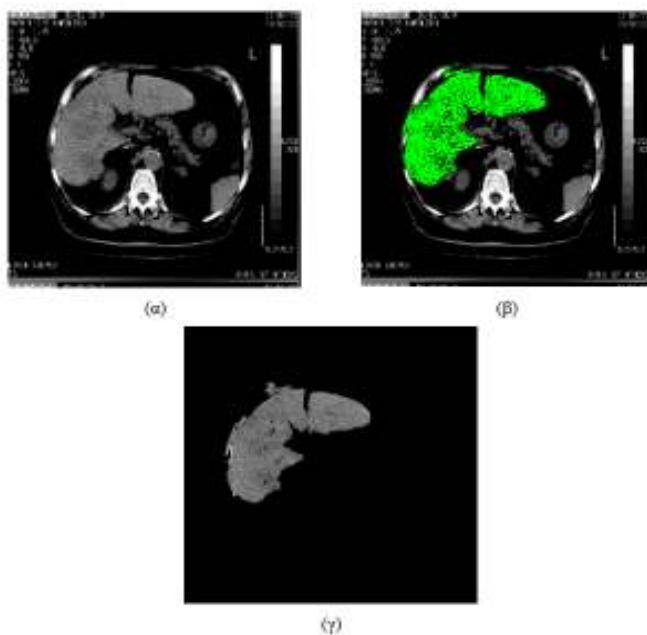


Εικόνα 3 9 (α) Αρχική Μαστογραφία. (β) Αντίστοιχο ιστόγραμμα (γ) Απλή κατωφλίωση, $T=14$. (δ) Απλή κατωφλίωση, $T = 188$. (ε) Διπλή κατωφλίωση, $T_1=14$, $T_2 = 188$

3.3.2.5 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Εκτός από την εύρεση των ορίων των περιοχών με βάση ασυνέχειες έντασης, ή με κατωφλίωση με βάση την κατανομή των χρωματικών πυκνοτήτων των εικονοστοιχείων, υπάρχει μια σημαντική κατηγορία τεχνικών τμηματοποίησης που έχει σαν στόχο τον απευθείας διαχωρισμό των περιοχών. Μία αντιπροσωπευτική τεχνική αυτής της κατηγορίας είναι η ανάπτυξη ή μεγέθυνση περιοχών (region growing). Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, η εικόνα διαιρείται σε πολλές μικρές περιοχές, κάθε μία από τις οποίες αρχικά μπορεί να αποτελείται από ένα μόνο στοιχείο. Στη συνέχεια ταξινομούνται στην ίδια περιοχή όσα γειτονικά στοιχεία έχουν την ίδια ή πολύ κοντινή τιμή κάποιας ιδιότητας (π.χ. χρωματικής πυκνότητας, υψής) και ελέγχονται τα όρια των περιοχών που δημιουργήθηκαν, όπως και η διαφορά τιμών εκατέρωθεν των ορίων, συγκρίνοντας με κάποιο κατώφλι. Οι περιοχές που αντιστοιχούν σε μεγάλες μεταβολές διατηρούνται αμετάβλητες, ενώ αυτές που αντιστοιχούν σε μικρότερες ενώνονται σε μεγαλύτερες περιοχές (merging). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι την εξάλειψη ασθενών μεταβολών ανάμεσα στις περιοχές, με βάση κάποιο προκαθορισμένο κατώφλι.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εφαρμογής του αλγορίθμου ανάπτυξης περιοχών σε υπολογιστική τομογραφία άνω κοιλίας, με στόχο την απομόνωση του ήπατος. Μια παραλλαγή αυτού του αλγόριθμου τμηματοποίησης βασίζεται στην ανάπτυξη περιοχών με εκκίνηση από καθορισμένο αρχικό σημείο. Συγκεκριμένα, ο χρήστης επιλέγει ένα αρχικό σημείο από το οποίο αρχίζει η ανάπτυξη της περιοχής, καθώς και ένα κατώφλι ομοιότητας που καθορίζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη διαφορά χρωματικής πυκνότητας (ή υψής) μεταξύ στοιχείων που ανήκουν στην περιοχή. Ο αλγόριθμος εξετάζει τα γειτονικά στοιχεία του αρχικού και αν πληρούν το κριτήριο ομοιότητας εισάγονται στην περιοχή ενδιαφέροντος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε νέο εισερχόμενο στην περιοχή στοιχείο μέχρι να μην μπορεί να βρεθεί άλλο στοιχείο που να πληροί τελικά το κριτήριο ομοιότητας.

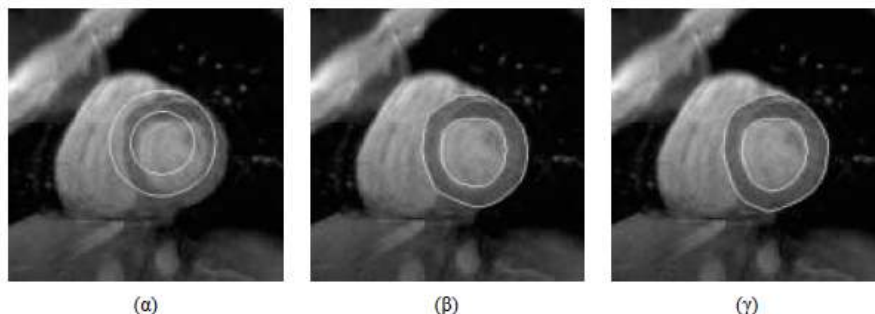


Εικόνα 3 10 (α) Αρχική τομή. (β) το αποτέλεσμα από την εφαρμογή του αλγορίθμου ανάπτυξης περιοχών στο ήπαρ και (γ) διαφορά των δύο εικόνων, όπου έχει απομονωθεί το ήπαρ.

3.3.2.6 ΕΝΕΡΓΑ ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑΤΑ

Είναι ένα σύνολο από πιο εξελιγμένες τεχνικές που αναπτύχθηκαν τα τελευταία δέκα χρόνια και έχουν ως στόχο τη βελτίωση της ακρίβειας του προσδιορισμού μιας αρχικής εκτίμησης του περιγράμματος μιας δομής. Οι μέθοδοι αυτές συνήθως αποδίδονται με τους όρους ενεργά περιγράμματα, φίδια, ενεργές επιφάνειες και παραμορφώσιμα περιγράμματα. Η βασική ιδέα αυτών των μεθόδων στηρίζεται στον αρχικό προσδιορισμό ενός προσεγγιστικού περιγράμματος της δομής ενδιαφέροντος. Στη συνέχεια, το περίγραμμα αυτό παραμορφώνεται με κάποιο αλγοριθμικό τρόπο ώστε να προσεγγίσει με μεγαλύτερη ακρίβεια τις πραγματικές ακμές της δομής. Η τελική μορφή του περιγράμματος λαμβάνεται με κάποια συνάρτηση ενέργειας, η οποία περιλαμβάνει μια εσωτερική και μια εξωτερική συνιστώσα. Η εσωτερική συνιστώσα ελέγχει την ομαλότητα και τη συνέχεια της μορφής του περιγράμματος. Η εξωτερική συνιστώσα έλκει το περίγραμμα προς τις πραγματικές ακμές του αντικειμένου.

Επειδή είναι δύσκολο να εξασφαλιστεί ότι η διαδικασία βελτιστοποίησης μπορεί να υπολογίσει το ολικό ελάχιστο της ενέργειας, συνήθως υπολογίζεται η μορφή του περιγράμματος που αντιστοιχεί σε κάποιο τοπικό ελάχιστο. Αυτό το αποτέλεσμα δεν είναι πάντα το επιθυμητό. Οι πιο σημαντικές απαιτήσεις είναι α) η ακρίβεια, δηλ. το περίγραμμα που ανιχνεύεται να αντιστοιχεί στο πραγματικό, β) η ευστάθεια, δηλ. νέα εφαρμογή της μεθόδου να οδηγεί στην ανίχνευση του ίδιου περιγράμματος και γ) η αποτελεσματικότητα, δηλ. πόσο βελτιώνεται το αποτέλεσμα σε σχέση με τον ορισμό του περιγράμματος από το χρήστη.

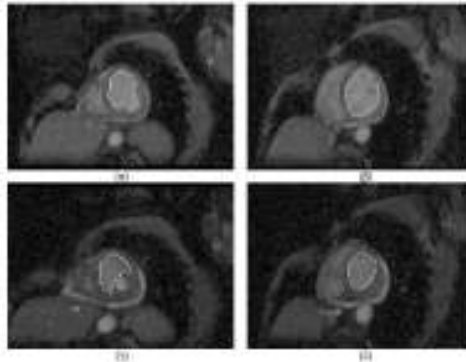


Εικόνα 3 11 Τμηματοποίηση καρδιακής κοιλίας με χρήση ενεργού περιγράμματος (α) Αρχικοποίηση (β) Ενδιάμεσο αποτέλεσμα (γ) Τελικό αποτέλεσμα.

3.3.2.7 ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Με τη διαδικασία ταξινόμησης επιτυγχάνεται η μείωση της ποσότητας των δεδομένων, ομαδοποιώντας δεδομένα με κοινά χαρακτηριστικά. Τέτοιες ομαδοποιήσεις διευκολύνουν τον ανθρώπινο εγκέφαλο να επεξεργαστεί την παρεχόμενη πληροφορία με τρόπο πιο αποτελεσματικό και ακριβή. Η ομαδοποίηση στο χώρο των χαρακτηριστικών των δεδομένων πραγματοποιείται αυτόματα με χρήση αλγορίθμων ταξινόμησης (classification).

Οι αλγόριθμοι ταξινόμησης μπορούν να διακριθούν σε δυο βασικούς τύπους: τους ιεραρχικούς και τους διαμεριστικούς. Οι ιεραρχικοί αλγόριθμοι αρχικοποιούνται με τυχαίο προσδιορισμό των κατηγοριών (κλάσεων) και αναπτύσσονται διασπώντας μεγάλες μη ομογενείς κατηγορίες ή ενώνοντας μικρές κατηγορίες με μεγάλη ομοιότητα. Οι διαμεριστικοί αλγόριθμοι επιχειρούν να διαιρέσουν άμεσα τα δεδομένα σε ένα σύνολο διακριτών κατηγοριών, ελαχιστοποιώντας ένα μέτρο ανομοιότητας μεταξύ δεδομένων που ανήκουν στην ίδια κατηγορία και μεγιστοποιώντας το μέτρο αυτό για δεδομένα που ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες. Ανάλογα με τη φύση των δεδομένων μπορεί να απαιτηθεί η χρήση εξεζητημένων διανυσμάτων χαρακτηριστικών που περιλαμβάνουν για παράδειγμα πληροφορία υφής (texture). Ο πιο γνωστός αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την τμηματοποίηση είναι ο αλγόριθμος K-Μέσων.



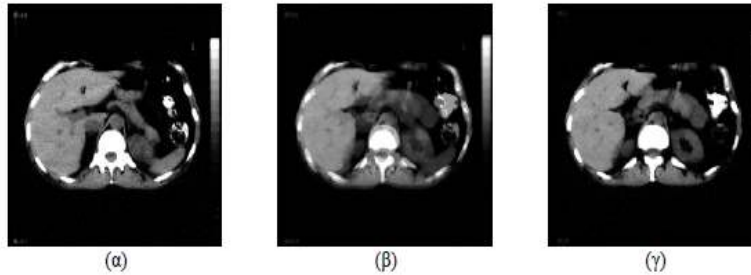
Εικόνα 3 12 Τμηματοποίησης αριστερής καρδιακής κοιλίας με χρήση του αλγορίθμου KM και εξαγωγή του μοντέλου της επιφανείας του ενδοκαρδίου. Υπέρθυση του περιγράμματος στις αντίστοιχες τομές φυσιολογικής ((α), (γ)) και παθολογικής ((β), (δ)) εξέτασης κατά την τελοδιαστολική ((α), (β)) και τελοσυστολική ((γ), (δ)) φάση.

3.3.3 ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ

Επειδή τα περισσότερα ιατρικά συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης παράγουν δεδομένα με τη μορφή διαδοχικών τομών, συνήθως η διάσταση των στοιχείων εικόνας σε μια τομή είναι διαφορετική από την απόσταση μεταξύ διαδοχικών τομών (μη ιστροπικά δεδομένα). Για την οπτικοποίηση επιφανειών μη ιστροπικών δεδομένων, είναι συχνά αναγκαία η μετατροπή των δεδομένων σε ιστροπική διακριτοποίηση με προκαθορισμένο επίπεδο ανάλυσης σε καθεμιά από τις τρεις διαστάσεις. Η διαδικασία αυτή καλείται παρεμβολή.

Πολύ συχνά, επίσης, η ανάλυση των δεδομένων που παρέχονται από τα απεικονιστικά συστήματα μπορεί να είναι πολύ υψηλή ώστε να μην είναι δυνατή η διαχείριση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με υποδειγματοληψία των δεδομένων για την παροχή της δυνατότητας ταχείας αλληλεπίδρασης του χρήστη με τις δομές ενδιαφέροντος, ενώ παράλληλα ο χρήστης διατηρεί τη δυνατότητα πρόσβασης στο σύνολο των δεδομένων υψηλής ανάλυσης όταν ενδιαφέρεται για λεπτομερή στατική μελέτη των δομών ενδιαφέροντος. Επίσης, ανάγκη παρεμβολής σε σύνολα δεδομένων προκύπτει συχνά σε εφαρμογές ευθυγράμμισης και σύντηξης εικόνων που προέρχονται από απεικονιστικά συστήματα που από τη φύση τους παράγουν δεδομένα διαφορετικής ανάλυσης, όπως η μαγνητική τομογραφία και η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων. Παρόμοια προβλήματα συναντώνται και στην περίπτωση της οπτικοποίησης δεδομένων του ίδιου ασθενή όταν αυτά έχουν ανακτηθεί με διαφορετικό βήμα ανάκτησης. Τέλος, πολύ συχνά, είναι επιθυμητή η εποπτεία δομών από οπτική γωνία που δεν είναι δυνατή η ανάκτησή τους από το απεικονιστικό σύστημα. Σε αυτήν την περίπτωση, οι τομές που περιέχουν τις δομές ενδιαφέροντος μπορούν να αναδιοργανωθούν σε νέες τομές με χρήση τεχνικών παρεμβολής ώστε να παρέχουν και τις άλλες όψεις ενδιαφέροντος των δομών.

Γενικά, οι τεχνικές παρεμβολής μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες: Στις τεχνικές παρεμβολής χρωματικών πυκνοτήτων που βασίζονται στη συνολική χρωματική πληροφορία των δεδομένων που περιέχουν τη δομή ενδιαφέροντος και στις τεχνικές δυαδικής παρεμβολής που βασίζονται στην πληροφορία που παρέχεται αποκλειστικά από το σχήμα της δομής ενδιαφέροντος μετά την εξαγωγή της από τα υπόλοιπα δεδομένα.



Εικόνα 3 13 Εφαρμογή παρεμβολής χρωματικών πυκνοτήτων σε τομές υπολογιστικής τομογραφίας άνω κοιλίας. (α) Αρχική τομή. (β) Παρεμβαλλόμενη τομή. (γ) Τελική τομή.

3.3.4 ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πολλές εφαρμογές της ιατρικής και της βιολογίας παρουσιάζουν την ανάγκη τρισδιάστατης (3D) και πολλές φορές τετραδιάστατης (4D) εποπτείας διαφόρων ανατομικών δομών ενδιαφέροντος και των λειτουργιών τους. Η εποπτεία αυτή κατά το παρελθόν μπορούσε να αποκτηθεί είτε με ευθύ και άμεσο τρόπο, όπως με πραγματοποίηση χειρουργικών τομών σε ζώντες οργανισμούς και νεκροτομών σε νεκρούς, ή απαιτούσε τη σημαντική συνδρομή της ανθρώπινης φαντασίας ώστε να αποκτήσει ο παρατηρητής την αίσθηση του 3D χώρου, όπως στην περίπτωση των ιστολογικών αναλύσεων με χρήση μικροσκοπίου. Όμως, η σύγχρονη αλματώδη ανάπτυξη των νέων 3D και 4D απεικονιστικών συστημάτων (υπολογιστικής και μαγνητικής τομογραφίας, μαγνητικής αγγειογραφίας κ.λπ.) καθώς και της 3D μικροσκοπίας σάρωσης καθιστούν πια επιτακτική την ανάγκη ανάπτυξης αποτελεσματικών τεχνικών χωρικής (3D) οπτικοποίησης. Η ανακατασκευή και παρουσίαση 3D ιατρικών και ιστολογικών δεδομένων με χρήση υπολογιστή υποκαθιστούν τη χρήση της ανθρώπινης φαντασίας και προσφέρουν νέα πανίσχυρα εργαλεία οπτικοποίησης στην υπηρεσία των ιατρών και των βιολόγων.

Η οπτικοποίηση 3D δεδομένων στην κλινική πράξη εφαρμόστηκε αρχικά κυρίως στην κρανιοπροσωπική Χειρουργική, στην ορθοπεδική Χειρουργική, στη Νευροχειρουργική και στην Ακτινοθεραπεία. Σήμερα, έχει διαδοθεί και σε πολλές άλλες χειρουργικές ειδικότητες όπως στην Ωτορινολαρυγγολογία, στην Αγγειοπλαστική, στη γενική Χειρουργική, στη Θωρακοχειρουργική και στην Ουρολογία. Ακόμα εφαρμόζεται σε μελέτες της εξέλιξης της ανατομίας του ανθρώπινου είδους, στη μικροσκοπική Παθολογία, στην κυτταρική Βιολογία και στη Δερματολογία. Τέλος, μπορεί να θεωρηθεί ως το πρώτο βήμα για εφαρμογή τεχνικών εικονικής πραγματικότητας (virtual reality) που αποτελούν σήμερα την πιο εξελιγμένη μορφή παρουσίασης και διαχείρισης ιατρικών δεδομένων.

Τα ιατρικά δεδομένα εφαρμογών πολυδιάστατης (3D, 4D) οπτικοποίησης προέρχονται από συμβατικές υπολογιστικές και μαγνητικές τομογραφίες, μαγνητικές αγγειογραφίες, φωτογραφικές εικόνες του ανθρώπινου σώματος έπειτα από κρυστοπηξία, διαδοχικές εικόνες από συμβατικό μικροσκόπιο ή εικόνες δεδομένων όγκου από ομοεστιακό μικροσκόπιο. Αν και οι περισσότερες από αυτές τις εικόνες είναι μονοχρωματικές, μερικές επιδέχονται κωδικοποίηση με χρήση χρώματος ενσωματώνοντας σημαντική ποσότητα πληροφορίας σε αυτό.

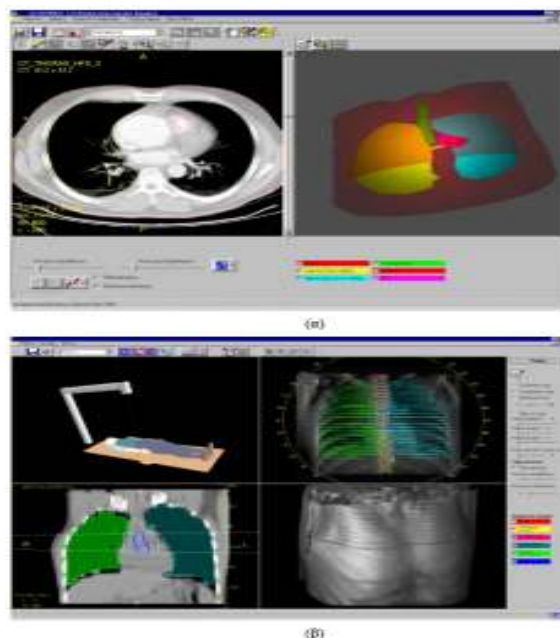
Οι ανατομικές δομές μπορούν να εξαχθούν και να αναπαρασταθούν με τη μορφή ενός συνόλου 2D εικόνων, που αντιστοιχούν στις τομές που παράγονται από την έξοδο των ιατρικών μηχανημάτων σε ένα σύνολο από παράλληλα επίπεδα. Είναι πολύ δύσκολο να γίνουν κατανοητά το σχήμα και η μορφολογία των ανατομικών δομών παρατηρώντας μόνον αυτές τις 2D εικόνες. Οι τεχνικές 3D οπτικοποίησης έδωσαν νέα δυναμική στο σχεδιασμό χειρουργικών επεμβάσεων προσφέροντας τη δυνατότητα μελέτης ανατομικών δομών πριν από την πραγματοποίηση επεμβάσεων. Οι χειρουργοί έχουν αναφέρει ότι με τη βοήθεια 3D οπτικοποιήσεων κάνουν παρατηρήσεις που πολλές φορές δε γίνονται αντιληπτές μόνο με βάση το σύνολο των τομών, και σε ορισμένες περιπτώσεις η σχεδίαση της επέμβασης βασίζεται ολοκληρωτικά σε αυτές τις 3D οπτικοποιήσεις.

Χαρακτηριστικά, 3D οπτικοποιήσεις χρησιμοποιούνται στη χειρουργική του προστάτη, στη χειρουργική του οφθαλμού (3D μοντέλο του οφθαλμού), σε νευροχειρουργικές επεμβάσεις εγκεφάλου καθώς και σε ακτινολογικές εξετάσεις βελτιώνοντας τη διαδικασία και την ακρίβεια

σχεδίασης ακτινοθεραπευτικής αγωγής. Οι τεχνικές 3D εικονικής εξομοίωσης προσφέρουν νέες δυνατότητες στο σχεδιασμό επεμβάσεων, επιτρέποντας τη μελέτη των ανατομικών δομών πριν την πραγματοποίηση της επέμβασης. Επιπλέον εξελιγμένες τεχνικές οπτικοποίησης παρέχουν τη δυνατότητα ρεαλιστικής οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων προσομοιώσεων και διευκολύνουν τον ιατρό στη λήψη αποφάσεων θεραπευτικού χαρακτήρα. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η εικονική ενδοσκόπηση που με τεχνικές εικονικής πραγματικότητας γίνεται δυνατή η πλοήγηση στο εσωτερικό των διαφόρων οργάνων, επιτρέποντας την πραγματοποίηση ενδοσκόπησης με μη επεμβατικό τρόπο, αποφεύγοντας όλα τα μειονεκτήματα της επεμβατικής ενδοσκόπησης.

Οι τεχνικές 3D οπτικοποίησης που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως αυτές που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες: α) Τεχνικές απόδοσης όγκου (volume rendering) και β) Τεχνικές απόδοσης επιφανειών (surface rendering)

Οι τεχνικές 4D οπτικοποίησης βασίζονται στις αναπαραστάσεις των αντικείμενων που δημιουργούν οι 3D τεχνικές και συνδυάζουν πολλές από αυτές σε μια αλληλουχία στιγμιότυπων κατά τρόπο ώστε να γίνεται ρεαλιστική απόδοση της κίνησής τους σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 3 14 Εικονικός εξομοιωτής σχεδιασμού πλάνου ακτινοθεραπείας. (α) Περιβάλλον ορισμού ανατομικών δομών ενδιαφέροντος (β) Περιβάλλον τοποθέτησης εξωτερικών δεσμών ακτινοβολήσης (γ) Τρισδιάστατη εποπτεία εξωτερικών δεσμών σε σχέση με ανατομικές δομές ενδιαφέροντος.

3.4 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΚΑΙ ΒΙΝΤΕΟ

Το βίντεο, ο ήχος και οι στατικές εικόνες υψηλής ανάλυσης έχουν σημαντικά μεγαλύτερες απαιτήσεις αποθήκευσης και ρυθμού μετάδοσης σε σχέση με δεδομένα όπως η διάγνωση κειμενικής μορφής ή οι εργαστηριακές αιματολογικές τιμές κ.ά. Ο τεράστιος όγκος πληροφορίας για την μακροπρόθεσμη αποθήκευση από το θεράποντα καθώς και ο μεγάλος χρόνος μεταφοράς της πληροφορίας μέσω δικτύου κατέστησαν αναγκαία τη συμπίεση της ιατρικής εικόνας αλλά και του ιατρικού βίντεο.

Για την αναπαράσταση μιας τυπικής στατικής εικόνας (640 pixels x 480 pixels) απαιτούνται τουλάχιστον 500 γραμμές. Κάθε γραμμή ορίζεται από την οριζόντια θέση, την κάθετη θέση και το πεδίο ιδιοτήτων μεγέθους 8 bits. Ο οριζόντιος άξονας αναπαρίσταται χρησιμοποιώντας 10 bits και ο κάθετος άξονας χρησιμοποιώντας 9 bits. Για την αναπαράσταση ενός εικονοστοιχείου ενός χάρτη δυαδικών ψηφίων απαιτούνται τουλάχιστον 256 διαφορετικά χρώματα (τουλάχιστον ένα byte/pixel είναι απαραίτητο).

Για την κατασκευή ενός ασυμπίεστου στερεοφωνικού σήματος ήχου απαιτείται ρυθμός δειγματοληψίας 44,1 kHz και κβάντιση με 16 bits/δείγμα. Οι αντίστοιχες απαιτήσεις αποθήκευσης είναι 705,6 x 1000 bits/sec, ενώ οι απαιτήσεις ρυθμοαπόδοσης είναι 705,6 x 1000 bits/sec. Το ευρωπαϊκό πρότυπο βίντεο PAL που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα απαιτεί τουλάχιστον 625 γραμμές και 25 πλαίσια ανά δευτερόλεπτο (frames per second).

Ανάλογα με τη μεταβολή που υπεισέρχεται στην περιεχόμενη πληροφορία μπορούμε να διακρίνουμε δύο βασικές κατηγορίες συμπίεσης:

- Τη συμπίεση χωρίς απώλειες
- Τη συμπίεση με απώλειες.

Η συμπίεση χωρίς απώλειες (lossless compression) δε μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά της περιεχόμενης πληροφορίας κατά την εφαρμογή της. Κατά συνέπεια, η πληροφορία που προκύπτει μετά την αποσυμπίεση είναι ακριβές αντίγραφο της αρχικής. Τεχνικές αυτής της μορφής χρησιμοποιούνται στη συμπίεση δεδομένων, τα οποία δεν θα πρέπει να αλλοιωθούν.

Αντίθετα, η συμπίεση με απώλειες (lossy compression) συνήθως αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά των δεδομένων μειώνοντας παράλληλα την ποσότητα της πληροφορίας. Η συμπίεση αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιείται κυρίως για την υποστήριξη τηλεϊατρικών διασκεπτικών συνόδων. Οι περισσότερες από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την κατηγορία εκμεταλλεύονται τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά της ανθρώπινης όρασης και ακοής για να εισάγουν επιλεκτικά αλλοιώσεις στην πληροφορία, οι οποίες γίνονται δύσκολα αντιληπτές από το δέκτη.

Η ψηφιοποίηση μιας εικόνας γίνεται με χρήση μιας συσκευής ψηφιοποίησης που καλείται σαρωτής (scanner). Διαμέσου του σαρωτή καταγράφεται αναλυτικά η πληροφορία (π.χ. φωτεινότητα, χρώμα κ.ά.) του πλέγματος των στοιχειωδών σημείων, από τα οποία δομείται η εκάστοτε εικόνα. Ο αριθμός διακριτών σημείων σχετίζεται άμεσα με την πληροφορία που καταγράφεται και καθορίζει την τεχνική ανάλυσης της απεικόνισης.

Μια εικόνα μπορεί να αναπαρασταθεί, γενικότερα, από μια μαθηματική συνάρτηση που καθορίζει τις τιμές της έντασης του φωτός σε κάθε σημείο μιας εντοπισμένης επίπεδης επιφάνειας. Για τη ψηφιοποίηση της εικόνας από υπολογιστικά συστήματα απαιτείται να γίνει δειγματοληψία της συνάρτησης σε διακριτά διαστήματα.

Τα σημεία από τα οποία παίρνουμε δείγματα από μια εικόνα ονομάζονται εικονοστοιχεία (picture elements, pixels). Οι τιμές της έντασης των σημείων αυτών αναπαριστούν τα επίπεδα του γκρι. Ως ένταση ορίζουμε έναν ακέραιο που καθορίζεται από το μέσο όρο των εντάσεων μιας μικρής περιοχής γύρω από το εικονοστοιχείο, θεωρώντας την απεικόνιση ως συνεχή (γειτονιά του pixel).

Για να δειγματοληπτηθεί και να κβαντοποιηθεί μια συνηθισμένη εικόνα (525 γραμμών), έτσι ώστε να μπορεί να διαμοιραστεί χωρίς άμεσα εμφανείς αλλοιώσεις, πρέπει τουλάχιστον να χρησιμοποιήσουμε ένα πίνακα 640x480 pixels. Το κάθε εικονοστοιχείο της αναπαρίσταται από έναν ακέραιο των 8 bits και 256 διακριτά επίπεδα του γκρι. Τα χαρακτηριστικά αυτά δίνουν ένα πίνακα με 307.200 αριθμούς των 8 bits και συνολικά 2.457.600 bits.

Στις απεικονίσεις οργάνων, ο ρυθμός δειγματοληψίας που προαναφέρθηκε δεν είναι πάντοτε αρκετός για να υποστηριχθούν κλινικές διαδικασίες διάγνωσης. Συνεπώς, ο τρόπος σύλληψης τέτοιων εικόνων είναι μία διαδικασία που επηρεάζει τόσο την ιατρική πληροφορία που περιέχουν όσο και το μέγεθός τους αλλά και ο τρόπος που θα ψηφιοποιηθεί εξαρτάται από την κλινική διαδικασία.

Η σύλληψη των εικόνων καθορίζεται από δύο σημαντικές παραμέτρους: την ανάλυση, που προσδιορίζεται ως εικονοστοιχείο x εικονοστοιχείο (pixels x pixels) και την κωδικοποίηση του χρώματος (βάθος χρώματος), που προσδιορίζεται από την στοιχειώδη ποσότητα πληροφορίας ανά εικονοστοιχείο (bits/pixel).

Το μέγεθος του ψηφιακού αρχείου μιας εικόνας ισούται με: (αριθμός εικονοστοιχείων) x (βάθος χρώματος) = [(pixels x pixels)] x (depth) = [(εικονοστοιχεία πλάτους) x (εικονοστοιχεία x ύψους)] x (βάθος χρώματος).

3.4.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Οι τεχνικές συμπίεσης των δεδομένων στηρίζονται στη θεωρία της πληροφορίας (Information Technology) και στις αρχές που διέπουν την επεξεργασία των σημάτων. Οποιαδήποτε διασύνδεση για τη διαδικτυακή διαμοίραση πολυμεσικών δεδομένων απαιτεί εφαρμογή τεχνικών συμπίεσης. Οι τεχνικές αυτές μπορούν να εφαρμοστούν σχεδόν σε κάθε μορφή δεδομένων, π.χ. κείμενο, φωνή, εικόνες και βίντεο.

Το θέμα της συμπίεσης ιατρικών δεδομένων προκύπτει όταν είναι αναγκαία η αποθήκευση ή μετάδοση ψηφιακών δεδομένων που καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο γι' αυτό και γίνεται εξαιρετικά σημαντικό δεδομένης της απαίτησης της νομοθεσίας περί «μη αλλοίωσης της πρωτογενούς πληροφορίας» κατά τη συμπίεση. Με άλλα λόγια στην ιατρική δεν επιτρέπεται η συμπίεση με απώλειες αν τα δεδομένα αυτά πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για διαγνωστικούς σκοπούς. Το γεγονός αυτό απαγορεύει τη χρήση αλγορίθμων συμπίεσης που επιτυγχάνουν μεν υψηλά ποσοστά συμπίεσης αλλά παράλληλα επιφέρουν υποκειμενικά πλεονασματικές μεταβολές στην πρωτογενή πληροφορία.

Οι τεχνικές συμπίεσης δεδομένων αξιολογούν το πλεόνασμα της πληροφορίας που ενυπάρχει συνήθως σε κάθε ψηφιακό αρχείο. Το πλεόνασμα αυτό, ανάλογα με τα δεδομένα, μπορεί να είναι:

- Χρονικό
- Χωρικό(συσχέτιση γειτονικών εικονοστοιχείων)
- Φασματικό(συσχέτιση στοιχείων χρώματος ή και φωτεινότητας)
- Ψυχο-οπτικό(συσχέτιση αντιληπτικών ανθρώπινων ικανοτήτων οπτικού συστήματος)

Όλα τα γνωστά και ευρέως διαδεδομένα πρότυπα συμπίεσης σημάτων ήχου, εικόνας ή βίντεο βασίζονται κυρίως σε δύο τεχνικές: την κωδικοποίηση εντροπίας και την κωδικοποίηση πηγής. Η κωδικοποίηση εντροπίας συνίσταται κυρίως για συμπίεση χωρίς απώλειες. Αντίστοιχα, η συμπίεση με απώλειες χρησιμοποιεί κυρίως τεχνικές κωδικοποίησης πηγής όπως την κωδικοποίηση μετασχηματισμού, τη διαφορική κωδικοποίηση και τον κβαντισμό διανυσμάτων.

Υπάρχουν πολλά πρότυπα που χρησιμοποιούνται για τη συμπίεση των ιατρικών εικόνων αλλά και των ιατρικών βίντεο. Ένα από τα πιο διαδεδομένα πρότυπα συμπίεσης εικόνων με σημαντικές εφαρμογές στην υγεία είναι το JPEG (Joint Photographic Experts Group). Το σημαντικό χαρακτηριστικό του JPEG είναι ότι επιτρέπει τη συμπίεση σε διάφορα επίπεδα (ποσοστά) δίνοντας έτσι τη δυνατότητα επιλογής της ποιότητας της συμπιεσμένης εικόνας έτσι ώστε οι απώλειες να μην είναι ορατές στους ιατρούς.

Πρόσφατα, παρουσιάστηκε ο αλγόριθμος JPEG2000 που είναι βασισμένο στη μαθηματική θεωρία των κυματιδίων (wavelets). Το πρότυπο JPEG2000 προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι του JPEG, τα οποία είναι εξαιρετικά χρήσιμα σε εφαρμογές ιατρικής. Σημαντικότερα χαρακτηριστικά θεωρούνται η δυνατότητα κωδικοποίησης της περιοχής ενδιαφέροντος σε υψηλότερη ανάλυση, η δυνατότητα συμπίεσης χωρίς απώλειες, η καλύτερη συμπεριφορά του αλγορίθμου σε σφάλματα και η στιβαρότητά του.

Βασικό πρότυπο για τη συμπίεση βίντεο είναι το Motion JPEG (MJPEG). Το πρότυπο αυτό στηρίζεται στο μετασχηματισμό συνημιτόνου. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του προτύπου είναι ότι υποστηρίζει τη δυνατότητα καθορισμού του βαθμού συμπίεσης και του μεγέθους του πίνακα που θα χρησιμοποιηθεί για κβαντισμό. Τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό επιταχύνουν την ευρεία ενσωμάτωση του προτύπου σε έναν ολοένα αυξανόμενο ρυθμό τηλειατρικών υπηρεσιών. Άλλα πρότυπα συμπίεσης είναι το H.261, H.263, MPEG-1, MPEG-2. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται μια τυπική σύγκριση μεταξύ των προτύπων συμπίεσης βίντεο.

	MJPEG	MPEG-1	MPEG-2	H.263
Ρυθμός μετάδοσης	Εξαρτάται από τις εκάστοτε ρυθμίσεις	Από 1.5 Mbit/sec	2-15 Mbit/sec	64, 128, 192 kbit/sec, 2 Mbit/sec
Υποστηριζόμενα πλαίσια (fps=frames per second)	Εξαρτάται από τις εκάστοτε ρυθμίσεις	25/30 fps	25/30 fps	< ή = 30 fps
Ανάλυση	Οποιαδήποτε	320 x 288 320 x 240	320 x 288 320 x 240 720 x 576 720 x 480	352 x 288
Ποιότητα	Από χαμηλή έως Πολύ καλή	Καλή	Πολύ καλή	Χαμηλή
Μετασχηματισμός	DCT	DCT	DCT	DCT
Πιστοποίηση	ISO/IEC 10918	ISO/IEC 11172	ISO/IEC 13818	ITU-T H.263

Πίνακας 1: Σύγκριση MPEG με άλλα πρότυπα

Ο τομέας της Ιατρικής Πληροφορικής θέτει τη βασική πρόκληση για τη σχεδίαση και ανάπτυξη τεχνικών που υποστηρίζουν τη διαγνωστικά άνευ απωλειών και με υψηλούς ρυθμούς συμπίεση. Οι τεχνικές αυτές είναι ακόμα σε ερευνητικό στάδιο, με την έννοια ότι δεν υπάρχουν ακόμη κάποιες προτυποποιήσεις και πρακτικές που θα παρέχουν διαπιστωμένα αποτελέσματα.

Οι βασικές ερευνητικές κατευθύνσεις για τη διαγνωστικά άνευ απωλειών συμπίεση είναι οι :

- Αποζημίωση κίνησης (motion compensation)
- Διαπλασιασική συμπίεση (interframe compression)
- Επιλεκτική συμπίεση (selection compression)
- Συμπίεση σε πολλαπλά στάδια (multistage compression)

Η τεχνική της αποζημίωσης κίνησης χρησιμοποιείται κυρίως στην κινούμενη εικόνα και στηρίζεται στο ότι το κάθε εμφανιζόμενο πλαίσιο είναι επανάληψη του προηγούμενου. Με βάση αυτή τη θεωρία, τα διαδοχικά πλαίσια έχουν ελάχιστες διαφορές το ένα με το άλλο και δεν απαιτείται κωδικοποίηση και συμπίεση του συνόλου των δεδομένων. Η κωδικοποίηση γίνεται σε κομμάτια, ενώ ταυτόχρονα επιτελείται σύγκριση μεταξύ των διαδοχικών κομματιών με στόχο την αποφυγή μετάδοσης ταυτόσημης πληροφορίας.

Στην περίπτωση της τεχνικής διαπλασιασικής συμπίεσης ένα υποσύνολο εικόνων θεωρείται ότι συντίθεται από ορισμένες σχεδόν ίδιες εικόνες. Με βάση αυτή τη θεωρία μπορούμε να ορίσουμε μια εικόνα ως εικόνα αναφοράς και να υπολογίζουμε τις διαφορές κάθε εικόνας από αυτή. Έτσι, είναι δυνατό να συμπίεσουμε τις εικόνες με τις διαφορές με μεθόδους συμπίεσης με απώλειες και την εικόνα αναφοράς με μεθόδους άνευ απωλειών.

Στην τεχνική της επιλεκτικής συμπίεσης θεωρούμε κάποια σημεία που χρήζουν ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Τα σημεία αυτά συμπίεζονται με τεχνικές χωρίς απώλειες, ενώ η υπόλοιπη εικόνα με απώλειες τεχνικές. Το τελικό αποτέλεσμα της επιλεκτικής συμπίεσης είναι μια χωρίς απώλειες συμπίεση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο
ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DICOM

4.1. ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ PACS

Η επικοινωνία των ιατρικών απεικονιστικών εξετάσεων μέσα στα όρια ενός νοσοκομείου έχει ταυτιστεί με το PACS (Picture Archiving and Communication System – Σύστημα Αρχαιοθήτησης και Επικοινωνίας Απεικονιστικών Εξετάσεων) που εκτελεί όλες εκείνες τις λειτουργίες που προέκυψαν στην εποχή της ψηφιοποιημένης ιατρικής εικόνας. Το PACS πρωτοεμφανίστηκε στα μέσα της δεκαετίας του '80 και έγινε ώριμο στα τέλη της δεκαετίας του '90. Είναι ένα πολυσύνθετο, καταναμημένο σύστημα (υλικό και λογισμικό) συγκέντρωσης, αποθήκευσης, διαχείρισης και διανομής ακτινολογικών εικόνων, το οποίο αποθηκεύει και χειρίζεται τις ψηφιακές πληροφορίες υπό μορφή δεδομένων εικόνας και κειμένου. Αποτελείται από διαφορετικούς κόμβους (H/Y) που συνδέονται μέσω δικτύου και χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση, ανάκτηση, διανομή και παρουσίαση των ψηφιακών εικόνων, οι οποίες προέρχονται από τα ακτινολογικά μηχανήματα σάρωσης που υπάρχουν στο ακτινολογικό σύστημα ενός νοσοκομείου. Κάθε κόμβος έχει το δικό του ρόλο στη ροή των εικόνων μέσα στο σύστημα. Το PACS διαχειρίζεται επίσης τις αναφορές της διάγνωσης που προκύπτουν ως αποτέλεσμα από κάθε εξέταση και τις συνδέει μαζί της

Παρέχει, σε ένα σύγχρονο ακτινολογικό τμήμα, τη δυνατότητα βέλτιστης αποθήκευσης των εικόνων και των αρχείων των ασθενών καθώς και εύκολη πρόσβαση στις μεταδιδόμενες εικόνες σε οποιοδήποτε τερματικό σταθμό στο δίκτυό του. Το λογισμικό του PACS διαχειρίζεται τα στοιχεία πληροφοριών ασθενών, τις ακτινολογικές εικόνες και τις αναφορές της διάγνωσης που προκύπτουν ως αποτέλεσμα από κάθε εξέταση, έτσι ώστε όλα αυτά να μπορούν να προβληθούν ταυτόχρονα.

Το PACS είναι κάτι περισσότερο από μια απλή προβολή και αρχαιοθήτηση εικόνων. Ο τρόπος σύλληψης των εικόνων που διακινούνται στο PACS είναι ψηφιακός, και όχι αναλογικός, με επεξεργασία αργότερα των εικόνων σε κατάλληλο πίνακα. Επειδή οι εικόνες είναι ένα ηλεκτρονικό σύνολο δεδομένων, κάθε μία από αυτές μπορεί να αποθηκευτεί σε μνήμη. Η μνήμη είναι βασική έννοια στην αρχαιοθήτηση και απαιτεί λιγότερο χώρο απ' ό,τι η αποθήκευση πολλών φιλμ. Μέσω της τεχνολογίας των υπολογιστών, απεριόριστοι χρήστες μπορούν να δουν και να μελετήσουν τις εικόνες, χωρίς υποβάθμιση της ποιότητάς τους και καταστροφή βασικών στοιχείων τους. Τα ψηφιακά δεδομένα μπορούν να διαβιβαστούν σε οποιονδήποτε υπολογιστή ή σταθμό εργασίας μέσα στο δίκτυο του PACS. Το λογισμικό του PACS παρέχει συμβατότητα με τους περισσότερους υπολογιστές που είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται στην ιατρική και οι οποίοι συνεργάζονται με το πληροφοριακό σύστημα του νοσοκομείου (HIS) και το πληροφοριακό σύστημα του ακτινολογικού τμήματος (RIS). Οι πληροφορίες για τους ασθενείς και τις ακτινολογικές διαγνώσεις μπορούν να προβληθούν με ακτινολογικές εικόνες οι οποίες εξαλείφουν την ανάγκη για αποθήκευσή τους σε έγγραφα ειδικού τύπου.

Τα βασικά του μέρη είναι το σύστημα αποθήκευσης και αρχαιοθήτησης εικόνων που είναι υπεύθυνο για τη συγκέντρωση, αποθήκευση, διαχείριση και διανομή των εικόνων από και προς τους άλλους κόμβους καθώς και το δικτυακό υπόβαθρο που διασυνδέει το σύστημα με τους υπόλοιπους κόμβους και μεταφέρει τα δεδομένα μεταξύ τους. Οι κόμβοι αυτοί είναι πηγές παραγωγής (λήψης) εικόνων (ιατρικά μηχανήματα, ψηφιοποιητές) και σταθμοί απεικόνισης και επεξεργασίας των εικόνων είτε για διάγνωση είτε για εκπαίδευση εξ' αποστάσεως.

Υπάρχουν επτά βασικές λειτουργίες που πραγματοποιούνται από ένα PACS:

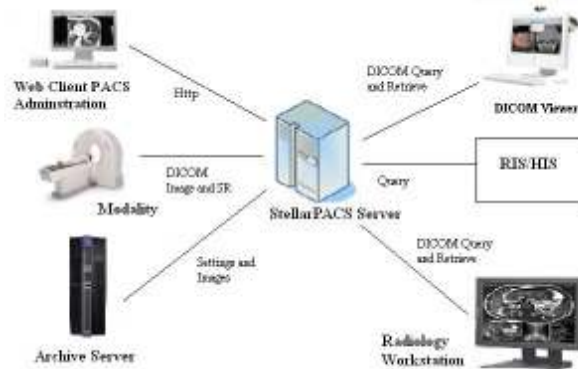
1. Σύλληψη εικόνας.
2. Αποστολή εικόνας.
3. Βραχυπρόθεσμη αποθήκευση.
4. Μακροπρόθεσμη αποθήκευση.
5. Ανάκτηση.
6. Προβολή εικόνας.
7. Δικτύωση.

Τα επτά αυτά συστατικά του PACS αποτελούν τις λειτουργικές λύσεις σε όλα τα προβλήματα που έχουν προκύψει από την ακτινολογία ταινιών/οθόνης για δεκάδες χρόνια. Μέσω του PACS η ακτινολογία έχει εξελιχθεί σε ένα υψηλής ποιότητας σύστημα συλλογής που προβάλλει και αποθηκεύει εικόνες. Στο παρελθόν αυτές οι λειτουργίες αντιμετωπίστηκαν με την ακτινογραφική απεικόνιση.

Η διαδικασία επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών παραγωγής ιατρικών εικόνων και των υπόλοιπων συσκευών που αποτελούν τα PACS σήμερα, όπως επίσης και οι διαδικασίες απεικόνισης, αποθήκευσης και εκτύπωσης των εικόνων και πολλά άλλα είναι καθορισμένα από το ιατρικό πρότυπο DICOM καθώς οι εικόνες που αποθηκεύονται σε ένα PACS είναι της μορφής DICOM (αναλύεται παρακάτω το πρότυπο αυτό).

Ο ρόλος ενός PACS είναι ιδιαίτερα σημαντικός μέσα σε ένα ραδιολογικό περιβάλλον όπου παράγεται καθημερινά ένας μεγάλος όγκος εικόνων. Η αναλογική μορφή τους (film) θέτει περιορισμούς στη διαθεσιμότητα, πρόσβαση, μεταφορά και αρχειοθέτηση αυτών. Επίσης, η παραγωγή φιλμ είναι ακριβή (το ποσό ανέρχεται σε 3€ ανά φιλμ). Επεκτείνει, έτσι, τις δυνατότητες διάγνωσης με την παροχή ικανοτήτων επισκόπησης εξετάσεων και υποβολής αναφοράς εξ' αποστάσεως, διαδικασία που ονομάζεται τηλε-διάγνωση (tele-diagnosis). Μάλιστα, με διαρκώς μειούμενο κόστος ψηφιακής αποθήκευσης, τα PACS παρέχουν ολοένα και περισσότερα πλεονεκτήματα σχετικά με το κόστος και τον όγκο χώρου αποθήκευσης σε σχέση με τα αρχεία ταινιών. Πιο συγκεκριμένα, εξαλείφεται το πρόβλημα των χαμένων ακτινολογικών εικόνων, υπάρχει γρήγορη και ταυτόχρονη μεταφορά των εικόνων αλλά και ευκολότερη ανάκτηση παλαιότερων εξετάσεων με τη χρήση λίγων πλήκτρων, καθώς επίσης και μεγαλύτερη προστασία και δυνατότητα ψηφιακού χειρισμού των εικόνων.

Η τυπική σχεδίαση ενός δικτύου PACS περιλαμβάνει έναν κεντρικό εξυπηρετητή (server), που διαθέτει μια βάση δεδομένων με τις ιατρικές εικόνες, έναν ή περισσότερους πελάτες (clients) που παρέχουν ή χρησιμοποιούν τις εικόνες αυτές και οι οποίοι διασυνδέονται με τον εξυπηρετητή μέσω ενός Τοπικού Δικτύου (Local Area Network – LAN). Οι τερματικοί σταθμοί πελατών μπορούν να χρησιμοποιούν τοπικές περιφερειακές μονάδες για εκτύπωση/σάρωση, εισαγωγή στο ψηφιακό σύστημα και διαδραστική απεικόνιση ταινιών εικόνων. Οι τερματικοί σταθμοί του PACS προσφέρουν όλα τα μέσα για τη διαχείριση των εικόνων (περικοπή, περιστροφή, εστίαση, φωτεινότητα, αντίθεση και άλλα). Τα σύγχρονα ακτινολογικά μηχανήματα τροφοδοτούν άμεσα με ψηφιακές εικόνες το PACS. Όπου αυτό δεν είναι εφικτό γίνεται χρήση ψηφιοποιητών ταινιών.



Εικόνα 4 1 Ένα σύστημα PACS

Το PACS ενισχύει μια κοινή υποδομή για όλες τις ψηφιακές μορφές απεικόνισης, αποθήκευσης και αρχειοθέτησης των εικόνων. Όμως, παρ'ότι έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει το ακτινολογικό τμήμα, εντούτοις παραμένει ακριβό για τις περισσότερες εγκαταστάσεις. Επιπλέον, παρέχει περιορισμένη πρόσβαση στις εικόνες και στη λοιπή πληροφορία, γεγονός που πλήττει ένα μεγάλο αριθμό νοσοκομειακών ιατρών και των ειδικών που δεν εργάζονται στο ακτινολογικό τμήμα, όπως οι χειρουργοί και οι παθολόγοι που είναι μάλιστα αυτοί που παραπέμπουν τους ασθενείς για ακτινολογικές εξετάσεις. Για να καλυφθεί αυτή η ανάγκη, οι ψηφιακές εικόνες τυπώνονται και διανέμονται με το χέρι. Αποτέλεσμα τούτων είναι μια ανεπαρκής χρήση του χρόνου, των χρημάτων και των άλλων πόρων του ιατρικού συστήματος.

Ένα πλήρες PACS πρέπει να παρέχει ένα ενιαίο σημείο για πρόσβαση στις ιατρικές απεικονιστικές εξετάσεις, δηλαδή σε ιατρικές εικόνες και στις σχετιζόμενες με αυτές πληροφορίες (δηλ. πρέπει να υποστηρίζει πολλά ακτινολογικά μηχανήματα). Πρέπει, επίσης, να διαθέτει διεπαφή διασύνδεσης με τα υπάρχοντα συστήματα πληροφοριών των νοσοκομείων: Σύστημα Πληροφοριών Νοσοκομείου (Hospital Information System - HIS) και Σύστημα Πληροφοριών Ακτινολογικού

(Radiology Information System - RIS). Η διασύνδεση μεταξύ των πολλαπλών συστημάτων παρέχει ένα πιο σταθερό και αξιόπιστο σύνολο δεδομένων. Όσον αφορά στο RIS, υπάρχει λιγότερος κίνδυνος να γίνουν λάθη στην εισαγωγή δεδομένων καθότι μόλις ολοκληρωθεί η λήψη στοιχείων, το PACS μπορεί να συγκρίνει την πληροφορία που είναι ενσωματωμένη στην εικόνα με δεδομένα διαγνωστικών εξετάσεων από το RIS και μπορεί να προειδοποιήσει εάν κάποιο καταχωρημένο στοιχείο εικόνας δεν ταιριάζει με μια προγραμματισμένη διαγνωστική εξέταση. Παράλληλα, η διασύνδεση με το HIS καθιστά δυνατή την παροχή στοιχείων του ασθενή (όπως είναι ο αριθμός κοινωνικής ασφάλισης) με τη μέθοδο συγχώνευσης συνόλων δεδομένων από πολλά νοσοκομεία, που δουλεύει ακόμα και στις περιπτώσεις που κάθε νοσοκομείο χρησιμοποιεί εσωτερικά διαφορετικούς κωδικούς συστήματος.

Μια διεπαφή μπορεί, επίσης, να βελτιώσει τα σχέδια ροής εργασίας μέσα στο χώρο του ακτινολογικού τμήματος, αφού μια εικόνα μπορεί να την χαρακτηρίσει ως «διαβασμένη». Έτσι, αποφεύγεται η επιπλέον ανάγνωση που μπορεί να γίνει στο RIS. Η αναφορά συνδέεται με τις αντίστοιχες ιατρικές εικόνες και είναι προσπελάσιμη και από τα δυο συστήματα μέσω μιας ενιαίας διεπαφής. Επίσης, βελτιώνεται η λειτουργικότητα της αποθήκευσης πάνω στο δίκτυο (online) και της αποθήκευσης δίπλα σε αυτό (nearline), στο σύστημα αρχειοθέτησης εικόνων. Το PACS λαμβάνει εκ των προτέρων τους καταλόγους των ραντεβού και των εισαγωγών. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα έγκαιρης μετακίνησης των απαιτούμενων παλαιότερων εξετάσεων από την nearline αποθήκευση (για παράδειγμα βιβλιοθήκες ταινιών ή DVD jukeboxes) στην online αποθήκευση (σειρά του RAID δίσκων).

Η αναγνώριση της σπουδαιότητας της ολοκλήρωσης έχει οδηγήσει διάφορους κατασκευαστές να αναπτύξουν πλήρως ολοκληρωμένα συστήματα RIS/PACS.

4.2 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DICOM

Η ψηφιακή επεξεργασία ιατρικής εικόνας ξεκίνησε παράλληλα με την ανάπτυξη ενός προτύπου για τη μεταφορά ψηφιακών εικόνων, ώστε να επιτρέψει στους χρήστες την ανάκτηση εικόνων και σχετιζόμενων πληροφοριών από απεικονιστικά μηχανήματα, ανεξαρτήτως κατασκευαστή.

Το πρότυπο DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine), δημιουργήθηκε το 1992 και είναι το πρότυπο για την ανταλλαγή ιατρικών εικόνων σε ψηφιακή μορφή. Επιτρέπει στους χρήστες την ανάκτηση εικόνων και σχετιζόμενων πληροφοριών, από ιατρικά μηχανήματα, με προτυποποιημένη μέθοδο, που είναι ίδια για όλα τα μηχανήματα, ανεξαρτήτως κατασκευαστή.

Το DICOM είναι κάπως περίπλοκο εξαιτίας της εξειδικευμένης ορολογίας του και των τακτικών αλλαγών που επιδέχεται, ώστε να υποστηρίζει νέες τεχνολογίες. Είναι βασισμένο στην αντικειμενοστρέφεια γι αυτό και συχνά παρατηρούνται κλάσεις και αντικείμενα. Το πρότυπο αυτό καθορίζει τους τύπους επικοινωνιών που καλούνται κλάσεις υπηρεσιών DICOM (DICOM Service Classes). Η λειτουργία του DICOM επεκτείνεται όταν οι κλάσεις υπηρεσιών επεκτείνονται ή/και αυξάνονται. Το DICOM καθορίζει επίσης τους τύπους των δεδομένων που στέλνονται και τη μορφή για αυτά τα δεδομένα. Αυτά καλούνται Στοιχεία Εξέτασης DICOM (DICOM Objects). Παραδείγματος χάριν, ένα Στοιχείο Εξέτασης DICOM αποκαλούμενο CT είναι μία συγκεκριμένη μορφή δεδομένων για τη μετάδοση δεδομένων CT.

Η ουσία του προτύπου είναι ότι ορίζει ένα σύνολο κοινών κανόνων για την ανταλλαγή και μεταφορά ψηφιακών εικόνων και των συνοδευτικών τους πληροφοριών. Το DICOM ακολουθεί το μοντέλο επικοινωνίας κατά ISO-OSI. Το μοντέλο αυτό αποτελείται από 7 ανεξάρτητα επίπεδα ή στρώματα και καθορίζει τις λειτουργίες επικοινωνίας του κάθε επιπέδου και τις σχέσεις ανάμεσά τους. Αυτό γίνεται με ένα σύνολο κανόνων, τα πρωτόκολλα, τα οποία καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας των δικτύων για την επικοινωνία και ανταλλαγή πληροφοριών.

Το εν λόγω πρότυπο, δομήθηκε σαν κείμενο με πολλά τμήματα (multi - part document), με βάση την οδηγία ISO/IEC Directive 1989 part 3: Drafting and presentation of International Standards.

4.2.1 ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

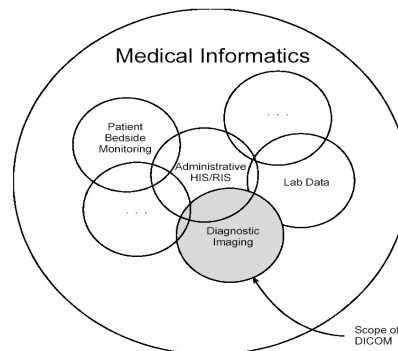
Το πρότυπο DICOM διευκολύνει την διαλειτουργικότητα εξοπλισμού ιατρικής απεικόνισης προδιαγράφοντας:

- Μια ομάδα πρωτοκόλλων που πρέπει να ακολουθούνται από τις συσκευές για να συμμορφώνονται στο πρότυπο.
- Τη σύνταξη και την σημασιολογία των εντολών και της σχετικής πληροφορίας που μπορεί να ανταλλάγει με χρήση αυτών των πρωτοκόλλων.
- Πληροφορία που πρέπει να παρέχεται σε μια υλοποίηση για να υπάρχει συμμόρφωση στο πρότυπο.

Το πρότυπο δεν προδιαγράφει:

- Λεπτομέρειες υλοποίησης λειτουργιών των συσκευών που συμμορφώνονται στο πρότυπο.
- Το σύνολο των λειτουργιών και χαρακτηριστικών που απαιτείται από ένα σύστημα που αποτελείται από πολλές συσκευές που συμμορφώνονται στο πρότυπο.
- Κάποια διαδικασία αξιολόγησης/ επικύρωσης συμμόρφωσης στο πρότυπο.

Το πρότυπο DICOM ανήκει στο πεδίο της Ιατρικής Πληροφορικής. Μέσα σε αυτό το πεδίο, ασχολείται με την ανταλλαγή ψηφιακής πληροφορίας ανάμεσα σε εξοπλισμό ιατρικής απεικόνισης. Επειδή ο εξοπλισμός ιατρικής απεικόνισης μπορεί να συνεργάζεται με άλλες ιατρικές συσκευές, η εμβέλεια αυτού του προτύπου πρέπει να περιλαμβάνει και άλλους τομείς της Ιατρικής Πληροφορικής όπως φαίνεται στην εικόνα:



Εικόνα 4 2 Εμβέλεια του DICOM στην ιατρική πληροφορική

Τα δικτυακά πρωτόκολλα του προτύπου DICOM χρησιμοποιούνται ευρέως στις διαδικασίες επισκόπησης των εικόνων και στην πραγματοποίηση της αρχικής διάγνωσης στα ακτινολογικά καθώς και σε άλλα τμήματα που ενδεχομένως χρησιμοποιούν απεικονιστικές εξετάσεις (π.χ. οι εξετάσεις υπερήχων στο καρδιολογικό τμήμα) μέσα από τη χρήση του PACS. Το DICOM, που είναι το αδιαμφισβήτητο πρότυπο επικοινωνίας ιατρικών απεικονιστικών εξετάσεων, εφαρμόζεται επίσης και σε περιπτώσεις Τηλεακτινολογίας, όπου η επικοινωνία ιατρικών απεικονιστικών εξετάσεων διεξάγεται από τους επαγγελματίες της υγείας που ανήκουν σε διαφορετικά τμήματα του νοσοκομείου (εσωτερικοί επαγγελματίες).

Όμως, υπάρχουν περιπτώσεις Τηλεακτινολογίας, όπου τα πρωτόκολλα δικτύων DICOM χρησιμοποιούνται λιγότερο συχνά κατά τη διανομή των Στοιχείων Εξέτασης DICOM για διαγνωστικούς λόγους μεταξύ των τμημάτων νοσοκομείων και των επαγγελματιών της υγείας στο σπίτι (εξωτερικοί επαγγελματίες). Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις η επικοινωνία ιατρικών απεικονιστικών εξετάσεων δεν εκτελείται αποκλειστικά για τη διάγνωση αλλά και για εκπαιδευτικές, επιστημονικές και άλλες συνεργατικές δραστηριότητες των εξωτερικών επαγγελματιών. Σε αυτές τις δραστηριότητες, οι προσδοκίες της ποιότητας και της αξιοπιστίας της εικόνας είναι σίγουρα χαμηλότερες. Στις περιπτώσεις αυτές (μη διαγνωστικών δραστηριοτήτων), οι εξωτερικοί επαγγελματίες επιθυμούν πιο εύκαμπτες εφαρμογές που να μπορούν να ενσωματωθούν με άλλες εφαρμογές υπολογιστών γραφείου που ήδη διαθέτουν και που να απαιτούν λιγότερο κεντροποιημένη εγκατάσταση και διαμόρφωση συστήματος επικοινωνίας.

4.2.2 ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Το πρότυπο διευκολύνει την διαλειτουργικότητα συσκευών που έχουν συμμορφωθεί σε αυτό. Συγκεκριμένα:

- Αναφέρεται στη σημασιολογία των εντολών και των σχετικών δεδομένων.
- Ορίζει σαφώς τις απαιτήσεις συμμόρφωσης των υλοποιήσεων προς το πρότυπο. Ειδικότερα, μια δήλωση συμμόρφωσης πρέπει να καθορίζει τις λειτουργίες με τις οποίες εξασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα και η διασυνδεσιμότητα με άλλες συσκευές που συμμορφώνονται στο πρότυπο.
- Διευκολύνει την λειτουργία σε ένα δικτυακό περιβάλλον
- Είναι δομημένο έτσι ώστε να εξυπηρετεί εισαγωγή νέων υπηρεσιών, και να παρέχει υποστήριξη σε μελλοντικές εφαρμογές ιατρικής απεικόνισης.
- Κάνει χρήση ήδη υπαρχόντων διεθνών προτύπων όπου είναι εφικτό, και συμμορφώνεται και το ίδιο σε διεθνή πρότυπα.
- Ορίζει ένα σύνολο πρωτοκόλλων που πρέπει να ακολουθούνται από τις συσκευές που δηλώνουν συμμόρφωση στο πρότυπο προκειμένου να διεξάγεται η δικτυακή επικοινωνία.
- Ορίζει ένα σύνολο από υπηρεσίες για αποθήκευση σε διάφορα μέσα που πρέπει να ακολουθηθούν από τις συσκευές που δηλώνουν συμμόρφωση με το πρότυπο, καθώς επίσης ο τύπος του αρχείου και η δομή του ιατρικού φακέλου για να διευκολύνεται η πρόσβαση στις εικόνες και στη σχετική πληροφορία που αποθηκεύεται στα διάφορα μέσα ανταλλαγών προκειμένου να διεξάγεται η επικοινωνία μεταξύ των μέσων.

Αν και το πρότυπο DICOM δύναται να διευκολύνει υλοποιήσεις PACS, η χρήση αποκλειστικά και μόνον αυτού δεν εξασφαλίζει όλους στόχους ενός PAC. Το πρότυπο διευκολύνει τη διαλειτουργικότητα συστημάτων συμμορφωμένων προς αυτό σε ένα περιβάλλον πολλών κατασκευαστών, αλλά δεν εξασφαλίζει διαλειτουργικότητα. Αναφέρεται στο χώρο της Ιατρικής Πληροφορικής αλλά χρειάζεται να αλληλεπικαλύπτεται με τις άλλες περιοχές της αφού δεν ασχολείται με όλο το εύρος αυτού του χώρου.

Το πρότυπο έχει αναπτυχθεί με έμφαση στην πρακτική της διαγνωστικής απεικονιστικής Ιατρικής, στη Ραδιολογία. Ωστόσο μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλές πληροφορίες σχετικά με τις εικόνες που ανταλλάσσονται σε ένα κλινικό περιβάλλον.

4.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΗ ΚΑΙ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Το DICOM βασίστηκε πάνω στο πρότυπο ACR-NEMA, το οποίο εισήχθη από το American College of Radiology ACR, ώστε να καλυφθεί η ανάγκη για σύνδεση μεταξύ συσκευών απεικόνισης. Έχει δεσμούς με διάφορους διεθνείς οργανισμούς προτυποποίησης, όπως επίσης και οργανισμούς των ΗΠΑ που εργάζονται σε σχετικά πεδία. Το πρότυπο DICOM δημοσιεύτηκε το 1993 για πρώτη φορά από το National Electrical Manufacturers Association (NEMA) και αναπτύχθηκε σε συνεργασία με το ACR. Αποτελεί το βασικό «εργαλείο» για τη δόμηση των λειτουργιών του PACS.

Το αρχικό πρότυπο ονομάστηκε ACR-NEMA παίρνοντας βέβαια το όνομά του από τους δυο αυτούς οργανισμούς. Το ACR-NEMA πρότυπο δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 1985 και η δεύτερη έκδοση (2.0) το 1988.

Με σκοπό τον προσδιορισμό της προέλευσής του (ACR-NEMA), όταν δημοσιεύτηκε το DICOM (1993), ονομάστηκε “DICOM version 3.0”. Ενημερωμένες εκδόσεις του DICOM τυπικά δημοσιεύονται κάθε χρόνο. Το «DICOM» είναι συνώνυμο με το DICOM 3.0 δεδομένου ότι δεν υπήρξε καμία προηγούμενη έκδοση με όνομα DICOM 1.0 ή DICOM 2.0. Ωστόσο, πριν από το DICOM 3.0, το πρότυπο είχε διαφορετικό όνομα και ονομαζόταν πρότυπο ACR/NEMA 2.0.

Με την εισαγωγή της υπολογιστικής τομογραφίας (computed tomography – CT) ακολουθούμενης από άλλα ψηφιακά διαγνωστικά ιατρικά μηχανήματα τη δεκαετία του '70 και την αυξανόμενη χρήση των υπολογιστών στις κλινικές εφαρμογές, το American College of Radiology (ACR) και ο National Electrical Manufacturers Association (NEMA) αναγνώρισαν την επείγουσα ανάγκη για μια τυποποιημένη μέθοδο μεταφοράς εικόνων και της σχετιζόμενης πληροφορίας μεταξύ

των συσκευών που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές. Αυτές οι συσκευές παρήγαγαν μια μεγάλη ποικιλία από διαφορετικούς τύπους ψηφιακών εικόνων. Στην πραγματικότητα η πίεση για τη δημιουργία ενός τέτοιου προτύπου, προήλθε από τους ίδιους τους χρήστες. Στην ουσία οι περισσότεροι κατασκευαστές αρκούσαν στην υποστήριξη των δικών τους ιδιόκτητων προτύπων επικοινωνίας και ανταλλαγής δεδομένων, μια και εύκολα μπορούσαν να αναγκάσουν τους πελάτες τους να αγοράσουν νέες συσκευές ή προγράμματα της εταιρείας τους ώστε να συνδέσουν τις απεικονιστικές συσκευές τους.

Η ανάπτυξη γενικής αγοράς 3-D σταθμών εργασίας απαιτούσε την υποστήριξη μιας ολόκληρης βιβλιοθήκης, αποτελούμενης από όλων των τύπων τα μέσα μεταφοράς δεδομένων. Έτσι λοιπόν η αγορά, π.χ. ενός νέου μηχανήματος ραδιοθεραπείας προϋπόθετε και την ταυτόχρονη αγορά προγράμματος από την εταιρία για να είναι δυνατή η ανταλλαγή πληροφορίας με το ήδη υπάρχον σύστημα σχεδιασμού ραδιοθεραπείας, μια και το καθένα μηχανήμα χρησιμοποιούσε και διαφορετικό πρωτόκολλο. Το ίδιο συνέβαινε και όταν ο κατασκευαστής μιας απεικονιστικής συσκευής αναβάθμιζε το πρόγραμμα του συστήματος με μια βελτιωμένη έκδοση. Η σύνδεση ξαφνικά δεν ήταν εφικτή. Η κατάσταση ήταν μάλλον χαοτική.

Δεν ήταν έκπληξη, λοιπόν, ότι η κοινότητα των χρηστών στάθηκε πάνω στην εισαγωγή ενός μοντέλου που θα προτυποποιούσε την ανταλλαγή της πληροφορίας. Αναζητώντας οι χρήστες ένα μοντέλο επικοινωνίας με όλους τους κατασκευαστές, συνεργάστηκαν με το NEMA.

Το ACR και ο NEMA σχημάτισαν μια κοινή επιτροπή το 1983 για την ανάπτυξη ενός προτύπου που θα είχε τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά: 1) Να προωθεί την επικοινωνία που σχετίζεται με την πληροφορία των παραγόμενων ψηφιακών ιατρικών εικόνων ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή της συσκευής που τις παράγει, 2) Να διευκολύνει της ανάπτυξη και την επέκταση των PACS καθώς και τη δημιουργία διεπαφών με τα άλλα συστήματα πληροφοριών μέσα στο νοσοκομειακό χώρο και 3) Να επιτρέπει τη δημιουργία βάσεων δεδομένων διαγνωστικής πληροφορίας που θα είναι προσβάσιμες από διαφορετικές συσκευές που θα κατανέμονται γεωγραφικά

Χρειάστηκαν πάνω από 10 χρόνια (1981-1993) και δύο εκδόσεις του προτύπου, οι οποίες είχαν σχετικά μικρό αντίκτυπο, έως ότου έρθει η επιτυχία. Η πρώτη δημοσίευση το 1992, από την Radiology Society of North America (RSNA) ήταν μια μεγάλη επιτυχία.

Η δημοσίευση του προτύπου ACR-NEMA Νο 300-1985 πραγματοποιήθηκε το 1985 και καθορίστηκε ως η έκδοση 1.0 του προτύπου. Το πρότυπο ακολουθήθηκε από δυο αναθεωρήσεις: Την Αριθμός 1 τον Οκτώβριο του 1986 και την Αριθμός 2 τον Ιανουάριο του 1988. Η δημοσίευση του προτύπου ACR-NEMA Νο 300-1988 πραγματοποιήθηκε το 1988 και καθορίστηκε ως η έκδοση 2.0 του προτύπου. Αυτή περιελάμβανε την έκδοση 1.0, τις δημοσιευμένες αναθεωρήσεις και επιπρόσθετες αναθεωρήσεις. Επιπλέον περιελάμβανε νέο υλικό που παρείχε εντολές υποστήριξης για τις συσκευές απεικόνισης προκειμένου να εισάγουν ένα νέο ιεραρχικό σχήμα που προσδιορίζει μια εικόνα και να προσθέσουν δομοστοιχεία δεδομένων για αυξημένες προσδιοριστικές δυνατότητες όταν περιγράφεται μια εικόνα. Αυτές οι δημοσιεύσεις προτύπων όριζαν μια διεπαφή υλικού (hardware interface), ένα ελάχιστο σύνολο από εντολές λογισμικού και ένα σταθερό σύνολο από τύπους δεδομένων. Η μορφή που χρησιμοποιείται σήμερα είναι το DICOM 3.0.

Δημιούργησε τόσο μεγάλη εντύπωση και ορμή ώστε η παρουσία του DICOM να θεωρείται σήμερα δεδομένη για κάθε PACS εφαρμογή, ενώ εφαρμόζεται ήδη από το 95% των συσκευών ιατρικής απεικόνισης. Και βέβαια τα 12 αυτά χρόνια που μεσολάβησαν (1981- 1993), δεν πήγαν χαμένα μιας και τα βασικότερα κομμάτια του προτύπου ACR-NEMA είναι τώρα μέρος του DICOM (κυρίως οι δομές δεδομένων). Να προστεθεί ότι η βιομηχανία τη δεκαετία του '80 δεν ήταν ώριμη ακόμα να επιλέξει ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας. Αυτό έγινε στις αρχές του '90 όπου το TCP/IP επιλέχθηκε ως ένα πρωτόκολλο δικτύου, βασιζόμενο στη δημοτικότητα του UNIX και του Internet. Έχοντας διαθέσιμο το πρότυπο ACR-NEMA, διάφοροι κατασκευαστές άρχισαν να το εφαρμόζουν στα δικά τους δεδομένα και να κάνουν προσθήκες στο πρότυπο όταν αυτό κρινόταν αναγκαίο.

Η Philips και η Siemens συνεργάστηκαν και ανέπτυξαν τη δική τους έκδοση με προσθήκες στο πρότυπο την οποία ονόμασαν SPI. Έτσι με το χρόνο και με τέτοιες προσπάθειες ήρθε η εξέλιξη.

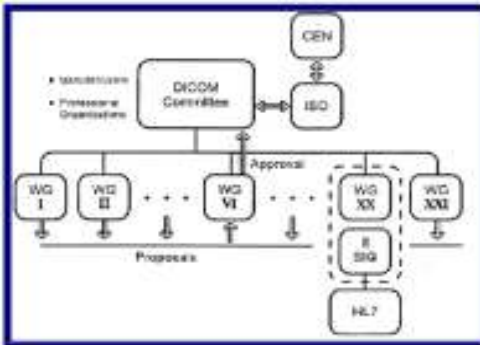
Το DICOM σήμερα σαν ένα διεθνές πρότυπο, απολύτως σεβαστό και αναγνωρισμένο. Επιπροσθέτως η διαδικασία της προτυποποίησης είναι μάλλον πολύ αποδοτική. Η επιτροπή του προτύπου DICOM συναντάται σε ημερίδες, πολλές φορές το χρόνο σε διάφορα μέρη, συνηθέστερα

όμως στις Η.Π.Α και περιστασιακά στην Ευρώπη και την Ασία. Αυτή η επιτροπή αποτελείται από μέλη των κατασκευαστών και των επαγγελματικών οργανισμών.

Υπάρχουν περίπου 50 μέλη που εγκρίνουν νέα κομμάτια εργασίας π.χ. καθορίζουν νέες περιοχές για προτυποποίηση και εγκρίνουν τα αποτελέσματα. Τα πρότυπα στην ουσία γράφονται από διάφορες ομάδες εργασίας όπου η κάθε μια χειρίζεται διαφορετικό αντικείμενο πραγματογνωμοσύνης τα οποία είναι πάνω από 20. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι μια συνεχής και λεπτομερής αναθεώρηση, τόσο εσωτερική όσο και εξωτερική μιας και κάθε αλλαγή κοινοποιείται για δημόσια σχόλια από οποιονδήποτε πριν «ψηφιστεί» από τα μέλη της επιτροπής. Η βασική ομάδα εργασίας του προτύπου (WG VI), επιβεβαιώνει ότι προσθήκες στο πρότυπο, είναι στη βάση της φιλοσοφίας του και εξασφαλίζει την ακεραιότητα του προτύπου.

Όπως δείχνει η εικόνα 4.5, υπάρχουν ισχυροί δεσμοί ανάμεσα στο DICOM και άλλους οργανισμούς ώστε να επιβεβαιώνεται η διεθνής υποστήριξη του, να αποφεύγονται αλληλοεπικαλύψεις και να αυξάνεται η αξιοπιστία του. Συγκεκριμένα δυο διεθνή σώματα προτύπων έχουν επιτροπές που αφορούν την πληροφορική στην υγεία., αυτές είναι οι: Ευρωπαϊκή Επιτροπή Προτυποποίησης (CEN: Comittee European de Normalization) με την Τεχνική Επιτροπή (TC), CEN/TC215 και το International Standard Organization (ISO), το οποίο έχει Τεχνική Επιτροπή (TC) την ISO/TC215.

Το ISO/TC215 αποφάσισε να μην δημιουργήσει μια ομάδα εργασίας για το αντικείμενο της ιατρικής απεικόνισης αλλά να βασιστεί πάνω στο DICOM για βιοϊατρικά πρότυπα εικόνων. Το DICOM έχει μια επίσημη σύνδεση με το ISO/TC215.



Εικόνα 4 3 Σχέσεις του DICOM με άλλα διεθνή πρότυπα και οργανισμούς.

Οι μη Ευρωπαίοι δεν μπορούν φυσιολογικά να συμμετέχουν στις εργασίες του CEN WGs, μερικές φορές όμως τα μέλη του DICOM πήραν μέρος στην πρόιμη εργασία (modality, worklist, storage commitment, που δημιουργήθηκαν από τις ομάδες εργασίας του CEN). Οι Ευρωπαϊκές ομάδες εργασίας προτύπων αποσύρθηκαν από την ενεργό συμμετοχή πριν μερικά χρόνια. Συχνά όμως η επιτροπή του DICOM και διάφορες άλλες ομάδες του, έχουν επίσης Ευρωπαϊκά μέλη.

Η Ευρωπαϊκή γραμματεία είναι κομμάτι της Ευρωπαϊκής Συντονιστικής Επιτροπής, των Ακτινολογικών και Ηλεκτροτεχνικών Κατασκευών (COCIR), που αποτελεί το Ευρωπαϊκό ισότιμο του NEMA.

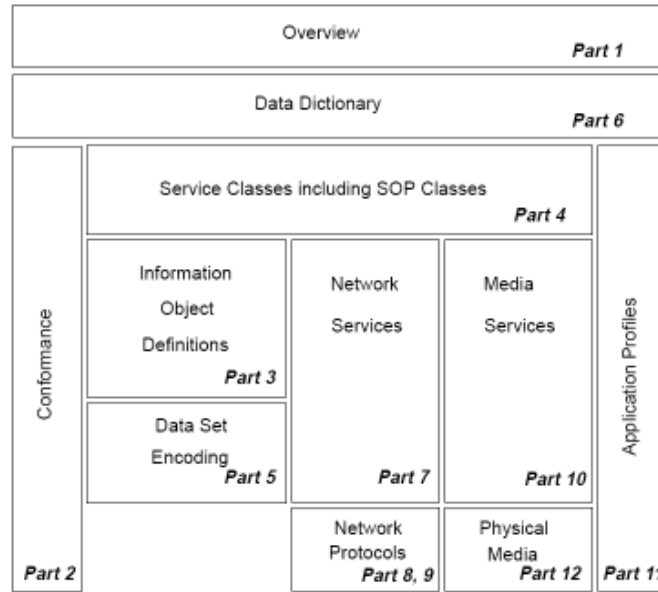
Το DICOM επίσης έχει δεσμούς με τον οργανισμό του προτύπου HL7, ώστε να συντονίζεται η σχεδίαση των δυο προτύπων και να εξασφαλίζεται η ακεραιότητα της Ιατρικής Απεικόνισης στις υπηρεσίες υγείας. Παράλληλα έγινε η συνθήκη σύγκλισης του Ιαπωνικού format ανταλλαγής “Image Save and Carry (IS&C) με το DICOM, όπου το JIRA (Japan Industries Association of Radiology Systems) και το MEDIS-DC (Medical Information System Development Center), έπαιξαν τον σπουδαιότερο ρόλο. Επίσης εστιάζει την προσοχή του στην εξέλιξη των προτύπων που συνδέονται με το Internet. Το DICOM ήδη χρησιμοποιεί την ηλεκτρονική ανταλλαγή (e-mail), DICOM αντικειμένων με το MIME (Multipurpose Internet mail Extension), όπως και άλλες εφαρμογές σχετικές με το διαδίκτυο.

Το DICOM 3.0 χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα από τους περισσότερους κατασκευαστές. Αν και το ίδιο το πρότυπο δεν έχει αλλάξει, έχουν προστεθεί συμπληρώματα (Supplements) και καινούρια μέρη (Parts) για να επιληφθούν των τεχνολογικών αλλαγών και αναγκών που έχουν προκύψει από την αρχική έκδοση του προτύπου. Τα συμπληρώματα αυτά επεκτείνουν τη λειτουργία του DICOM σε πολλούς τύπους επικοινωνιών ψηφιακής απεικόνισης.

4.4 ΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ DICOM

Το πρότυπο DICOM έχει χωριστεί σε πολλά τμήματα (parts) και κάθε τμήμα περιγράφει μια λειτουργία του προτύπου όπως π.χ. οι Service classes, τα IODs, το δίκτυο, τα μέσα αποθήκευσης κ.λ.π. Το κάθε τμήμα καθορίζεται από τον τίτλο του και έναν αριθμό της μορφής “PS 3.X-YYYY”, όπου το X αναφέρεται στον αριθμό του τμήματος και YYYY είναι το έτος δημοσίευσής του. Για παράδειγμα, το τμήμα 2 του προτύπου ονομάζεται «Συμμόρφωση» (Conformance) και ο αριθμός του είναι PS 3.2 1996. Τα τμήματα που αποτελούν το πρότυπο DICOM είναι τα εξής:

- PS 3.1: Το πρώτο μέρος παρέχει μια γενική εικόνα του υπόλοιπου προτύπου (overview). Παρέχεται μια γενική περιγραφή των σχεδιαστικών αρχών, καθορίζονται αρκετοί από τους όρους που θα χρησιμοποιηθούν και δίνεται μια σύντομη περιγραφή των άλλων μέσων.
- PS 3.2: Στο δεύτερο μέρος καθορίζονται οι «προϋποθέσεις συμβατότητας». Χωρίς να παρέχει μια καθορισμένη λίστα από συμβατά αντικείμενα, το DICOM υποστηρίζει έναν αριθμό από κλάσεις (π.χ. SOP classes) και «απαιτεί» από τα συστήματα να ακολουθούν τις αρχές του.
- PS 3.3: Το τρίτο μέρος ορίζει πως καθορίζονται τα αντικείμενα και οι περιγραφές τους. Αρκετές από αυτές περιέχουν παρόμοιες ιδιότητες, οι οποίες ομαδοποιούνται ενώ σε κάποια αντικείμενα οι περιγραφές δεν είναι έμφυτες. Για παράδειγμα, IOD της υπολογιστικής τομογραφίας έχει την ιδιότητα ‘image date’, η οποία είναι έμφυτη αλλά το όνομα ασθενούς που εμφανίζεται πάνω σε αυτή δεν είναι αλλά σχετίζεται με τη συγκεκριμένη απεικόνιση.
- PS 3.4: Το τέταρτο μέρος περιέχει τις κλάσεις υπηρεσιών (services classes). Οι κλάσεις αυτές δημιουργούνται από ένα σύνολο πρωτογενών διεργασιών. Οι κλάσεις αυτές είναι οι διεργασίες που εκτελούνται στα αντικείμενα. Στο μέρος αυτό, επίσης, καθορίζονται και οι ρόλοι του χρήστη και του παροχέα υπηρεσίας.
- PS 3.5: Σε αυτό το μέρος ορίζεται η σύνταξη της γλώσσας πάνω στην οποία θα γίνει η επικοινωνία για την ανταλλαγή δεδομένων. Ο μηχανισμός ανταλλαγής δεδομένων ορίζεται από ένα πρωτόκολλο που καλείται πρωτόκολλο ανταλλαγής δεδομένων (message exchange protocol) και το κλινικό αντικείμενο. Οι μελλοντικές πράξεις καθορίζονται από τα αντικείμενα πληροφορίας και τις κλάσεις υπηρεσιών (PS 3.3 και PS 3.4). Θέματα που σχετίζονται με τον τρόπο παρουσίασης των δεδομένων, την κωδικοποίηση της πληροφορίας καθώς και η σύνταξη που χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή μηνυμάτων, καθορίζονται σε αυτό το μέρος.
- PS 3.6: Αυτό το μέρος αποτελείται από μια συνολική λίστα που περιέχει όλα τα στοιχεία δεδομένων, τις αντίστοιχες χαρακτηριστικές επικεφαλίδες τους, τα ονόματά τους κ.λ.π
- PS 3.7: Στο έβδομο μέρος αναφέρεται το κατάλληλο λογισμικό για να αλληλεπιδράσουν δύο ή περισσότερες συσκευές με βάση τις προδιαγραφές τους προτύπου. Στο DICOM ένα τυπικό μήνυμα αποτελείται από μια ροή εντολών που απαιτείται για να στηριχθούν οι λειτουργίες που περιγράφονται στο PS 3.4 και μια ροή δεδομένων. Σε κάποιες περιπτώσεις η ροή δεδομένων μπορεί να είναι μικρή ή να μην χρειάζεται καν να υπάρχει.
- PS 3.8: Αυτό το μέρος περιέχει τις πληροφορίες που χρειάζονται για την ανταλλαγή μηνυμάτων με βάση το DICOM. Τα πρωτόκολλα TCP/IP και ISO-OSI υποστηρίζονται από το πρότυπο. Εκτός από το ανώτερο επίπεδο του DICOM, το υπόλοιπο μέρος ακολουθεί αυτά τα πρωτόκολλα χωρίς να επηρεάζεται ή να μετασχηματίζεται αλλά ούτε και να επεμβαίνει σε κάποιο από αυτά.
- PS 3.9: Εδώ ορίζεται η δόμηση της ροής εντολών, μιας και ένα μήνυμα χρειάζεται να περάσει σταδιακά από τα χαμηλότερα επίπεδα του προτύπου για να εγκαθιδρυθεί μια επικοινωνιακή σύνοδος.
- PS 3.10: Στο δέκατο μέρος οριοθετείται η συμβατότητα με άλλα πρωτόκολλα.
- PS 3.11 και PS 3.12: Τα τελευταία μέρη του προτύπου περιγράφουν τα μέσα ανταλλαγής δεδομένων. Κάθε εφαρμογή λογισμικού έχει ένα καθορισμένο προφίλ, το οποίο αποτελεί μια κάθετη τομή διασύνδεσης των επιπέδων του. Το προφίλ περιέχει πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή, τις κλάσεις SOP, τη σύνταξη μετάδοσης, τη δομή των καταλόγων, το βασικό αρχείο υπηρεσιών, τη δομή των μονάδων και το φυσικό μέσο που απαιτείται. Το προφίλ κάθε εφαρμογής είναι ιδιαίτερα χρήσιμο κατά τη σύγχρονη επικοινωνία που συνήθως αποκρύπτει τη διαδικασία διαπραγμάτευσης.



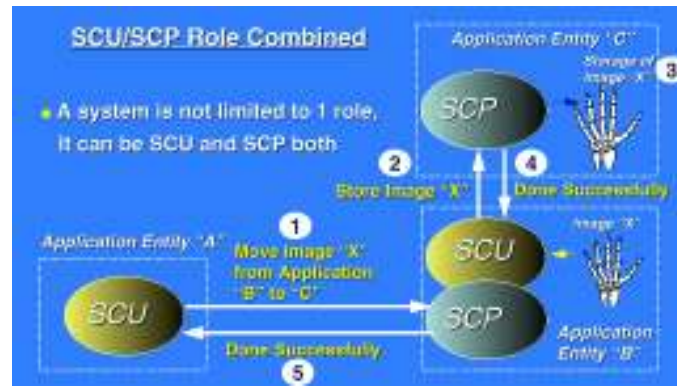
Εικόνα 4.4 Συσχέτιση των τμημάτων του προτύπου

Το DICOM είναι, εξαιτίας του χώρου που καλύπτει, ένα πολύπλοκο πρότυπο και για κάποιον που ασχολείται πρώτη φορά είναι ακόμη πιο δύσκολο να κατανοήσει και να συσχετίσει τις λειτουργίες του. Η ίδια δυσκολία υπάρχει και στους κατασκευαστές και, έτσι, ενώ οι συσκευές τους ακολουθούν το πρότυπο DICOM, στην πράξη πολλές φορές αποδεικνύεται ότι είναι δύσκολο έως αδύνατο να επικοινωνήσουν συσκευές διαφορετικών κατασκευαστών μεταξύ τους. Η όλη φιλοσοφία του στηρίζεται στο E-R model και έτσι είναι ιδανικό για υλοποίηση αναζητήσεων με σχεσιακές βάσεις δεδομένων που είναι ευρύτητα διαδεδομένες. Γενικά μέχρι τώρα δεν φαίνεται να υπάρχει κάποιος αντίπαλος που θα μπορούσε να το εκτοπίσει, μόνο που πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο PS 3.2 έτσι ώστε να είναι πιο εύκολη η επικοινωνία συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές.

4.5 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ DICOM

Αρχικά, πρέπει να γίνει η εκαθίδρυση της σύνδεσης ώστε να επικοινωνήσουν οι κόμβοι μεταξύ τους. Το πρότυπο DICOM λειτουργεί με κατανεμημένες διεργασίες, σύμφωνα όμως με το μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή (client-server). Όταν δυο συσκευές ή κόμβοι απαιτείται να επικοινωνήσουν με βάση το πρότυπο DICOM, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία: αρχικά γίνεται η προσπάθεια έναρξης της συνόδου μέσω δικτύου. Το πρωτόκολλο δικτύου που χρησιμοποιείται ενημερώνει για τη διαθεσιμότητα. Εάν το δίκτυο είναι διαθέσιμο, τότε το πρότυπο αρχίζει μια σειρά ενεργειών για να πραγματοποιηθεί η σύνδεση. Η συσκευή που αιτείται την επικοινωνία ενημερώνει για το είδος των ενεργειών που πρέπει να πραγματοποιηθούν, ενώ η συσκευή που λαμβάνει την αίτηση ενημερώνει με τη σειρά της για τις δυνατότητές της.

Για να λειτουργήσει, λοιπόν, σωστά η κατανεμημένη διεργασία πρέπει να οριστεί ο ρόλος (Role) της κάθε πλευράς ως ρόλος πελάτη (Client) ή ως ρόλος εξυπηρετητή (Server). Η πλευρά που χρησιμοποιεί τη λειτουργικότητα της άλλης έχει το ρόλο του πελάτη. Η αντίθετη πλευρά που προσφέρει τη λειτουργικότητα, σύμφωνα με το πρότυπο, έχει το ρόλο του εξυπηρετητή. Οι δράσεις και οι ενέργειες που περιμένουν και οι δύο πλευρές καθορίζονται από τη σχέση (Relationship) την οποία μοιράζονται. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο πελάτης προκαλεί τη διαδικασία, αλλά μερικές φορές ο εξυπηρετητής είναι ο αρχικός συνεργάτης.

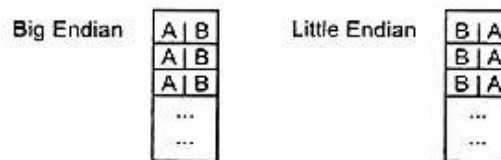


Εικόνα 4 5 Παράδειγμα ρόλων SCU-SCP

Εκτός από τους ρόλους, οι δύο πλευρές πρέπει να συμφωνήσουν σχετικά με τις πληροφορίες (Information) που πρόκειται να ανταλλάξουν. Σε αυτό το σημείο η πληροφορία εξετάζεται από σημασιολογικής απόψεως και όχι αναφορικά με τον τρόπο αναπαράστασής της.

Και τα δύο μέρη, πελάτης και εξυπηρετητής, πρέπει να είναι σε θέση να διανέμουν τα αιτήματα στις υπηρεσίες χαμηλότερου επιπέδου. Οι υπηρεσίες χαμηλότερου επιπέδου διαχειρίζονται την ανταλλαγή και είναι αδιαφανείς από την περιοχή εφαρμογών του πελάτη ή του εξυπηρετητή. Το τμήμα που ζητά υπηρεσίες είναι ο χρήστης υπηρεσιών (SCU). Το τμήμα που τις παρέχει είναι ο παροχέας υπηρεσιών (SCP). Τα δύο αυτά τμήματα μπορεί να έχουν διαφορετικές υλοποιήσεις, αλλά μοιράζονται την ίδια γνώση για το πώς θα ανταλλάξουν δεδομένα και έχουν μεταξύ τους την ίδια λογική διεπαφή.

Κατά την αρχικοποίηση της σύνδεσης πρέπει να καθοριστεί και το κοινό συντακτικό μεταφοράς (Transfer Syntax), η κοινή «γλώσσα» δηλαδή, την οποία θα χρησιμοποιήσουν οι κόμβοι για να επικοινωνήσουν. Μέσα στην Transfer Syntax υπάρχουν δύο τεχνικές που χρησιμοποιούν οι κόμβοι για να ανταλλάξουν πληροφορίες κωδικοποιώντας τα δεδομένα σε byte stream. Αυτές είναι οι Little Endian (αποστέλεται το λιγότερο σημαντικό byte) και Big Endian (αποστέλεται το περισσότερο σημαντικό byte). Αν δύο συσκευές χρησιμοποιούν λογισμικά με αντίθετες από τις παραπάνω μεθόδους, δεν θα μπορέσουν να επικοινωνήσουν σωστά με αποτέλεσμα να σταλούν και να αποθηκευτούν τα δεδομένα με λανθασμένο τρόπο. Ο χειρισμός της Transfer Syntax είναι κομμάτι που αφορά τον SCP. Παρόλα αυτά, θα πρέπει απ' την αρχή οι δύο συσκευές να γνωρίζουν ποια από τις παραπάνω τεχνικές θα χρησιμοποιήσουν ώστε να προχωρούν σταδιακά στην αντίθετη μετατροπή.



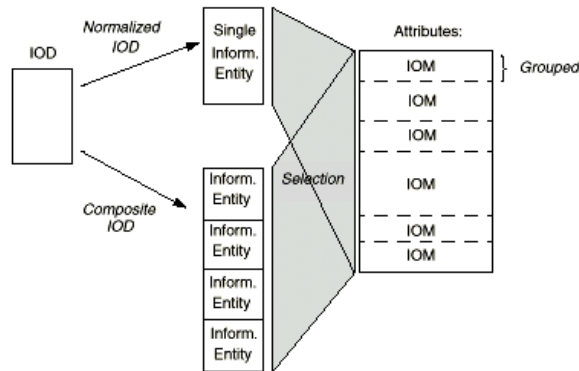
Εικόνα 4 6 Κωδικοποιήσεις Big και Little Endian

Έπειτα, πρέπει να ελεγχθούν οι ταυτόχρονες σχέσεις (Association) των συστημάτων. Το application entity είναι το κομμάτι της διεργασίας που ασχολείται με την επικοινωνία και περιλαμβάνει τον Service User καθώς και συναρτήσεις που αρχικοποιούν την επικοινωνία και μεταφέρουν την πληροφορία. Οι συνεργαζόμενες διεργασίες αναγνωρίζουν η μία την άλλη μέσω αυτού. Η σύνδεση για την ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ δυο application entities λέγεται Association. Για κάθε Association ορίζεται ένα περιβάλλον, στο οποίο ανταλλάσσονται οι πληροφορίες. Αυτό το περιβάλλον είναι το Application Context και ορίζεται από το πρότυπο DICOM. Κάθε Application Context αναγνωρίζεται από ένα UID (αναφέρεται πιο κάτω), το οποίο στέλνεται στο άλλο μέρος μόλις αρχίσει η σύνδεση. Αφού το άλλο μέρος συγκρίνει αυτό το UID μπορεί να δεχθεί ή να απορρίψει τη σύνδεση. Η ανταλλαγή της πραγματικής πληροφορίας θα γίνει μέσω των Service και SOP classes. Όταν μια σύνδεση δεν χρειάζεται τότε λύεται.

Στη συνέχεια, γίνεται η περιγραφή της πληροφορίας π.χ. ασθενής, εικόνα κτλ που θα μεταφερθεί. Η συλλογή αυτή των συσχετιζόμενων πληροφοριών ομαδοποιούνται σε οντότητες

πληροφορίας (Information Entities). Οι οντότητες πληροφορίας αποτελούνται από χαρακτηριστικά(attributes), τα οποία περιγράφουν ένα πολύ μικρό κομμάτι της πληροφορίας π.χ. το όνομα του ασθενούς. Η περιγραφή αυτών των χαρακτηριστικών γίνεται με τα Information Object Definitions (IOD). Ένα IOD μπορεί να είναι information entity (normalized IOD) ή συνδυασμός από information entities (composite IOD). Στην ουσία οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται είναι τα χαρακτηριστικά αυτά γνωρίσματα και το τι θα εκτελεστεί πάνω σε αυτά.

Τα χαρακτηριστικά που έχουν κάποια σχέση ομαδοποιούνται σε μονάδες αντικειμένων πληροφορίας (Information Object Modules) ή IOMs. Τα IOMs ορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περισσότερα από ένα IOD (Εικόνα 4.7)

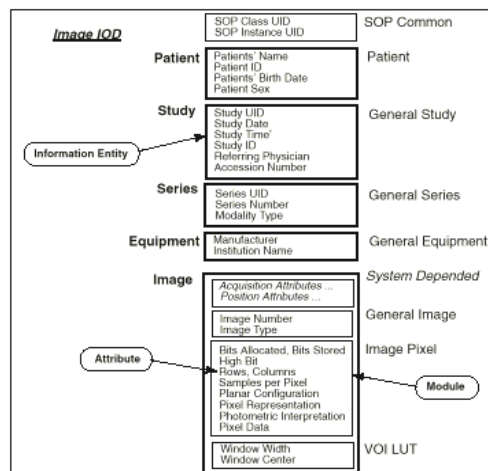


Εικόνα 4 7 Σχέσεις IOD και χαρακτηριστικά (attribute)

Τα χαρακτηριστικά, παρόλο που περιγράφουν ένα πολύ μικρό κομμάτι από την πληροφορία που μας ενδιαφέρει, πρέπει να είναι ακριβή και λεπτομερή. Στο πρότυπο DICOM περιγράφονται με τα παρακάτω IOD:

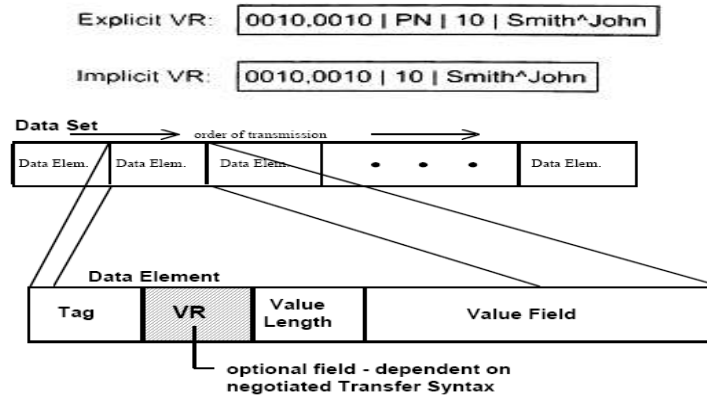
- Μοναδικό Attribute Name (αναγνώσιμο από άνθρωπο)
- Μοναδικό Attribute Tag (πληροφορία αναγνώσιμη από το σύστημα)
- Attribute Description (σημασιολογική περιγραφή)
- Value Representation (σύνταξη και κωδικοποίηση)
- Value Multiplicity (επαναληψιμότητα)
- Type Classification: 1, 1C, 2, 2C, ή 3 (η χρήση του εξαρτάται από το περιβάλλον της SOP class, της Service class , του ρόλου κλπ)

Το Type Classification ορίζει αν το χαρακτηριστικό είναι υποχρεωτικό να έχει κάποια τιμή (τύπου 1), αν είναι υποχρεωτικό με τιμή είτε χωρίς (τύπου 2), αν είναι προαιρετικό (τύπου 3) ή αν εμφανίζεται υπό συγκεκριμένες συνθήκες (1C, 2C).



Εικόνα 4 8 Παράδειγμα IOD (composite IOD) εικόνας

Όσον αφορά στην αναπαράσταση τιμών, τα χαρακτηριστικά (attributes) πρέπει να δοθούν με τις σωστές τιμές. Για κάθε χαρακτηριστικό ορίζεται μια αναπαράσταση τιμών. Η αναπαράσταση τιμών περιγράφει πως τα χαρακτηριστικά (attributes) κωδικοποιούνται σε στοιχεία δεδομένων (data elements) και πρέπει να είναι γνωστή και στα δύο μέρη που ανταλλάσσουν δεδομένα. Υπάρχουν δύο τρόποι που μοιράζονται αυτές οι πληροφορίες: πρώτον με το μοίρασμα ενός κοινού λεξικού δεδομένων που περιέχει όλα τα attributes που μπορούν να ανταλλαθούν, και δεύτερον περιλαμβάνοντας τον τρόπο αναπαράστασης τιμών στα στοιχεία των δεδομένων. Ο πρώτος τρόπος (implicit VR6) δεν έχει μεγάλη ευελιξία ενώ ο δεύτερος (explicit VR) αυξάνει το overhead της πληροφορίας που ανταλλάσσεται.



Εικόνα 4 9 Παραδείγματα explicit και implicit VR

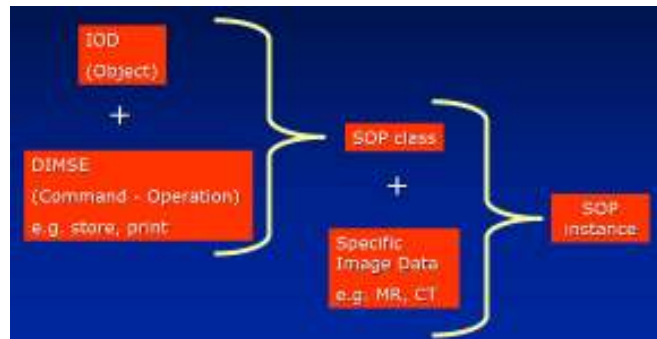
Για τη λειτουργία των εργασιών του εν λόγω προτύπου είναι υπεύθυνες οι Κλάσεις Υπηρεσιών (Service Classes), οι οποίες αποτελούν τις διεργασίες που εκτελούνται στα αντικείμενα-οντότητες. Το DICOM πρότυπο λειτουργεί με καταναεμημένες διεργασίες, οι οποίες δρουν από κοινού και ορίζουν μια υπηρεσία (service). Η σχέση και ο ρόλος μεταξύ δύο συνεργαζόμενων διεργασιών καθορίζεται από την περιγραφή της κλάσης υπηρεσίας (Service Class). Παραδείγματα τέτοιων κλάσεων ακολουθούν στη συνέχεια:

- Κλάση υπηρεσίας αποθήκευσης (Storage Service Class)
- Κλάση υπηρεσίας επερωτήσεων (Query Service Class)
- Κλάση υπηρεσίας ανάκτησης (Retrieval Service Class)
- Κλάση διαχείρισης περιστατικού (Study Management Service Class.)

(οι υπηρεσίες αυτές του DICOM θα αναλυθούν πιο κάτω).

Ο ρόλος της Service Class είναι να περιγράφει την πληροφορία και τη λειτουργία. Το πρότυπο υποστηρίζει και ένα σύνολο από υπηρεσίες το DICOM message service elements-DIMSE που είναι τα μηνύματα που χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή των δεδομένων. Ο συνδιασμός των IOD και του DIMSE ορίζει μια υποκλάση, την Υπηρεσίας Ζεύγους Στοιχείων Εξέτασης (Service Object Pair Class ή SOP Class). Σε κάθε κλάση SOP υπάρχει ένα IOD, το οποίο συνδυάζεται με μια ή περισσότερες υπηρεσίες DIMSE, για κάθε μια από τις οποίες ο ρόλος είναι καθορισμένος. Η Service Class δείχνει, επίσης, τη σχέση πληροφοριών που καθορίζονται σε διαφορετικά IOD.

Η κλάση SOP λέει στο χρήστη ποια κλάση υπηρεσιών υποστηρίζει μια επικοινωνιακή οντότητα και με ποια Στοιχεία Εξέτασης DICOM (τύπους εικόνας) λειτουργεί. Μια συγκεκριμένη υλοποίηση μιας κλάσης SOP ονομάζεται στιγμίοτυπο (instance) SOP. Στην εικόνα 4.10 φαίνεται σχηματικά τι είναι το στιγμίοτυπο SOP. Ένα αντικείμενο IOD, μαζί με μία συγκεκριμένη λειτουργία-εντολή συνθέτει μία κλάση SOP. Η κλάση SOP μαζί με κάποια συγκεκριμένα δεδομένα εικόνας (π.χ. CT, MR) συνθέτουν ένα στιγμίοτυπο SOP.

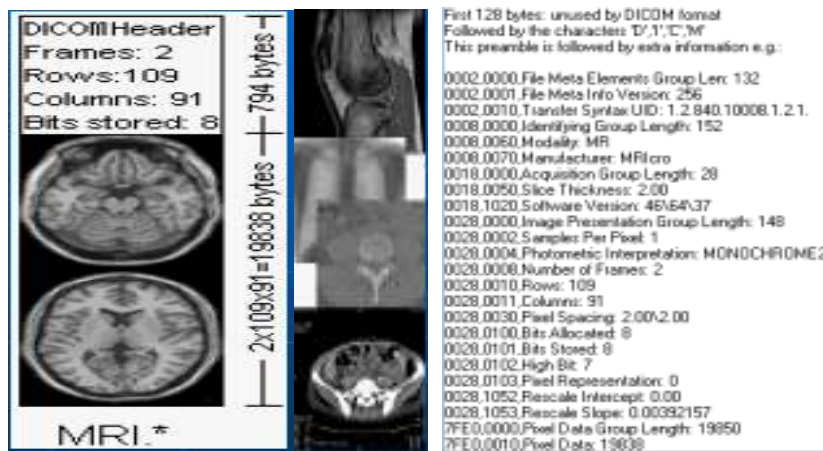


Εικόνα 4 10 Στιγμιότυπο SOP

Σε ένα στιγμιότυπο SOP, τα attributes πρέπει να δοθούν με τις σωστές (σημασιολογικά) τιμές όπως έχει οριστεί στον καθορισμό τους. Ένα από τα attribute που περιλαμβάνεται σε ένα στιγμιότυπο SOP, είναι αυτό της αναγνώρισης του στιγμιότυπου SOP. Αυτό το attribute χρησιμοποιείται από το σύστημα και όχι από τον άνθρωπο και σκοπό έχει να αναγνωρίζεται με μοναδικό τρόπο η κλάση καθώς και το στιγμιότυπό της και έχει την ονομασία Unique identifier ή UID . Τα UID εκτός από την αναγνώριση των στιγμιότυπων SOP χρησιμοποιούνται και για τον καθορισμό σχέσεων μεταξύ των στιγμιότυπων αλλά και για να εξεταστεί αν δύο στιγμιότυπα είναι ίδια. Στην περίπτωση που είναι ίδια μπορούν να ταξινομηθούν τα στιγμιότυπα ως προς αυτό το χαρακτηριστικό UID που έχουν ίδιο και έτσι να οριστούν και άλλες σχέσεις.

Τέλος, αφού έχει γίνει η σύνδεση, έχει οριστεί το «λεξικό» που θα χρησιμοποιήσουν οι κόμβοι, έχουν δοθεί τα αναγνωριστικά στοιχεία της πληροφορίας που αναφέρθηκαν πιο πάνω και έχει καθοριστεί το σύνολο των εργασιών που θα εκτελεστούν, μπορεί να γίνει η πραγματοποίηση της συνομιλίας μεταξύ των κόμβων και η επιτυχής μεταφορά των δεδομένων.

4.6 Η ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ DICOM



Εικόνα 4 11 Η δομή ενός αρχείου DICOM και η δομή του header του αρχείου

Το αρχείο DICOM περιγράφει πως θα αποθηκευτεί σε σειρά από bytes στην εικόνα το σύνολο δεδομένων που αναπαριστούν ένα στιγμιότυπο SOP και έχει τη δυνατότητα να ομαδοποιεί τις πληροφορίες (data sets).

Αποτελείται από μια επικεφαλίδα (header) στην οποία υπάρχει το αναγνωριστικό της SOP κλάσης του στιγμιότυπου SOP και της Transfer Syntax και περιγράφει τις διαστάσεις της εικόνας, τον τύπο, τον ασθενή στον οποίο ανήκει η εξέταση κτλ. Στην εικόνα που βλέπουμε παραπάνω η επικεφαλίδα έχει μέγεθος 794 bytes. Αυτό όμως μπορεί να αλλάξει καθότι το μέγεθος εξαρτάται από τον όγκο της πληροφορίας. Κάθε χαρακτηριστικό της επικεφαλίδας παρουσιάζεται από δυο δεκαεξαδικούς αριθμούς (δεξιά εικόνα). Ο πρώτος δείχνει το αντικείμενο που ανήκει το

χαρακτηριστικό ενώ ο δεύτερος τον κωδικό αναγνώρισης του χαρακτηριστικού. Η Transfer Syntax της επικεφαλίδας είναι σταθερή. Για παράδειγμα ο αριθμός των στηλών έχει τον κωδικούς 0028, 0011. Ο πρώτος μας λέει ότι το χαρακτηριστικό αυτό αναφέρεται στην οντότητα εικόνα ενώ ο δεύτερος ότι πρόκειται για τον αριθμό των στηλών της εικόνας αυτής. Ο αριθμός των πλαισίων απ' την άλλη έχει τους κωδικούς 0028, 0008. Όπως φαίνεται, ο πρώτος κωδικός είναι κοινός με αυτόν του αριθμού στηλών μιας και αναφέρεται στην οντότητα εικόνα. Μετά την επικεφαλίδα ακολουθούν τα δυαδικά δεδομένα.

Το αρχείο DICOM αναγνωρίζεται από ένα μονοπάτι διαδρομής (directory path) και ένα όνομα αρχείου. Η κατάληξή του είναι η .dcm. Κάθε εικόνα της μορφής αυτής ενσωματώνει την ταυτότητα του ασθενούς (όνομα, κωδικό κτλ) ώστε να μην μπορεί να χωριστεί για την αποφυγή λαθών και την καλύτερη ανάγνωση και αρχειοθέτηση των εξετάσεων.

4.7 ΤΑ ΜΗΝΥΜΑΤΑ DICOM (DICOM-ΣΥΜ ή DIMSE)

Οι κλάσεις SOP των διαφορετικών κλάσεων υπηρεσιών εφαρμόζονται χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες DICOM-ΣΥΜ (DICOM - Στοιχείο Υπηρεσίας Μηνύματος) που παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα. Για τις υπηρεσίες DICOM-ΣΥΜ καθορίζεται μια συμπεριφορά βασικής γραμμής και μια εκτεταμένη συμπεριφορά. Η συμπεριφορά βασικής γραμμής προδιαγράφει για όλες τις εφαρμογές ένα κατώτατο επίπεδο προσαρμογής το οποίο υπάρχει για να διευκολύνει τη διαλειτουργικότητα. Η εκτεταμένη συμπεριφορά ενισχύει τη συμπεριφορά βασικής γραμμής ώστε να παρέχει πρόσθετα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, τα οποία μπορούν να γίνουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης σε οποιοδήποτε χρονικό σημείο κατά την επικοινωνία των δυο πλευρών και όχι απαραίτητα στο χρονικό σημείο εγκατάστασης της επικοινωνίας. Οι υπηρεσίες DICOM-ΣΥΜ χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των κλάσεων SOP των διαφορετικών κλάσεων υπηρεσιών. Συνεπώς, οι κλάσεις υπηρεσιών δομούνται από τις υπηρεσίες DICOM-ΣΥΜ.

Δύο ομάδες υπηρεσιών DICOM-ΣΥΜ (DIMSE) καθορίζονται:

- DICOM-ΣΥΜ-Σ (DIMSE-C) (Σ: Σύνθετα, C: Composite)
- DICOM-ΣΥΜ-Κ (DIMSE-N) (Κ: Κανονικοποιημένα, N: Normalized)

Όνομα Υπηρεσίας	Ομάδα	Τύπος
Σ-ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ	DICOM-ΣΥΜ-Σ	Λειτουργία
Σ-ΕΥΡΕΣΗ	DICOM-ΣΥΜ-Σ	Λειτουργία
Σ-ΛΗΨΗ	DICOM-ΣΥΜ-Σ	Λειτουργία
Σ-ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ	DICOM-ΣΥΜ-Σ	Λειτουργία
Σ-ΗΧΩ	DICOM-ΣΥΜ-Σ	Λειτουργία
Κ-ΕΚΘΕΣΗ-ΓΕΓΟΝΟΤΟΣ	DICOM-ΣΥΜ-Κ	Ειδοποίηση
Κ-ΛΗΨΗ	DICOM-ΣΥΜ-Κ	Λειτουργία
Κ-ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ	DICOM-ΣΥΜ-Κ	Λειτουργία
Κ-ΔΡΑΣΗ	DICOM-ΣΥΜ-Κ	Λειτουργία
Κ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ	DICOM-ΣΥΜ-Κ	Λειτουργία
Κ-ΔΙΑΓΡΑΦΗ	DICOM-ΣΥΜ-Κ	Λειτουργία

Πίνακας 2 Υπηρεσίες DICOM-ΣΥΜ

Οι DICOM-ΣΥΜ-Σ (DIMSE-C) παρέχουν υπηρεσίες λειτουργίας που είναι μόνο υπηρεσίες με επιβεβαίωση και κατά συνέπεια αναμένεται μια απάντηση. Όλες καλούνται από μια υπηρεσία-χρήστη DIMSE και απευθύνονται σε μια ομότιμη υπηρεσία-χρήστη DIMSE από την οποία και αναμένουν την απάντηση. Πρόκειται για τις ακόλουθες υπηρεσίες:

- Η υπηρεσία Σ-ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ (C-STORE) καλείται για να ζητήσει την αποθήκευση των πληροφοριών των Σύνθετων στιγμιότυπων SOP .
- Η υπηρεσία Σ-ΕΥΡΕΣΗ (C-FIND) καλείται για να ταιριάξει μια σειρά από συμβολοσειρές χαρακτηριστικών γνωρισμάτων σε σχέση με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του συνόλου των στιγμιότυπων SOP που διαχειρίζονται από την ομότιμη υπηρεσία-χρήστη, στην οποία

απευθύνεται. Η υπηρεσία Σ-ΕΥΡΕΣΗ(C-FIND) επιστρέφει σε κάθε αντιστοιχία έναν κατάλογο ζητούμενων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και των τιμών τους.

- Η υπηρεσία Σ-ΛΗΨΗ (C-GET) καλείται για να προσκομίσει πληροφορίες που αφορούν σε ένα ή περισσότερα στιγμιότυπα SOP, βασιζόμενη στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που παρέχονται από την καλούσα υπηρεσία-χρήστη.
- Η υπηρεσία Σ-METAKINΗΣΗ (C-MOVE) καλείται για να μετακινήσει πληροφορίες που αφορούν σε ένα ή περισσότερα στιγμιότυπα SOP, προς μια υπηρεσία-χρήστη που ανήκει σε τρίτους. Η Σ-METAKINΗΣΗ βασίζεται πάνω στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που παρέχονται από την καλούσα υπηρεσία-χρήστη.
- Η υπηρεσία Σ-HΧΩ (C-ECHO) καλείται για να ελέγξει επικοινωνίες από άκρη σε άκρη.

Οι σημαντικότερες διαφορές μεταξύ των λειτουργιών Σ-ΛΗΨΗ(C-GET) και Σ-METAKINΗΣΗ (C-MOVE) είναι οι παρακάτω:

- Οι υπο-λειτουργίες του Σ-ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ που προκύπτουν ως αποτέλεσμα ενός Σ-ΛΗΨΗ εκτελούνται στην ίδια σύμπραξη (association) όπως το Σ-ΛΗΨΗ. Με ένα Σ-METAKINΗΣΗ, οι προκύπτουσες υπο-λειτουργίες του Σ-ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ εκτελούνται σε ξεχωριστή σύμπραξη.
- Η λειτουργία Σ-METAKINΗΣΗ υποστηρίζει τις υπο-λειτουργίες Σ-ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ που εκτελούνται με μια Οντότητα Εφαρμογής που δεν είναι αυτή που ξεκίνησε το Σ-METAKINΗΣΗ (κίνηση προς τρίτα μέρη). Στην περίπτωση όπου μια Οντότητα Εφαρμογής επιθυμεί να ζητήσει να λάβει μια ή περισσότερες εικόνες για αποθήκευση, μπορεί να χρησιμοποιήσει είτε μια Σ-ΛΗΨΗ λειτουργία είτε μια Σ-METAKINΗΣΗ.

Οι υπηρεσίες DICOM-ΣΥΜ-K (DIMSE-N) παρέχουν τις υπηρεσίες ειδοποίησης και λειτουργιών διαχείρισης. Παρέχουν μια ενιαία υπηρεσία ειδοποίησης, την Κ-ΕΚΘΕΣΗ-ΓΕΓΟΝΟΤΟΣ (N-EVENT-REPORT). Η υπηρεσία Κ-ΕΚΘΕΣΗ-ΓΕΓΟΝΟΤΟΣ καλείται από μια υπηρεσία-χρήστη DIMSE για να καταγράψει ένα γεγονός για ένα στιγμιότυπο SOP σε μια ομότιμη υπηρεσία-χρήστη DIMSE. Αυτή η υπηρεσία είναι υπηρεσία με επιβεβαίωση, δηλαδή αναμένεται μια απάντηση. Οι DICOM-ΣΥΜ-K παρέχουν τις ακόλουθες υπηρεσίες λειτουργιών που είναι όλες υπηρεσίες με επιβεβαίωση και συνεπώς αναμένεται πάντα μια απάντηση. Και εδώ, όλες καλούνται από μια υπηρεσία-χρήστη DIMSE και απευθύνονται σε μια ομότιμη υπηρεσία-χρήστη DIMSE από την οποία και αναμένουν την απάντηση.:

- Η υπηρεσία Κ-ΛΗΨΗ (N-GET) καλείται για να ζητήσει την ανάκτηση πληροφοριών.
- Η υπηρεσία Κ-ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ (N-SET) καλείται για να ζητήσει την τροποποίηση πληροφοριών.
- Η υπηρεσία Κ-ΔΡΑΣΗ (N-ACTION) καλείται για να ζητήσει την εκτέλεση μιας δράσης.
- Η υπηρεσία Κ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ (N-CREATE) καλείται για να ζητήσει τη δημιουργία ενός στιγμιότυπου μιας κλάσης SOP.
- Η υπηρεσία Κ-ΔΙΑΓΡΑΦΗ (N-DELETE) καλείται για να ζητήσει τη διαγραφή ενός στιγμιότυπου μιας κλάσης SOP.

Τόσο οι διαδικασίες DICOM-ΣΥΜ (DIMSE) όσο και οι ειδοποιήσεις είναι υπηρεσίες με επιβεβαίωση. Η εκτέλεση της υπηρεσίας-χρήστη DIMSE καταγράφει την απάντηση κάθε λειτουργίας διαχείρισης ή ειδοποίησης πάνω από την ίδια επικοινωνία στην οποία κλήθηκε η λειτουργία ή η ανακοίνωση. Κάθε υπηρεσία DIMSE ολοκληρώνεται μέσω της χρήσης ενός ή περισσότερων πρωτογενών (primitives) υπηρεσιών. Ο τρόπος με τον οποίο οι ομότιμες υπηρεσίες-χρήστες χρησιμοποιούν και αντιδρούν στις πρωτογενείς υπηρεσίες καθορίζεται από τις διαδικασίες των υπηρεσιών.

Κάθε υπηρεσία DIMSE απαιτεί μια ή περισσότερες πρωτογενείς απαντήσεις ως αποτέλεσμα της κλήσης της υπηρεσίας. Ο τρόπος και ο χρόνος που χρησιμοποιούνται οι πολλαπλές πρωτογενείς απαντήσεων καθορίζονται από τις διαδικασίες της υπηρεσίας. Εάν επιστρέφονται πολλαπλές απαντήσεις, τούτο οφείλεται στα δεδομένα που περιλαμβάνονται στην πρωτογενή του αιτήματος από την υπηρεσία-χρήστη.

Υπάρχουν, επίσης, υπηρεσίες που επιτρέπουν την ακύρωση μιας υπηρεσίας μέσω της χρήσης των πρωτογενών της υπηρεσίας αυτής. Αυτό επιτρέπει σε μια καλούμενη υπηρεσία-χρήστη να ζητήσει τη λήξη μιας υπηρεσίας DIMSE μετά από την ολοκλήρωση της πρωτογενούς του αιτήματος της υπηρεσίας αυτής αλλά πριν από την ολοκλήρωση της πρωτογενούς επιβεβαίωσης της υπηρεσίας.

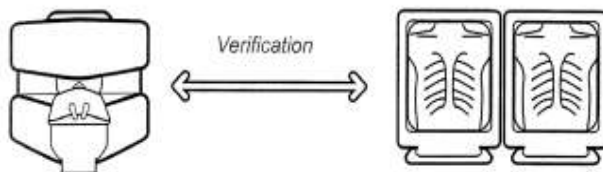
Οι πλήρεις προδιαγραφές για τις διαδικασίες υπηρεσιών καθορίζονται στο έβδομο μέρος του προτύπου DICOM τόσο για τις DICOM-ΣΥΜ-Σ όσο και τις DICOM-ΣΥΜ-Κ.

4.8 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ DICOM-ΚΛΑΣΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ DICOM

Οι DICOM Services είναι οι υπηρεσίες που χρησιμοποιεί το πρότυπο για την αποθήκευση, εκτύπωση, αποστολή εικόνων κτλ. Ο χρήστης πρέπει, αφού κατανοήσει τις απαιτήσεις της εφαρμογής του, να καθορίσει ένα σύνολο υπηρεσιών για κάθε συσκευή που διαθέτει.

4.8.1 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΞΑΚΡΙΒΩΣΗΣ (VERIFICATION SERVICE)

Η κλάση Verification εξετάζει αν μπορεί να γίνει σύνδεση μεταξύ δυο διεργασιών χρησιμοποιώντας την εντολή Σ-ΗΧΩ (C-ECHO), όπου ένα σύστημα στο δίκτυο αιτείται από ένα άλλο να επιβεβαιώσει το status του. Μια απάντηση στέλνεται από τον χρήστη που επιβεβαιώνει ότι η εξακρίβωση είναι πλήρης μέσω κάποιου μηνύματος, το οποίο αναπαριστά το status του. Αν το απομακρυσμένο σύστημα δεν είναι σε λειτουργία ή δεν είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο ή το λογισμικό που αφορά το DICOM δεν «τρέχει», τότε δεν υπάρχει απάντηση. Επίσης το Verification χρησιμοποιείται και σε περιπτώσεις όπου η σύνδεση θεωρείται αμφίβολη. Σε μια τέτοια περίπτωση οι συσκευές στέλνουν ένα Verification πριν από κάθε ανταλλαγή πληροφορίας σαν ένα κομμάτι νέας σύνδεσης. Παράδειγμα τέτοιων συσκευών είναι ο φορητός υπερηχοτομογράφος και το C-ARM, οι οποίες συλλέγουν εικόνες και κάποια στιγμή συνδέονται στο δίκτυο για να τις στείλουν, αφού όμως προηγηθεί ένα Verification.



Εικόνα 4 12 Verification Service

4.8.2 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ (STORAGE SERVICE)

Η κλάση αυτή καθορίζει την ανταλλαγή των δεδομένων μέσα στο δίκτυο. Η υπηρεσία αποθήκευσης αποτελείται από πολλές Storage SOP classes, οι οποίες καθορίζονται για την ανταλλαγή σύνθετων αντικειμένων όπως εικόνες, κυματομορφές, εξετάσεις, διαγνώσεις κτλ. Δύο ομότιμες οντότητες εφαρμογής DICOM υλοποιούν μια κλάση SOP της κλάσης υπηρεσιών Αποθήκευσης με τη μια να παίζει το ρόλο του χρήστη και την άλλη να παίζει το ρόλο του παροχέα. Οι κλάσεις SOP της κλάσης υπηρεσιών Αποθήκευσης υλοποιούνται χρησιμοποιώντας την υπηρεσία DICOM-ΣΥΜ Σ-ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ.

Υπάρχουν δύο διαφορετικών τύπων αντικείμενα εικόνων προς αποθήκευση. Τα single frame όπως οι εικόνες Ultrasound και X-Ray και τα αντικείμενα εικόνων multiframe που αποτελούνται από μια επικεφαλίδα όπως US, NM, XA κτλ.

Στην διαπραγμάτευση των Storage SOP classes καθορίζεται το επίπεδο συμμόρφωσης. Τα επίπεδα αυτά καθορίζουν τον τρόπο που το σύστημα που υποδέχεται τα αντικείμενα DICOM πραγματεύεται τις ιδιότητες (Attributes). Μια άλλη επιλογή που θα πρέπει να γίνει στη διαπραγμάτευση της διαδικασίας Store είναι το αν ο εξαναγκασμός (Coercion) επιτρέπεται. Το Coercion είναι η συμπλήρωση των τιμών των Attributes όταν οι αρχικές τους τιμές έχουν χαθεί ή δεν υπάρχουν.

Σε αυτήν την υπηρεσία υπάγεται και η υπηρεσία αποθήκευσης σε μέσο (Media Storage Service Class). Η κλάση υπηρεσιών Αποθήκευσης σε Μέσο καθορίζει μια κλάση υπηρεσιών επιπέδου εφαρμογής που διευκολύνει την απλή μεταφορά των εικόνων και των σχετικών

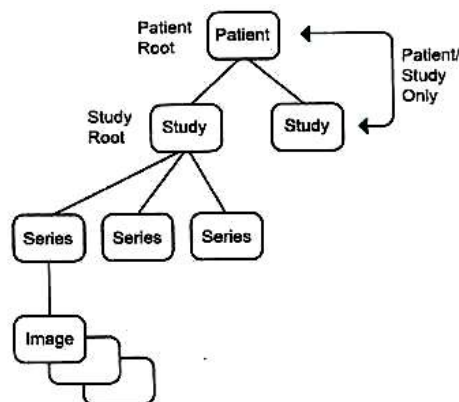
πληροφοριών μεταξύ οντοτήτων εφαρμογής DICOM με τη βοήθεια των μέσων αποθήκευσης και υλοποιούν μια κλάση SOP της κλάσης υπηρεσιών Αποθήκευσης σε Μέσο. Οι κλάσεις αυτές υλοποιούνται χρησιμοποιώντας τις διαδικασίες Αποθήκευσης σε Μέσο (Μ-ΓΡΑΨΕ, Μ-ΔΙΑΒΑΣΕ, Μ-ΔΙΕΓΡΑΨΕ, Μ-ΑΝΑΖΗΤΗΣΕ ΣΥΝΟΛΟ-ΑΡΧΕΙΩΝ, Μ-ΑΝΑΖΗΤΗΣΕ ΑΡΧΕΙΟ).



Εικόνα 4 13 Συναλλαγή C-STORE

4.8.3 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΡΩΤΗΣΗΣ/ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ (QUERY/RETRIEVE SERVICE)

Το DICOM Query/Retrieve επιτρέπει ερωτήσεις προς βάσεις δεδομένων ή άλλες συσκευές για τις πληροφορίες που διαθέτουν χρησιμοποιώντας τις εντολές Σ-ΕΥΡΕΣΗ, Σ-ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ, Σ-ΛΗΨΗ και SOP κλάσεις που χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο αριθμό μοντέλων αναζήτησης. Η συγκεκριμένη πληροφορία δίνει τη δυνατότητα σε μια συσκευή να «ρωτήσει» ένα αρχείο ή μια άλλη συσκευή όπως π.χ. ένα σταθμό εργασίας, πληροφορίες για εικόνες που έχουν αποθηκεύσει και επιπλέον να επιλέξει και να ανακτήσει όποιες επιθυμεί. Το κομμάτι της ερώτησης Σ-ΕΥΡΕΣΗ, επιτρέπει στη συσκευή να ρωτήσει για τις πληροφορίες που αφορούν εικόνες και επιλεκτικά να τις ανακτήσει με την εντολή Σ-ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ. Δύο ομότιμες οντότητες εφαρμογής DICOM υλοποιούν μια κλάση SOP της υπηρεσίας αναζήτησης/ανάκτησης με τη μια να παίζει στο ρόλο του χρήστη και την άλλη στο ρόλο του παροχέα. Οι κλάσεις SOP της κλάσης αναζήτησης/ανάκτησης εφαρμόζονται χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες DICOM-ΣΥΜ Σ-ΕΥΡΕΣΗ, Σ-ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ, και Σ-ΛΗΨΗ.



Εικόνα 4 14 DICOM Roots.

Μια απεικονιστική συσκευή μπορεί να υποστηρίζει αυτή την υπηρεσία είτε ως χρήστης (SCU) είτε ως παροχέας (SCP). Ως SCU μπορεί να αιτηθεί εικόνες από μια άλλη συσκευή και να τις ανακτήσει και ως SCP η συσκευή ανταποκρίνεται στην αίτηση για πληροφορίες που αφορούν τις εικόνες τις οποίες έχει αποθηκευμένες στη βάση δεδομένων της.

Το DICOM Query/Retrieve μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρία διαφορετικά μοντέλα πληροφορίας (Information Models). Το 1^ο μοντέλο καθορίζει ότι ένας ασθενής έχει πολλές εξετάσεις, ότι κάθε εξέταση πολλές σειρές εικόνων και μια σειρά εικόνων πολλαπλές εικόνες. Η αίτηση πληροφοριών από μια βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας το DICOM προϋποθέτει να ακολουθηθεί ιεραρχική ταξινόμηση των πληροφοριών.

Τα δυο περισσότερο χρησιμοποιούμενα μοντέλα για το Query/Retrieve είναι το Patient Root Information Model και το Patient Study Information Model. Υπάρχει και ένα τρίτο το οποίο όμως δεν χρησιμοποιείται σχεδόν ποτέ το Patient Study only Information model. Καθένα από τα τρία Query/Retrieve Μοντέλα πληροφορίας προσθέτει μια εντολή DICOM Service φτιάχνοντας μια ξεχωριστή SCP class.

4.8.4 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ (PRINT SERVICE)

Η κλάση υπηρεσιών Διαχείρισης Εκτύπωσης καθορίζει μια κλάση υπηρεσιών επιπέδου εφαρμογής που διευκολύνει την εκτύπωση πάνω σε χαρτί των εικόνων και όλων των σχετικών με αυτές δεδομένων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε συμβατός με το DICOM εκτυπωτής σε οποιαδήποτε τοποθεσία του νοσοκομείου.

Το μοντέλο ροής δεδομένων διαχείρισης εκτυπώσεων αποτελείται από δυο κύριες διαδικασίες: η πρώτη είναι η διαδικασία Διαχείρισης Συνόδου ταινιών (Film Session), η οποία αποτελείται από διάφορες ταινίες (films) που ομαδοποιούνται με βάση τον ασθενή, την εξέταση ή με ένα άλλο τρόπο που επιλέγει ο χρήστης του εκτυπωτή και είναι αρμόδια για τη συλλογή όλων των πληροφοριών που απαιτούνται προκειμένου να πραγματοποιηθεί η διαδικασία εκτύπωσης (τα πρότυπα χρησιμοποιούν τη λέξη «ταινία» ως γενικό όνομα για τους διαφορετικούς τύπους αντιγράφων σε χαρτί). Η δεύτερη διαδικασία είναι η διαδικασία εκτύπωσης (Print Queue), η οποία τυπώνει ένα σύνολο ταινιών, βασισμένο στις πληροφορίες της εργασίας εκτύπωσης, εξαρτάται από την εφαρμογή που την υλοποιεί και η διαχείρισή της είναι πέρα από τους σκοπούς του προτύπου DICOM.



Εικόνα 4 15 DICOM Print service.

Το πρόβλημα που αντιμετωπίζεται είναι ότι δεν υπάρχουν ταινίες για όλες τις πιθανές διαστάσεις εικόνων. Για την επίλυση του προβλήματος της μη ακριβούς εκτύπωσης του μεγέθους της εικόνας πάνω στα film δίνεται η δυνατότητα από το DICOM ανάλογα με την εφαρμογή και τις ανάγκες του χρήστη είτε της κοπής των άκρων της εικόνας είτε με σμίκρυνση αυτής. Αυτό γίνεται χάρη στην εφαρμογή “True Size Printing” του DICOM.

Μια νέα υπηρεσία που αναπτύχθηκε τελευταία είναι η Print Configuration. Η υπηρεσία Print Configuration Service επιτρέπει στις απεικονιστικές συσκευές να λάβουν πληροφορίες από τον εκτυπωτή για τις δυνατότητές του και τα χαρακτηριστικά απεικόνισης που διαθέτει. Είναι πολύ χρήσιμη επειδή δυναμικά μπορεί να χειριστεί τις δυνατότητες του εκτυπωτή περιορίζοντας τον αριθμό των set-up και των διαμορφώσεων που πρέπει να γίνουν στις συσκευές που επικοινωνούν με τον εκτυπωτή.

4.8.5 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΘΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ (PATIENT AND STUDY MANAGEMENT SERVICES)

Το DICOM Patient Management, Visit Management και Study Management, έχουν καθοριστεί σαν καθρέπτης του προτύπου HL7, με σκοπό την ανταλλαγή και δρομολόγηση των δημογραφικών στοιχείων του ασθενή και άλλες πληροφορίες από και προς το Information System.

Ο στόχος της κλάσης υπηρεσιών Διαχείρισης Ασθενούς είναι να υποστηρίξει τις DICOM οντότητες που απαιτούν την πρόσβαση στις πληροφορίες σχετικά με την αποδοχή, την απαλλαγή και τη μεταφορά των ασθενών με σκοπό τη λήψη μιας ή περισσότερων ακτινολογικών Διαγνωστικών Εξετάσεων. Οι πληροφορίες του ασθενή που εισάγονται στο σύστημα πληροφοριών του ακτινολογικού RIS ή του νοσοκομείου HIS, μπορούν να ανταλλάξουν με μια απεικονιστική συσκευή όπως CT, ώστε να αποφεύγεται η διπλή εγγραφή των στοιχείων. Επίσης, το status μιας εξέτασης μπορεί να σταλεί πίσω στο HIS ώστε να ετοιμάζεται το κόστος στο λογαριασμό του ασθενή ή στο workstation ή για να αναγνωριστεί ότι η εξέταση τελείωσε και είναι έτοιμη για διάγνωση.

Η υπηρεσία διαχείρισης εξετάσεων συλλέγει πληροφορίες για τις παραγόμενες Σειρές Εξέτασης από τα διάφορα δωμάτια του ακτινολογικού και τακτοποιεί όλες τις σχετικές εικόνες και τα δεδομένα που τους αντιστοιχούν μέσα σε μία πλήρη Διαγνωστική Εξέταση. Ο όρος Διαγνωστική εξέταση περιγράφει μια ή περισσότερες Σειρές Εξέτασης εικόνων που παράγονται ως αποτέλεσμα ενός αιτήματος και συνδέονται με μια ή περισσότερες ζητούμενες διαδικασίες. Κάθε μια από αυτές τις Σειρές Εξέτασης προέρχεται από διαφορετικά ιατρικά απεικονιστικά μηχανήματα. Η κλάση αυτή της Διαχείρισης Εξέτασης προσφέρει ένα μηχανισμό, ο οποίος συσχετίζει μια σειρά εξέτασης με τη διαγνωστική εξέταση που αναφέραμε παραπάνω.

Ο στόχος της κλάσης υπηρεσιών Διαχείρισης Διαγνωστικής Εξέτασης είναι να υποστηρίξει τις DICOM οντότητες που χρειάζονται για πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικές με το σχεδιασμό, την απόκτηση και τη διάγνωση των Διαγνωστικών Εξετάσεων. Εφαρμογές όπως η προετοιμασία ασθενή, κράτηση και χρέωση δωματίου είναι έξω από τους σκοπούς αυτής της κλάσης υπηρεσιών.

Υπάρχει και η κλάση Διαχείρισης Αποτελεσμάτων (Result Management) , η οποία χρησιμοποιείται όπως και η Διαχείριση Διαγνωστικής Εξέτασης για την διαχείριση διαγνώσεων.

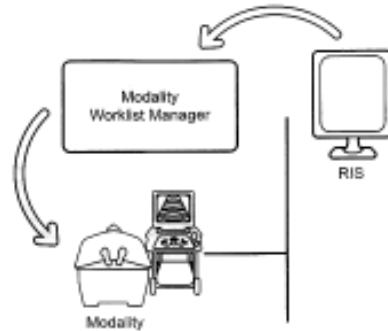
4.8.6 ΛΙΣΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ (MODALITY WORKLIST)

Το DICOM Modality Worklist, είναι η υπηρεσία που κάνει διαθέσιμα τα δημογραφικά στοιχεία του ασθενή, από το Radiology Information System (RIS), στη συσκευή απεικόνισης εξαλείφοντας το ενδεχόμενο διπλοεγγραφής των δεδομένων και εξασφαλίζοντας την ακεραιότητά τους.

Μια λίστα εργασιών είναι η δομή για να παρουσιαστούν πληροφορίες σχετικές με ένα ιδιαίτερο σύνολο εργασιών και καθορίζει τις ιδιαίτερες λεπτομέρειες για κάθε εργασία. Οι πληροφορίες υποστηρίζουν την επιλογή της εργασίας που θα εκτελεστεί πρώτα και την υψηλή απόδοσή της.

Ένα παράδειγμα είναι η λίστα εργασιών που χρησιμοποιείται για να παρουσιαστούν πληροφορίες που αφορούν σε προγραμματισμένες απεικονιστικές διαδικασίες σε ένα ιατρικό απεικονιστικό μηχάνημα και στο χειριστή του συγκεκριμένου ιατρικού μηχανήματος. Ένα άλλο παράδειγμα είναι μια λίστα εργασιών που παρουσιάζεται σε έναν ακτινολογικό σταθμό υποβολής ιατρικών διαγνώσεων για να προσδιορίσει ποιες Διαγνωστικές Εξετάσεις έχουν διεξαχθεί και είναι σε αναμονή για να διαγνωστούν.

Το συγκεκριμένο service δομείται με τον ίδιο τρόπο που δομείται το Query/Retrieve SOP class, δηλαδή καθορίζεται σαν συνδυασμός των DICOM εντολών ή υπηρεσιών με το αντικείμενο της πληροφορίας. Το μοντέλο πληροφοριών καθορίζει τη δομή της ερώτησης η οποία έχει κλειδιά (keys) καθορισμένα σε κάθε επίπεδο, σε μια φόρμα από μοναδικά απαιτούμενα και προαιρετικά κλειδιά. Το ίδιο μοντέλο καθορίζει ότι κάποιος μπορεί να ανακτήσει από ένα ασθενή πολλαπλές αιτήσεις εικόνων (Image Service Request) που περιλαμβάνουν περισσότερες διαδικασίες αιτήσεων (Requested Procedures) οι οποίες μπορούν να έχουν πολλαπλές δρομολογημένες επιμέρους διαδικασίες (Scheduled Procedure Steps).



Εικόνα 4 16 Modality Worklist.

Η λίστα εργασιών πρέπει να αναζητηθεί από την εντολή DICOM Σ-ΕΥΡΕΣΗ που συνδέεται με την εφαρμογή στην οποία, ή από την οποία, οι εργασίες που περιλαμβάνονται στη λίστα εργασιών πρέπει να εκτελεστούν. Σε αυτήν την αναζήτηση, διάφορα κλειδιά αναζήτησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν, τα οποία είναι καθορισμένα για κάθε ιδιαίτερη κλάση SOP που ανήκει σε λίστα εργασιών.

Το πλεονέκτημα της υπηρεσίας Modality Worklist είναι ότι η διπλοεγγραφή των δημογραφικών στοιχείων εξαιρείται από τις συσκευές απεικόνισης. Τα δημογραφικά στοιχεία όπως το όνομα του ασθενή, ημερομηνία γέννησης, φίλο κτλ, απλώς αντιγράφονται από μια λίστα. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγονται και τα λάθη εγγραφής των στοιχείων, μιας και γράφονται μονάχα μια φορά, κατά την είσοδο του ασθενή στο νοσοκομείο.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι η ένωση ανάμεσα στην εκτελεσθείσα εξέταση και τον αριθμό ταξινόμησης γνωστό στο DICOM σαν "Accession Number". Ο αριθμός αυτός δεν είναι πάντα διαθέσιμος στις συσκευές απεικόνισης, είναι όμως στα συστήματα πληροφοριών από όπου ανακτά.

4.9 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ DICOM

Η ασφάλεια των πληροφοριών και των δεδομένων του ασθενή, έχει τεθεί υποχρεωτική από τη στιγμή που στις ΗΠΑ δημοσιεύτηκε το HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act), κανονισμός ασφάλειας προσωπικών δεδομένων. Στην Ευρώπη υπάρχουν διαφορετικοί κανονισμοί ασφαλείας. Είναι πολύ σημαντικό να διατηρούνται τα δεδομένα και οι πληροφορίες στον τομέα της υγείας ασφαλή και να μην μπορούν να τροποποιηθούν από οποιονδήποτε που δεν διαθέτει δικαιώματα.

Αρχικά, πρέπει να ληφθεί υπόψη η πρόσβαση στα ιατρικά δεδομένα. Πρέπει να αναγνωριστεί ο χρήστης που παρακολουθεί τα δεδομένα σε κάποιο τερματικό, όπως είναι για παράδειγμα ο ιατρός που παρακολουθεί τη εξέταση στον Η/Υ. Έπειτα, πρέπει να αναγνωριστεί η ιδιότητά του και στη συνέχεια το είδος της πληροφορίας που έχει πρόσβαση ανάλογα με το user profile, διότι υπάρχει διαφορετικό user profile για τον γιατρό, διαφορετικό για τις γραμματείς και διαφορετικό για τις/τους νοσηλεύτριες/ες.

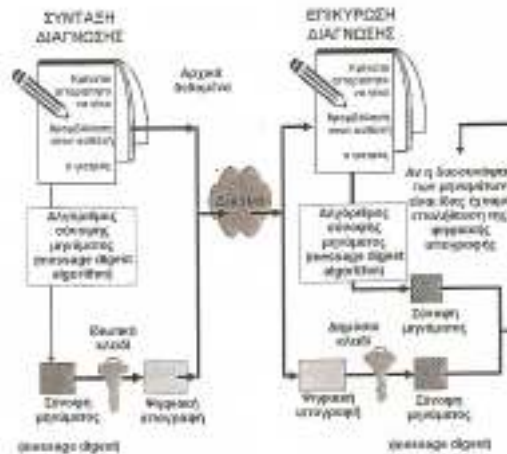
Επίσης, το θέμα της εμπιστευτικότητας παίζει σπουδαίο ρόλο στην ασφάλεια. Πρέπει να είναι γνωστό ποιος επιτρέπεται να μοιράζεται τα δεδομένα και με ποιον αλλά και ποιος έχει δικαιώματα ώστε να μπορεί να αλλάξει δεδομένα και πληροφορίες.

Το internet αποτελεί πρωταρχικό ρόλο στο θέμα της ασφάλειας μέσα σε ένα νοσοκομείο. Ένας hacker μπορεί να «σπάσει» κωδικούς και να περάσει το firewall του νοσοκομείου και έτσι ταυτόχρονα όλες οι πληροφορίες γίνονται προσβάσιμες σε αυτόν, εισχωρεί στο σύστημα του νοσοκομείου και μπορεί να τροποποιήσει οτιδήποτε θέλει αλλά και να ανακτήσει οποιαδήποτε δεδομένα και πληροφορίες επιθυμεί. Κάτι τέτοιο είναι πολύ επικίνδυνο για τη δημόσια υγεία αλλά και για την προστασία των προσωπικών δεδομένων των ασθενών. Θεωρείται, βέβαια, ότι υποκλέπεται και καταπατείται κάθε δικαίωμα έτσι και θίγεται το ιατρικό απόρρητο.

Για την πρόληψη, λοιπόν, αυτού του προβλήματος χρησιμοποιούνται ειδικά προγράμματα ασφαλείας των συστημάτων αλλά και διάφορες μέθοδοι προστασίας του δικτύου. Για την ασφάλεια

του dicom χρησιμοποιείται από το 1999 η μέθοδος της κρυπτογράφησης. Σύμφωνα με αυτήν, γίνεται ασφαλή επικοινωνία TLS. Η ίδια επικοινωνία χρησιμοποιείται και στην σφάλεια αγορών μέσω πιστωτικών καρτών στο internet. Το TLS είναι εγκατεστημένο στην κορυφή του TCP/IP πρωτοκόλλου. Διαθέτουμε ένα ιδιωτικό κλειδί για να κρυπτογραφήσουμε την πληροφορία, το οποίο μόνο ο σωστός αποδέκτης γνωρίζει και με το ίδιο αποκρυπτογραφεί. Το μόνο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η μείωση της απόδοσης λόγω της συνεχούς κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης.

Μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι οι ψηφιακές υπογραφές. Μια ψηφιακή υπογραφή είναι μια σειρά από bit που αναπαριστούν στοιχεία δεδομένων ή μέρος αυτών. Κατασκευάζονται με μαθηματικούς αλγορίθμους γι' αυτό και αν αλλάξει έστω ένα bit η υπογραφή θα είναι διαφορετική. Δημιουργείται με ένα κλειδί, το οποίο ανταλλάσσεται μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη μέσω οργανωτικών και λογιστικών μεθόδων π.χ. μέσω εταιριών αρχών πιστοποίησης. Οι ψηφιακές υπογραφές είναι πολύ σημαντικές για τα δομημένα DICOM έγγραφα.



Εικόνα 4 17 Μεταφορά μηνύματος με χρήση ψηφιακής υπογραφής

Κομμάτια ασφάλειας εφαρμόζονται στο header της εικόνας, τα επονομαζόμενα “Attribute Level Confidentiality”. Αυτό το μέτρο μπορεί να χαράξει σαφώς ένα σημαντικό βήμα για την ουσιαστική απαίτηση απορρήτου του ασθενή. Το βασικότερο στοιχείο της προτεινόμενης αυτής ασφάλειας, είναι οι προσθήκες ασφάλειας σε όλες τις τιμές των Attributes που πρέπει να προστατευθούν, όπως το όνομα του ασθενή, το ID κτλ. Όλες αυτές οι ιδιότητες στην ουσία αφαιρούνται από το DICOM αντικείμενο και αντικαθίστανται είτε από ψευδώνυμα είτε από ψεύτικες τιμές. Η αρχική τιμή της ιδιότητας κρυπτογραφείται και αποθηκεύεται σε διαφορετικό “container” το οποίο προστίθεται στο DICOM αντικείμενο. Η αποκρυπτογράφηση της κρυπτογραφημένης πληροφορίας απαιτεί πρόσβαση στο ιδιωτικό “recipient key” το οποίο όπως σε όλες τις εφαρμογές κρυπτογράφησης δημοσίου κλειδιού δεν μεταβιβάζεται ποτέ. Το επίπεδο ιδιοτήτων εμπιστευτικά μπορεί να επιτρέψει μια εικόνα να αφήσει το περιβάλλον ασφάλειας χωρίς την αναγνώριση του ασθενή να αποκαλύπτεται, παρέχοντας εσωτερική χρησιμοποίηση με το υπάρχον “non security aware”.

Όσον αφορά τα μέσα, η πληροφορία μπορεί να ανταλλάσσεται χρησιμοποιώντας ένα από τα DICOM media application profiles, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για US, CT-MR κτλ. Ο οποιοσδήποτε με ένα DICOM reader, έχει τη δυνατότητα να διαβάσει αυτές τις εικόνες. Η ασφάλεια DICOM media, παρέχει ένα μηχανισμό ασφάλειας και προστασίας της μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης σε αυτή τη πληροφορία και σε αυτά τα μέσα, χρησιμοποιώντας κρυπτογράφηση.

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό οργανισμό τυποποίησης (CEN), το DICOM έχει επιλέξει την CMS σαν το φάκελο σύνταξης ασφάλειας για τα έγκλειστα αρχεία DICOM. Τα media storage application profiles, έχουν επεκταθεί για να εμπεριέχουν security profiles. Αυτό έχει γίνει ως αναφορά στο PS 3.15 του προτύπου DICOM, το οποίο εξειδικεύει τους κρυπτογραφημένους αλγόριθμους που θα χρησιμοποιηθούν στη συμπίκνωση των αρχείων DICOM, του DICOM file set, σε ασφαλή DICOM αρχεία.

4.10 DICOM & HL7

Η ενοποίηση του συστήματος τόσο ανάμεσα στις DICOM συμβατές συσκευές, όσο ανάμεσα στις DICOM και στις Health Level 7 (HL7), συσκευές είναι μια κρίσιμη ενότητα ώστε να διευκολυνθεί δραστικά και ικανά η ροή εργασίας. Υπάρχουν διάφορα θέματα αλληλοκάλυψης ανάμεσα στο DICOM και στο HL7, που έχουν να κάνουν με τις διαφορές των δυο προτύπων.

Το Health Level Seven (HL7) είναι ένα σαφώς καθορισμένο για τον τομέα εφαρμογής (domain-specific) του, κοινό πρωτόκολλο για την ηλεκτρονική ανταλλαγή κλινικών, οικονομικών και διαχειριστικών δεδομένων σε ένα περιβάλλον όπου παρέχεται υγειονομική φροντίδα (π.χ. Νοσοκομειακά πληροφοριακά συστήματα, εργαστηριακά πληροφοριακά συστήματα, συστήματα συνταγογράφησης κ.λ.π.). Περιέχει κοινούς τύπους δεδομένων, κοινό λεξικό και συνακτικό και είναι βασισμένο στην ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ δικτυακών εφαρμογών. Καλείται level seven επειδή το πρωτόκολλο προϋποθέτει την ύπαρξη των επιπέδων ένα έως έξι του OSI network model.

Το πρότυπο HL7 αναπτύχθηκε από τον οργανισμό Health Level Seven (HL7) και σήμερα βρίσκεται στην έκδοση 2.5. Σύντομα, όμως, προβλέπεται να υιοθετηθεί η έκδοση HL7 3.0 η οποία είναι και συμβατή με τη γλώσσα προγραμματισμού XML, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στα συστήματα που είναι βασισμένα σε τεχνολογίες Internet. Με την υιοθέτηση αυτής της έκδοσης το HL7 τίθεται σε άλλη διάσταση αφού πέρα από τη δυνατότητα ανταλλαγής μηνυμάτων (δεδομένων) είναι πλέον εφικτή και η ανταλλαγή στοιχείων που αφορούν στο περιεχόμενο των δεδομένων που ανταλλάσσονται. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν τόσο δημογραφικά στοιχεία ασθενούς (ονοματεπώνυμο, φύλο, ηλικία, ασφαλιστικό φορέα κ.λ.π.) όσο και στοιχεία που αφορούν σε παραγγελίες και αποτελέσματα εξετάσεων.



Εικόνα 4 18 OSI network model

Σκοπός του HL7 είναι η ανάπτυξη και δημοσίευση προδιαγραφών πρωτοκόλλων για την επικοινωνία σε επίπεδο εφαρμογής ανάμεσα σε ετερογενή συστήματα πρόσληψης, χειρισμού και επεξεργασίας δεδομένων. Βασικό στόχο αποτελεί, επίσης, η προώθηση προτύπων για την ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα στις υπολογιστικές εφαρμογές φροντίδας υγείας, οι οποίες αποκλείουν ή αναπαράγουν πλήρως την εκάστοτε προγραμματιζόμενη διεπαφή και την υποστήριξη αυτής. Η ανταλλαγή δεδομένων υλοποιείται από την ανταλλαγή μηνυμάτων. Το πρότυπο HL7 καθορίζεται από τους όρους του μοντέλου client-server.

Είναι εξίσου κατάλληλο για τη μεταφορά αρχείων. Ένα ή περισσότερα μηνύματα μπορούν να κωδικοποιηθούν σύμφωνα με τους κανόνες κωδικοποίησης, να ομαδοποιηθούν σε ένα αρχείο και να μεταφερθούν χρησιμοποιώντας εξωτερικά μέσα, FTAM (File Transfer Access and Management), FTP, Kermit ή οποιοδήποτε άλλο πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων. Οι απαντήσεις μπορούν να ομαδοποιηθούν σε ένα αρχείο και να μεταφερθούν παρόμοια.

Το HL7, όμως, διαφέρει από το πρότυπο DICOM σε πολλά σημεία, πράγμα που καθιστά τη διασύνδεση των απεικονιστικών συσκευών με τα HIS και τα RIS αρκετά προβληματική. Βασική διαφορά είναι ότι από το HL7 υποστηρίζονται όλα τα πληροφοριακά συστήματα του ενός νοσοκομείου. Υπάρχουν και άλλες διαφορές-κλειδιά ανάμεσα σε αυτά τα δύο πρότυπα. Αρχικά, το HL7 είναι ένα πρότυπο που καθοδηγείται από τα γεγονότα ενώ το DICOM μοιάζει περισσότερο με ένα client-server μοντέλο. Έπειτα, το HL7 εφαρμόζεται με περισσότερη ελευθερία. Στα περισσότερα νοσοκομεία χρησιμοποιείται περισσότερο σαν κατευθυντήρια γραμμή παρά σαν ένα πρότυπο που οδηγεί τους κατασκευαστές να προσαρμοστούν. Το DICOM είναι περισσότερο άκαμπτα

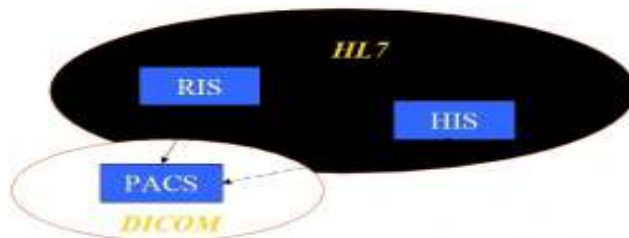
καθορισμένο. Μηχανές διασύνδεσης (Interfaces Engines) χαρτογραφούν αυτά τα ποικίλα πεδία και διευκολύνουν αυτές τις διαφορές σε ένα αποδεκτό επίπεδο.

Τα θέματα ενοποίησης που υπάρχουν στις περιπτώσεις αλληλεπίδρασης των DICOM και HL7, αφορούν:

- Μοντέλο Πληροφοριών: ένα ακριβές μοντέλο πληροφοριών δεν καθορίζει απλά την πληροφορία με την οποία αλληλεπιδρά, αλλά και την πρόθεση του αποστολέα και του παραλήπτη και τις σχέσεις μεταξύ αυτών. Και τα δύο πρότυπα έχουν καθορισμένα τα μοντέλα τους, όμως, η ευθυγράμμισή τους αποτελεί το κρίσιμο σημείο της διαχειρισμότητας.
- Ιδιότητες: είναι αναγκαίο και τα δύο πρότυπα να διευκολύνουν τις ιδιότητες το ένα του άλλου, όπως για παράδειγμα το όνομα του ασθενή, ώστε η πληροφορία να μπορεί να ευθυγραμμιστεί σωστά και να μεταδοθεί ανάμεσά τους.
- Εύρος: Το DICOM είναι περισσότερο απαιτητικό από το HL7, όσο αφορά το εύρος. Μερικά στοιχεία δεδομένων στο HL7, έχουν ένα ολικό ελάχιστο εύρος, ενώ το DICOM έχει ένα καθορισμένο ανώτατο εύρος για κάποια κομμάτια που φτιάχνουν αυτά τα στοιχεία δεδομένων. Και σε αυτή τη περίπτωση, η ευθυγράμμιση των δυο πλευρών κρίνεται απαραίτητη για συμβατότητα πραγματικών δεδομένων.
- Λειτουργικότητα: σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε HL7 είτε DICOM. Για παράδειγμα η normalized patient/study management services, στο DICOM χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή των δημογραφικών στοιχείων του ασθενή, κάτι όμως που μπορεί να γίνει και με το ADT transaction του HL7.
- Κωδικοποίηση: το HL7 είναι αυστηρά βασισμένο σε χαρακτήρες, σε αντίθεση με το DICOM που εκτός από χαρακτήρες βασίζεται και στα εικονοστοιχεία και δυαδικά δεδομένα.

Τα θέματα που αναφέρθηκαν παραπάνω μπορεί να παρατηρηθούν περιστασιακά και ανάμεσα σε δυο DICOM συμβατές συσκευές. Για παράδειγμα μπορεί να υπάρξει μια απεικονιστική συσκευή με διαφορετική ερμηνεία του DICOM μοντέλου πληροφοριών και να ομαδοποιεί τις εικόνες σε μονές εξετάσεις και ένα workstation να ψάχνει για διαφορετικές σειρές εικόνων, ώστε να τις ταξινομήσει. Τα προβλήματα όμως της αλληλεπίδρασης των DICOM και HL7, γίνονται περισσότερο ορατά με την πρόσφατη τροπή προς το Master Patient Clinical Record (MPR), που απαιτεί πλήρη ολοκλήρωση συστημάτων. Η δραστηριότητα του Integrating the Healthcare Enterprise (IHE), ειδικεύει τις αλληλεπιδράσεις των DICOM και HL7.

Το IHE ήταν αποτέλεσμα των Radiological Society of North America (RSNA) και Healthcare Information Systems and Management Society (HIMSS), σωματειακών συναντήσεων που διενεργήθηκαν σε 5 έτη, με επιδείξεις βασισμένες στα επανομαζόμενα Technical Framework Specifications, τα οποία έδειξαν πως πρότυπα συστημάτων πληροφοριών και εικόνων (DICOM & HL7), μπορούν να διευκολύνουν μια ενοποίηση των τμημάτων των νοσοκομείων χωρίς κενά.



Εικόνα 4 19 Αλληλεπιδράσεις DICOM & HL7 με εξωτερικό περιβάλλον

Σύμφωνα με το IHE καθορίζονται απλά κλινικά σενάρια και πραγματικά προφίλ ενοποίησης ώστε οι προμηθευτές να συμμορφώνονται μαζί τους. Δίνεται, κυρίως, προσοχή στην ανάγκη της χρήσης των DICOM & HL7 προτύπων, αλλά επίσης διευκολύνει και πιστοποιεί μια καλύτερη ενοποίηση τόσο ψηφιακών συσκευών απεικόνισης, όσο και PACS και συστημάτων πληροφοριών. Όταν ενσωματώνονται συστήματα με διαφορετικά πρότυπα όπως το DICOM και το HL7, υπάρχει πάντα κάποια επικάλυψη όπως και ενδεχόμενα χάσματα μεταξύ τους. Μια άλλη δράση, λοιπόν, του IHE ήταν να χαρτογραφήσει το μοντέλο επικοινωνίας και τα στοιχεία δεδομένων, με αποτέλεσμα περιπτώσεις χρήσης και σενάρια να καθοριστούν και κάθε σύγκρουση πάνω στην αλληλεπίδραση να αναγνωριστεί.

Η επιτροπή του ΙΗΕ τονίζει πάντα ότι δεν αναπτύσσουν ένα καινούριο πρότυπο. Μάλλον επιλέγουν ένα υποσύνολο από τα υπάρχοντα (DICOM και HL7) και όταν υπάρχουν χάσματα που πρέπει να συμπληρωθούν αιτούνται αλλαγές και από τα δυο πρότυπα. Το ΙΗΕ είναι μια προκαθορισμένη λειτουργικότητα εφαρμόσιμη από τις υπηρεσίες του HL7 και /ή το DICOM. Τα προφίλ αυτά καθορίζουν ποια δράση θα εφαρμοστεί σε ποια περίπτωση και το ρόλο του κάθε ενός προτύπου. Επίσης απαιτεί συμμόρφωση με το ΙΗΕ, όπου η έννοια της συμμόρφωσης είναι ίδια με αυτή που απαιτείται για το DICOM και το HL7. Κάθε χρόνο νέα σενάρια προσθέτονται ανάλογα με τις ανάγκες της τεχνολογίας αλλά και ώστε να καλυφθούν κενά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ
DICOM ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ
ΠΡΑΚΤΙΚΗ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

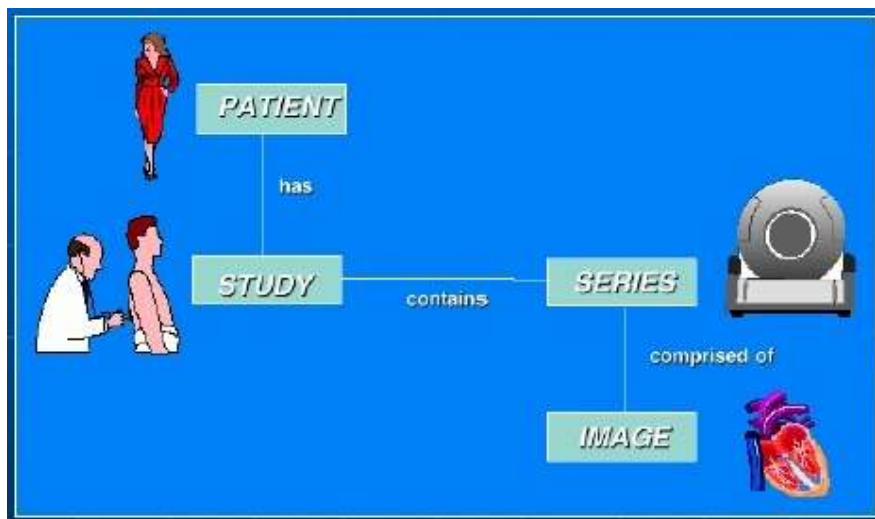
Οι ιατρικές εικόνες που είναι αποθηκευμένες σε μορφή DICOM, από οποιαδήποτε συσκευή απεικόνισης και αν προέρχονται, δεν είναι δυνατό να προβληθούν σε έναν Η/Υ χωρίς το κατάλληλο λογισμικό απεικόνισης. Τέτοια λογισμικά ονομάζονται DICOM Viewers. Οι DICOM Viewers είναι έξυπνα και εύκολα στη χρήση λογισμικά, τα οποία είναι σχεδιασμένα να προβάλλουν εικόνες που είναι της μορφής DICOM και, συνεπώς, φέρουν την κατάληξη .dcm. Επιτρέπουν, με λιγότερα σφάλματα, εκτός από υψηλή ευχρηστία, και ποιοτική διαμοίραση των δεδομένων, η οποία συνδυάζεται με πολλές δυνατότητες διαχείρισης και επεξεργασίας. Ορισμένα από αυτά είναι ελεύθερα στο διαδίκτυο και μπορεί να τα εγκαταστήσει οποιοσδήποτε επιθυμεί στον υπολογιστή του. Άλλα, πάλι, παρέχονται είτε αποκλειστικά και μόνο από εταιρείες λογισμικού που προσφέρουν τα προγράμματά τους στα νοσοκομεία και τις κλινικές, είτε από την εταιρεία της απεικονιστικής συσκευής, η οποία πέρα από το λογισμικό επισκόπησης των εικόνων παρέχει και το κατάλληλο σύστημα PACS.

Σε αυτό το κεφάλαιο αναπτύσσεται ένα τυπικό κλινικό σενάριο δημιουργίας μιας απεικονιστικής εξέτασης, με βάση το πρότυπο DICOM, που διεξήχθη από προσωπική έρευνα και εμπειρία στο τμήμα του αξονικού τομογράφου του Βενιζελείου Νοσοκομείου Ηρακλείου. Αναλύεται η βασική επεξεργασία των εικόνων που εκτελείται από τους Τεχνολόγους του τμήματος καθώς και ο τρόπος που παραδίδεται η εξέταση στους ασθενείς, στους ακτινολόγους και στους ενδιαφερόμενους ιατρούς. Επίσης, επεξηγείται το πρόγραμμα επισκόπησης και επεξεργασίας εικόνων DICOM, e-Film, το οποίο χρησιμοποιείται από τους ακτινολόγους ιατρούς του τμήματος.

Τέλος, γίνεται παρουσίαση του προγράμματος επισκόπησης και επεξεργασίας εικόνων DICOM AmbIVU Workstation, που αποτελεί έναν DICOM Viewer, και προβάλλεται η επεξεργασία των εικόνων που μπορεί να γίνει μέσω αυτού του λογισμικού.

Αξίζει, βέβαια, να σημειωθεί πως όλες οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα και την επεξεργασία στα διάφορα λογισμικά ιατρικής απεικόνισης, είναι πραγματικές εικόνες που προέρχονται από ασθενείς που έχουν εξετασθεί στο τμήμα του Αξονικού Τομογράφου του Βενιζελείου Νοσοκομείου Ηρακλείου. Για λόγους ιατρικού απορρήτου και σεβασμού προς τον ασθενή, όλα τα ονόματα στις εικόνες είναι διαγραμμένα.

5.2 ΒΑΣΙΚΟ ΚΛΙΝΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΒΕΝΙΖΕΛΕΙΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ



Εικόνα 5 1 Βασικό κλινικό σενάριο

Το τυπικό κλινικό σενάριο για τη δημιουργία μιας απεικόνισης όταν ένας ασθενής φθάνει στο νοσοκομείο επειγόντως έχει ως εξής:

Ο ασθενής εισέρχεται στο νοσοκομείο, καταγράφονται τα δημογραφικά του στοιχεία στο γραφείο κίνησης, δημιουργείται ο ιατρικός του φάκελος και οδηγείται σε ένα ιατρείο επειγόντων περιστατικών. Ο γιατρός εκεί κρίνει απαραίτητο να εκτελεσθεί διαδικασία απεικόνισης και παραγγέλλει να εξετασθεί ο ασθενής από τον αξονικό τομογράφο. Η παραγγελία και το κλινικό ιστορικό καταχωρούνται στο ακτινολογικό σύστημα του τμήματος αξονικής τομογραφίας. Έτσι, μπορεί να αρχίσει η ακτινολογική διαδικασία.

Ο ασθενής εισέρχεται στην αίθουσα της εξέτασης και τοποθετείται στο μηχάνημα του αξονικού τομογράφου. Ο Τεχνολόγος ρωτάει το τμήμα δρομολόγησης για τη λίστα εργασιών, επιλέγει τα στοιχεία από τη λίστα και επιβεβαιώνει ότι αναγνωρίζεται σωστά. Η συσκευή απεικόνισης ρωτάει το σύστημα δρομολόγησης του τμήματος για τις εργασίες που πρόκειται να διενεργηθούν χρησιμοποιώντας το DICOM Modality Worklist με την εντολή C-FIND.

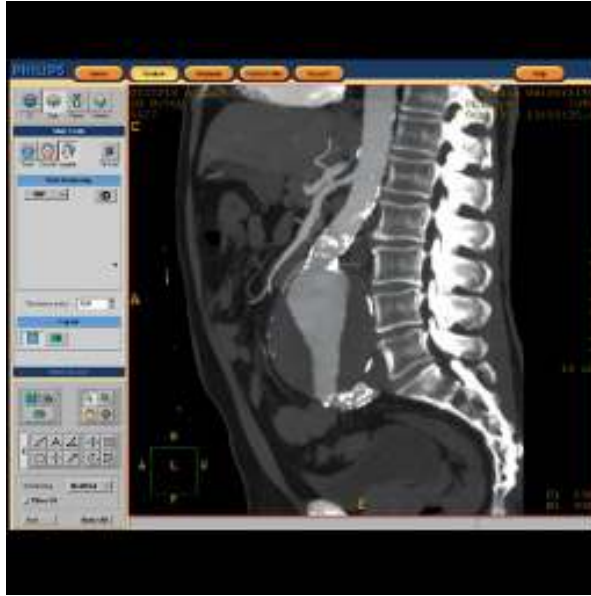
Η απεικονιστική διαδικασία εκτελείται. Η απεικονιστική συσκευή επικοινωνεί με το διαχειριστή δρομολόγησης και αναφέρει ότι η εξέταση έχει αρχίσει με την εντολή N-CREATE. Αυτή η εντολή επικοινωνεί πίσω με το σύστημα δρομολόγησης για να ανανεώσει τη λίστα και με τη διαχείριση εικόνων για να δεσμεύσει χώρο. Ο Τεχνολόγος συντονίζει την εξέταση και τον αξονικό τομογράφο από το σταθμό επισκόπησης (H/Y), η οποία παρέχεται από την εταιρεία της συσκευής (στη συγκεκριμένη περίπτωση η εταιρεία αυτή είναι η Philips).



Εικόνα 5 2 Σταθμός επισκόπησης Philips τμήματος αξονικού τομογράφου Βενιζελείου Νοσοκομείου Ηρακλείου

Η εξέταση ολοκληρώνεται με την εντολή N-SET και οι εικόνες αποστέλλονται στον DICOM Server του νοσοκομείου (με την εντολή C-STORE). Μέσα στον Server αποθηκεύεται η εξέταση (με την εντολή N-ACTION) σε ένα φάκελο, ο οποίος περιέχει το σύνολο των εικόνων της εξέτασης, το ονοματεπώνυμο του ασθενή στον οποίο ανήκουν και την ημερομηνία διεξαγωγής της εξέτασης. Όλα αυτά τα στοιχεία επιβεβαιώνονται με την εντολή του DICOM N-EVENT-REPORT. Ο Τεχνολόγος αποθηκεύει την εξέταση σε CD και εκτυπώνει κάποια βασική σειρά εικόνων σε film (υπηρεσία Print του DICOM). Ο ακτινολόγος έχει πλέον στη διάθεσή του τις εικόνες, τις οποίες ανακτά από τον Server (υπηρεσία DICOM Query/Retrieve). Αναλύοντας τις εικόνες μπορεί να κρίνει την ολοκλήρωση της εξέτασης ή αν είναι αναγκαίο για περαιτέρω εξέταση.

Κάποιες φορές, όμως, η απλή επισκόπηση της εξέτασης δεν αρκεί. Ο Τεχνολόγος απαιτείται να υποβάλει κάποια επεξεργασία είτε για να διευκολύνει τον ακτινολόγο ιατρό στην ανάλυση είτε επειδή ζητείται από τον ιατρό που παρέπεμψε τον ασθενή στην εξέταση. Συνήθως, οι περισσότεροι ιατροί δεν αρκούνται σε μια απλή επισκόπηση και ζητούν περαιτέρω επεξεργασία. Οι χειρουργοί ιατροί προτιμούν το film ώστε να βλέπουν τα όργανα που χρειάζεται να υποστούν την επέμβαση. Η επεξεργασία των εικόνων από τους Τεχνολόγους γίνεται στο σταθμό εργασίας, ο οποίος παρέχεται και αυτός από τη Philips (Philips' CT Viewer).

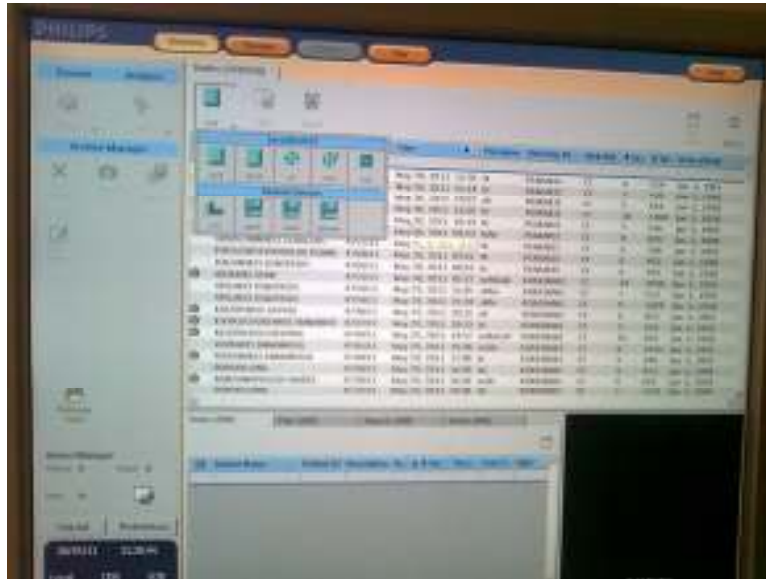


Εικόνα 5 3 Philips' CT Viewer

Στο σταθμό εργασίας ο Τεχνολόγος, αρχικά, επιλέγει το μέσο ανάκτησης της εικόνας, αν αυτή προέρχεται από τον Server, από CD, από αφαιρούμενο δίσκο κ.ά. ενώ στη συνέχεια την εξέταση που θέλει να επεξεργαστεί (όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες). Υπάρχει, επίσης, η επιλογή της απλής επισκόπησης (Review) και της ανάλυσης (Analyze).

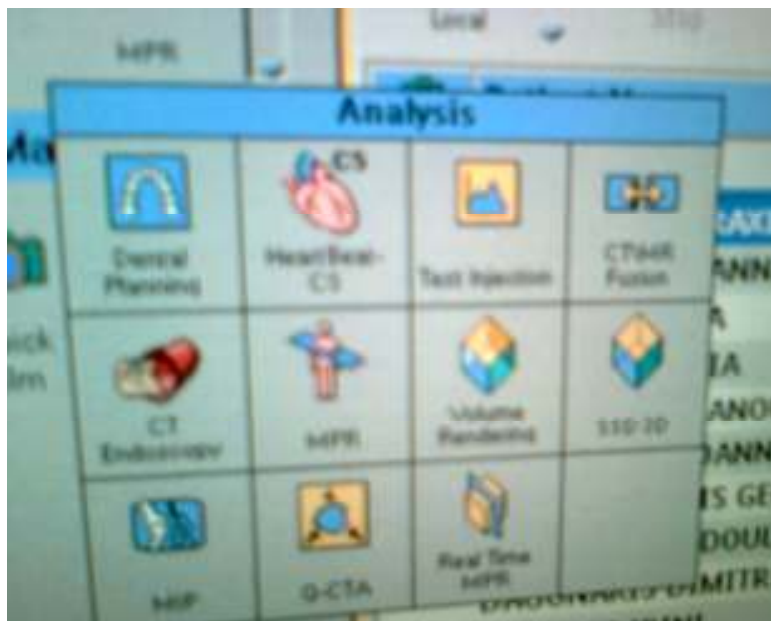


Εικόνα 5 4 Επιλογή συσκευής ανάκτησης



Εικόνα 5 5 Επιλογή εξέτασης

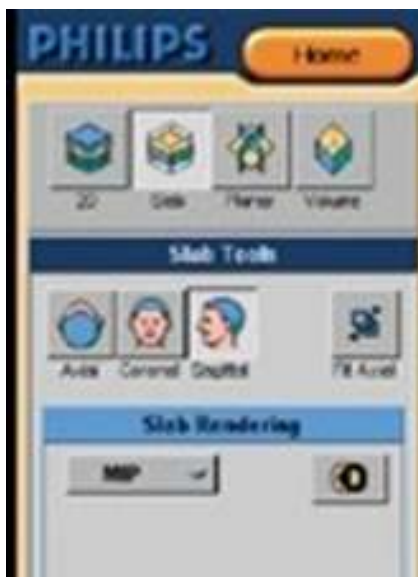
Αφού φορτώσει ο φάκελος της εξέτασης που θα αναλυθεί από το μέσο ανάκτησης στον CT Viewer, πρέπει να επιλεγεί το είδος της εξέτασης που έχει διεξαχθεί ώστε να προβληθεί η σωστή επισκόπηση της εικόνας. Οι κατηγορίες που υπάρχουν είναι η οδοντιατρική εικόνα, η καρδιακή εικόνα, η ενδοσκοπική εικόνα, η ορθοπεδική εικόνα, η τομογραφική εικόνα σε πολλαπλή ανακατασκευή (MPR), η απόδοση τομογραφίας από δισδιάστατη (2D) σε τρισδιάστατη (3D) επισκόπηση κ.ά.



Εικόνα 5 6 Επιλογή επισκόπησης

Η υπολογιστική τομογραφία βασίζεται στην ανακατασκευή (reconstruction), δηλαδή, την προβολή της εσωτερικής μορφολογίας των διαφόρων οργάνων του σώματος με μη καταστροφικό τρόπο, και συνθέτονται πολλαπλές προβολές των εγκάρσιων τομών του συγκεκριμένου οργάνου. Έτσι, αφού προηγηθούν τα παραπάνω αρχικά στάδια η εικόνα φορτώνει στον Viewer (συνήθως επιλέγεται η 2D επισκόπηση για την αρχική επεξεργασία) και γίνεται η ανακατασκευή (reconstruction). Η εικόνα αξονικής τομογραφίας, όπως προαναφέρθηκε, στην ουσία δεν είναι μία εικόνα αλλά μια αλληλουχία εικόνων. Κάθε εικόνα από αυτό το σύνολο ονομάζεται slice (κομμάτι). Κινώντας, λοιπόν, τη ροδέλα του ποντικιού του υπολογιστή που αποτελεί το σταθμό εργασίας φαίνεται κάθε slice ενώ με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού η εικόνα μπορεί να περιστραφεί (rotation).

Ο αξονικός τομογράφος, ακόμη, λειτουργεί με περιστροφικό ή αλλιώς ελικοειδή τρόπο, έτσι ώστε να παράγει εικόνες ως ένα ολοκληρωμένο σύνολο από το σημείο του σώματος που εξετάζεται. Έτσι, είναι δυνατό να παρουσιάζεται η προβολή από τον άξονα του σώματος, δηλαδή από οπτική γωνία που θέτει την κάμερα ψηλά (axial), από το εμπρόσθιο μέρος του σώματος (coronal) αλλά και από το πλαϊνό-τοξοειδές μέρος (sagittal). Η προβολή αυτή γίνεται στο σταθμό εργασίας με το πάτημα ενός κουμπιού, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 5 7 Κουμπιά επιλογής απεικόνισης.

Με τον Philips' CT Viewer επιτρέπεται ο υπολογισμός παραμέτρων, όπως η μέτρηση αποστάσεων σε mm π.χ. η απόσταση της σπονδυλικής στήλης από τον πρώτο μέχρι και τον τελευταίο σπόνδυλο, η μέτρηση γωνιών σε μοίρες από τομές που φέρουν κλίση καθώς και σημεία ενδιαφέροντος που φέρουν τετραγωνικό ή ελλειπτικό σχήμα με το ανάλογο εργαλείο ή με εργαλείο Free Hand (ελεύθερης σχεδίασης). Ο Τεχνολόγος, επίσης, μεταβάλλει τη φωτεινότητα, την αντίθεση, μεγεθύνει τα σημεία ενδιαφέροντος ή ακόμη μπορεί και να ευθυγραμμίσει την εικόνα σε περίπτωση όπως όταν ο ασθενής προέρχεται από ατύχημα και έχει τοποθετηθεί με κεκλιμένο κάποιο όργανο του σώματος, για παράδειγμα το κεφάλι.

Στη συνέχεια, η επεξεργασία που είναι δυνατό να υποβληθεί η εικόνα είναι εκείνη της αποβολής του θορύβου με τη χρησιμοποίηση φίλτρων. Χρησιμοποιούνται φίλτρα για εντονότερη (σαφέστερη) εικόνα και για λείανση (εξομάλυνση) μεταξύ των διαφορών των διαφορετικών περιοχών (smoothing). Ακόμη, υπάρχει η δυνατότητα της επιλογής του κατάλληλου επιπέδου παραθύρου και της εμφάνισης περισσότερων από μίας εγκάρσιων τομών του οργάνου (μπορούν να επισκοπηθούν από 2 έως 9 τομές ταυτόχρονα από το σύνολο της εξέτασης). Συγκεκριμένα, αλλάζει η εμφάνιση της εικόνας σύμφωνα με αυτό που απεικονίζεται. Για παράδειγμα, στην ορθοπεδική εξέταση επιλέγεται το παράθυρο με την ονομασία «Bone (οστό)» όπου διαφαίνονται καθαρότερα τα

οστά ενώ στην εξέταση εγκεφάλου το παράθυρο με την ονομασία «Head (κεφάλι)» όπου φαίνεται ξεκάθαρα ο εγκέφαλος.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η τρισδιάστατη (3D) οπτικοποίηση μιας αξονικής τομογραφίας. Οι ίδιες επεξεργασίες όπως παραπάνω είναι δυνατές και στις τρεις διαστάσεις με τη διαφορά ότι υπάρχουν και κάποιες παραπάνω δραστηριότητες. Αφού εμφανιστεί η τρισδιάστατη απεικόνιση στην οθόνη, ο Τεχνολόγος ρυθμίζει το χρώμα των οστών που θέλει να προβάλει (όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα). Υπάρχουν πολλές επιλογές εμφάνισης για την τρισδιάστατη περιοχή των οργάνων.



Εικόνα 5 8 Επιλογή χρώματος απεικόνισης οστών

Είναι δυνατό σε αυτές τις διαστάσεις να περικοπούν κάποια σημεία ώστε να εμφανιστεί και η εσωτερική πλευρά του οργάνου που απεικονίζεται. Κυρίως σε αξονικές τομογραφίες εγκεφάλου είναι απαραίτητη η περικοπή κάποιου σημείου (συνήθως της κορυφής του κεφαλιού) για να γίνει εμφανίσιμο όλο το εσωτερικό και να μπορέσει να διαγνωσθεί ευκολότερα κάποιο θραύσμα ή αιμάτωμα. Πολλές φορές οι γιατροί αναζητούν αυτές τις τρισδιάστατες εικόνες, γι' αυτό και οι τεχνολόγοι αποθηκεύουν κάθε βήμα επεξεργασίας που έχουν κάνει πάνω σε αυτές.

Πέρα, όμως, από την 3D εικόνα μπορούν να εμφανίζονται στο παράθυρο επεξεργασίας και οι δισδιάστατες εικόνες της εξέτασης από όλες τις απόψεις (axial, coronal, sagittal) βλέποντας, έτσι, και τα όργανα πέραν των οστών καθότι στην τρισδιάστατη απεικόνιση δεν είναι εφικτό να προβληθούν «μαλακές» δομές οργάνων, π.χ. το συκώτι, το στομάχι κτλ. παρά μόνο τα οστά, που αποτελούν τις «σκληρές» δομές.



Εικόνα 5 9 Ολοκληρωμένη άποψη σταθμού εργασίας σε επεξεργασία τρισδιάστατων εικόνων

Έπειτα από την ολοκλήρωση της επεξεργασίας οι Τεχνολόγοι αποθηκεύουν τις επεξεργασμένες εικόνες σε ένα CD και τις παραδίδουν στους ιατρούς. Η πρωτότυπη εξέταση που δεν έχει υποστεί επεξεργασία γράφεται και εκείνη σε CD (όπως αναφέρθηκε παραπάνω) και παραδίδεται στον ασθενή μαζί με τη βασική σειρά εικόνων που έχει εκτυπωθεί σε film. Ο ακτινολόγος κάνει τη διάγνωση του και γράφει κάποια αναφορά, η οποία αποθηκεύεται αυτόματα σε μια βάση δεδομένων του κεντρικού Server του νοσοκομείου από όπου και ανακτάται από τις γραμματείς, που παραδίδουν σε έναν φάκελο τη διάγνωση, το film και το CD.

5.2.1 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ MXLite DICOM Viewer

Όπως προαναφέρθηκε, οι αξονικές τομογραφίες είναι τύπου DICOM γι' αυτό και απαιτείται ειδικό πρόγραμμα επισκόπησης της εικόνας. Έτσι, το CD που παραδίδεται στον ασθενή περιέχει, εκτός από την εξέταση, και έναν DICOM Viewer, τον MXLite DICOM Viewer, που παρέχεται αποκλειστικά από την εταιρεία Philips ώστε να μπορεί ο ασθενής να δει την εξέτασή του και να κάνει κάποιες απλές και στοιχειώδεις επεξεργασίες με βάση τις δικές του ανάγκες.



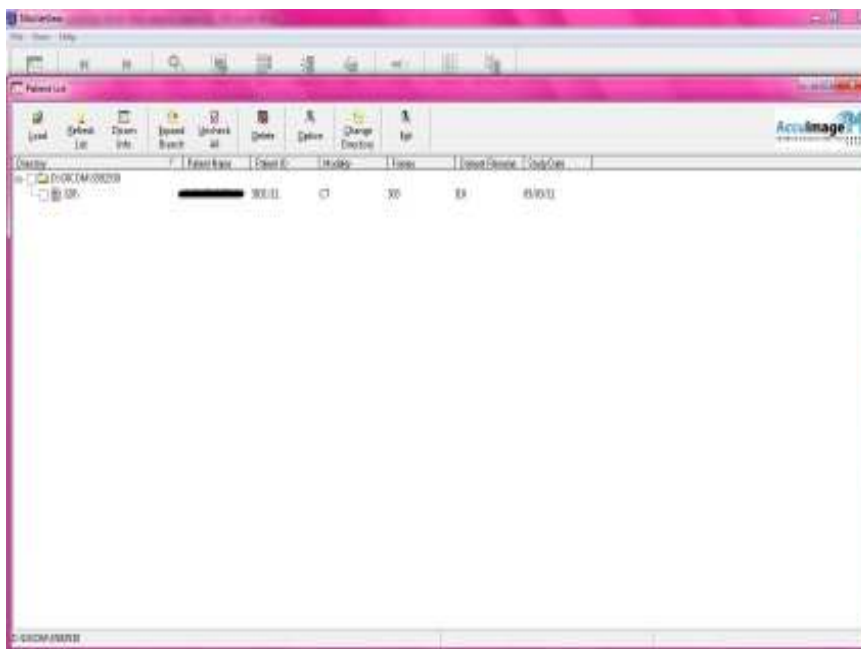
Εικόνα 5 10 MXLite DICOM Viewer

Ο MXLite DICOM Viewer αποτελεί ένα λογισμικό διαδραστικής παρουσίασης και χειρισμού εικόνων DICOM που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε διαθέτει Η/Υ στο σπίτι του. Μπορεί να ανοίξει τους περισσότερους ιατρικούς φακέλους που έχουν αποθηκευτεί σε έκδοση DICOM 3.0. Ο MXLite DICOM Viewer υποστηρίζει ιατρικές εικόνες όπως αξονικής τομογραφίας

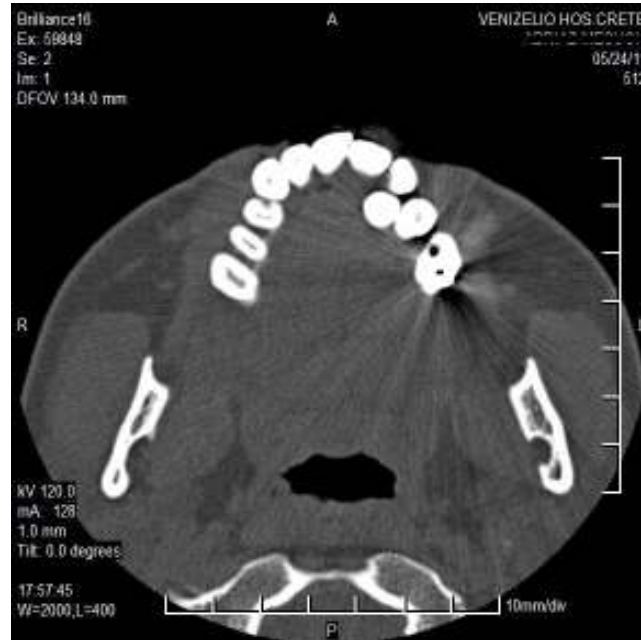
(CT), μαγνητικής τομογραφίας (MRI), πυρηνικής ιατρικής (NM), τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (PET) κ.ά. και μπορεί να εξάγει εικόνες σε μορφή BMP, η οποία υποστηρίζεται από άλλες εφαρμογές υπολογιστή όπως τους επεξεργαστές κειμένων (Word), εφαρμογές βάσεων δεδομένων (Access), λογισμικό παρουσίασης (Powerpoint) κ.ά.

Αφού τοποθετηθεί το CD στον υπολογιστή ανοίγει αυτόματα το πρόγραμμα επισκόπησης και επιλέγοντας το κουμπί «View Images» του προγράμματος ανοίγει μια λίστα που περιέχει όλες τις εξετάσεις που είναι αποθηκευμένες στο CD.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα η λίστα περιέχει τον κωδικό της εξέτασης, το όνομα του ασθενούς στον οποίο ανήκει (για λόγους ασφάλειας και απορρήτου είναι διαγραμμένο), ο κωδικός του ασθενούς που λαμβάνει αυτόματα από το ραδιολογικό πληροφοριακό σύστημα του νοσοκομείου, το είδος της εξέτασης (CT), ο αριθμός των εικόνων που αποτελούν την εξέταση καθώς και η ημερομηνία διεξαγωγής της. Επιλέγοντας την εξέταση, φορτώνουν όλες οι εικόνες και εμφανίζονται ως μια αλληλουχία.



Εικόνα 5 11 Λίστα εξετάσεων του MXLite DICOM Viewer



Εικόνα 5 12 Αξονική τομογραφία γνάθου 128 εγκάρσιων τομών

Η επεξεργασία που μπορεί να συμβεί με αυτό το λογισμικό απεικόνισης δεν είναι εξειδικευμένη αλλά απλή και κατανοητή για κάθε ασθενή. Είναι εφικτή η μεγέθυνση σε μέρη που φέρουν ιδιαίτερης προσοχής, η χειροκίνητη συνεχή εμφάνιση της αλληλουχίας των εικόνων που αποτελούν την ολοκληρωμένη εξέταση (Slice Tool) καθώς και η αλλαγή της φωτεινότητας για καλύτερη εμφάνιση. Μεταβάλλοντας την αντίθεση, τα λευκά τμήματα της εικόνας γίνονται πιο φωτεινά ενώ τα σκούρα μπορούν ακόμη και να εξαφανιστούν, κάνοντας τον ασθενή να είναι σε θέση να διακρίνει τις περιοχές των οστών και των οργάνων. Ακόμη, εφόσον η εξέταση είναι μια αλληλουχία εικόνων, μπορεί να παρουσιαστεί ως βίντεο.



Εικόνα 5 13 Αξονική τομογραφία γνάθου σε μεγέθυνση



Εικόνα 5 14 Επεξεργασμένη εικόνα γνάθου με αλλαγή στην αντίθεση

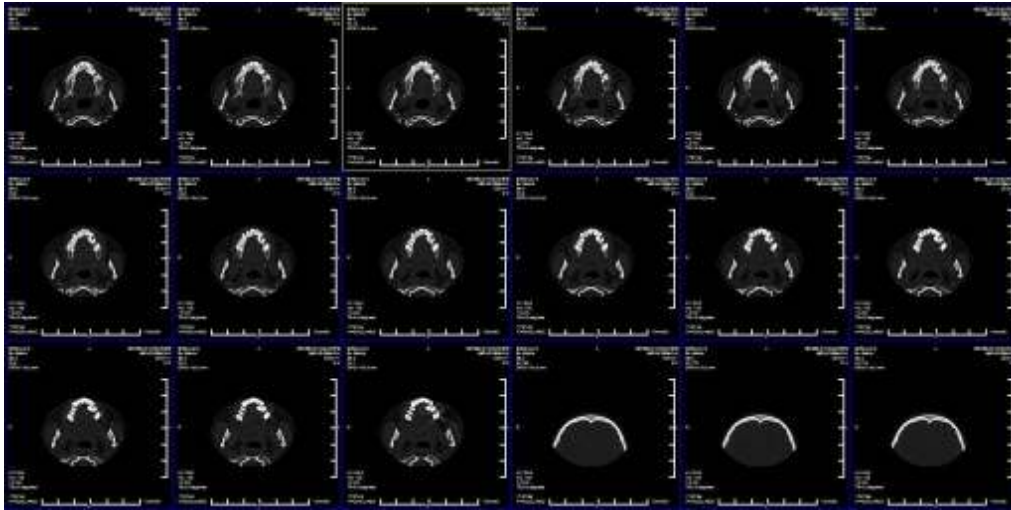
Παράλληλα, μπορούν να υπολογιστούν οι παράμετροι σε κάθε σημείο που παρουσιάζεται στην εικόνα σε mm, αλλά και οι γωνίες σε μοίρες ή και με ελεύθερη χειροκίνητη σχεδίαση μπορεί να ληφθεί μέτρηση όσον αφορά στο σημείο ενδιαφέροντος.



Εικόνα 5 15 Μετρήσεις σημείων ενδιαφέροντος

Και σε αυτό το λογισμικό μπορούν να εμφανιστούν πολλαπλές εγκάρσιες τομές η μία μετά την άλλη. Όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 5.16, προβάλλονται 18 από τις 128 εγκάρσιες τομές σε 6 στήλες και 3 γραμμές (εμφάνιση τύπου 6X3) ξεκινώντας από τη 13^η εικόνα της εξέτασης έως την 30^η. Εφόσον, όμως, η αξονική τομογραφία έχει να κάνει με τη γνάθο (στη συγκεκριμένη περίπτωση), είναι καλύτερο να χρησιμοποιηθεί και ο ανάλογος τύπος παραθύρου ώστε να παρουσιάζεται αυτό που απεικονίζεται, δηλαδή η επιλογή του παραθύρου που προβάλλει σαφέστερα

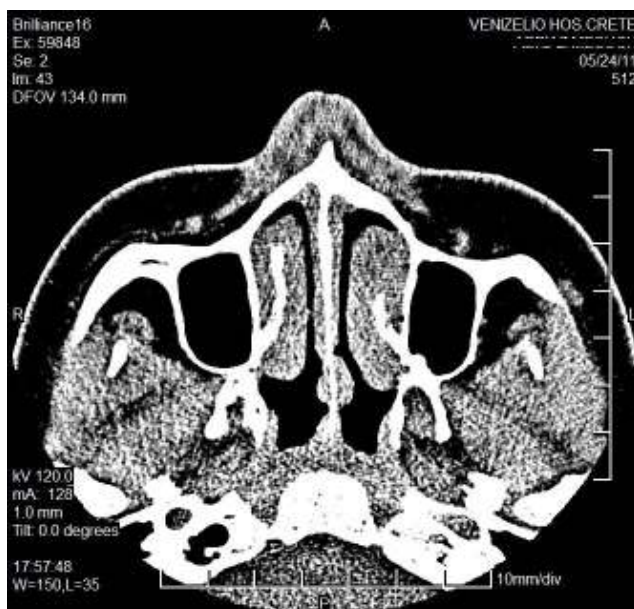
τα οστά (Bone) ή ακόμη και η επιλογή του οπισθίου βόθρου (Posterior Fossa). Αυτοί οι δύο τύποι παραθύρου δείχνουν ευκρινέστερα τις περιοχές των οστών.



Εικόνα 5 16 Επισκόπηση τύπου 6X3

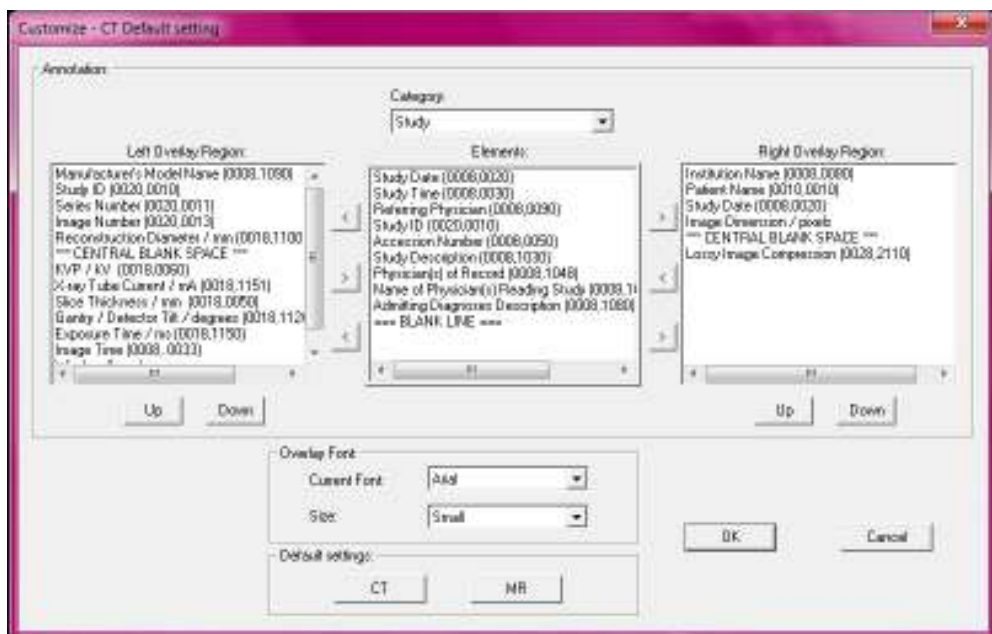


Εικόνα 5 17 Απεικόνιση με τύπο παραθύρου Bone

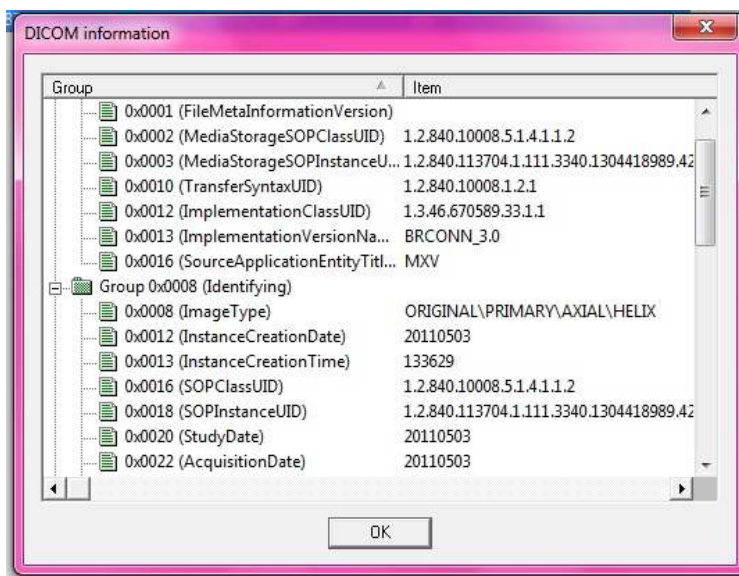


Εικόνα 5 18 Απεικόνιση με τύπο παραθύρου Posterior Fossa

Τέλος, όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4, κάθε εικόνα DICOM αποτελείται από μια επικεφαλίδα. Στον MXLite DICOM Viewer η επικεφαλίδα εμφανίζεται υπό την επιλογή της εμφάνισης των πληροφοριών της εξέτασης, όπως ημερομηνία, ώρα διεξαγωγής της εξέτασης, ονοματεπώνυμο ασθενή, κωδικός τύπου εξέτασης καθώς επίσης και πληροφορίες που αφορούν στην κλάση και το στιγμιότυπο SOP, στην Transfer Syntax, στα χαρακτηριστικά UID κτλ. Όλα αυτά εμφανίζονται κωδικοποιημένα και με τη μορφή δεκαεξαδικών αριθμών που χαρακτηρίζουν την οντότητα και τις ιδιότητές της (κεφ. 4).



Εικόνα 5 19 DICOM Header αξονικής τομογραφίας γνάθου

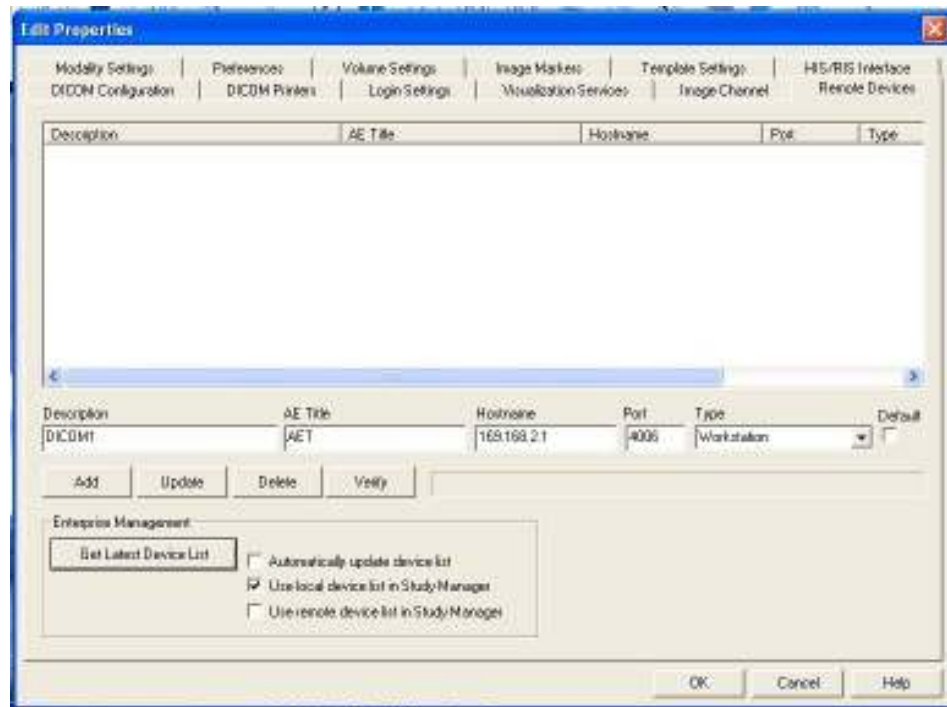


Εικόνα 5 20 Πληροφορίες DICOM

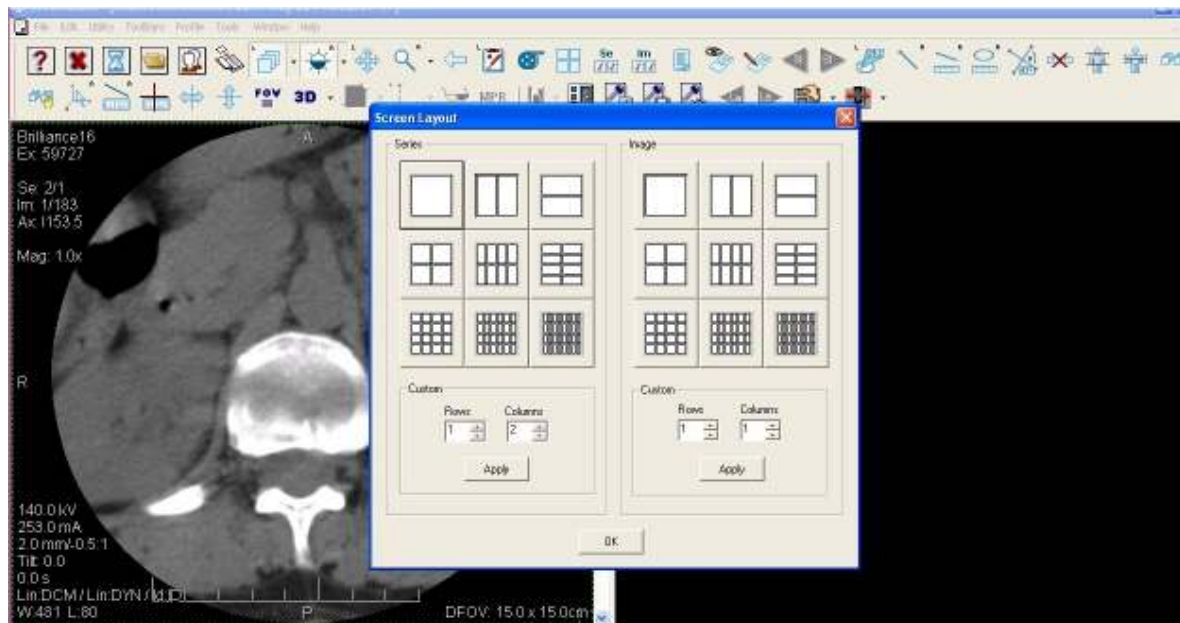
5.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ E-FILM WORKSTATION

Οι ακτινολόγοι ιατροί εκτός από τις επεξεργασμένες εικόνες που λαμβάνουν από τους Τεχνολόγους, χρησιμοποιούν το e-Film για την ανάλυση και επεξεργασία των εικόνων για να προβούν σε διάγνωση ή για να συγκρίνουν νέες με παλαιότερες εξετάσεις. Το e-Film είναι μια εφαρμογή που χρησιμοποιείται για την επισκόπηση και το χειρισμό ιατρικών εικόνων. Ψηφιακές εικόνες και δεδομένα από πολλαπλές πηγές (αξονικούς τομογράφους, μαγνητικούς τομογράφους, υπερηχοτομογράφους, υπολογιστικές και ραδιολογικές συσκευές κ.ά.) μπορούν να προβληθούν, να αναλυθούν, να επεξεργαστούν, να αποθηκευθούν και να σταλούν διαμέσου δικτύων υπολογιστών με αυτό το λογισμικό. Όταν οι χρήστες παρατηρούν τις εικόνες μπορούν να ρυθμίσουν το πλάτος και το επίπεδο του παραθύρου, τη σειρά των εικόνων, τα σχόλια και τις μετρήσεις των περιοχών ενδιαφέροντος και ποικίλες άλλες μεταβολές. Επιπλέον, το e-Film μπορεί να ολοκληρωθεί με τη διασύνδεση κάποιου υπάρχοντος πληροφοριακού συστήματος νοσοκομείου (HIS) ή ραδιολογικού συστήματος (RIS), παρέχοντας πρόσβαση στις εκθέσεις των πλήρως ενσωματωμένων αρχείων των ασθενών.

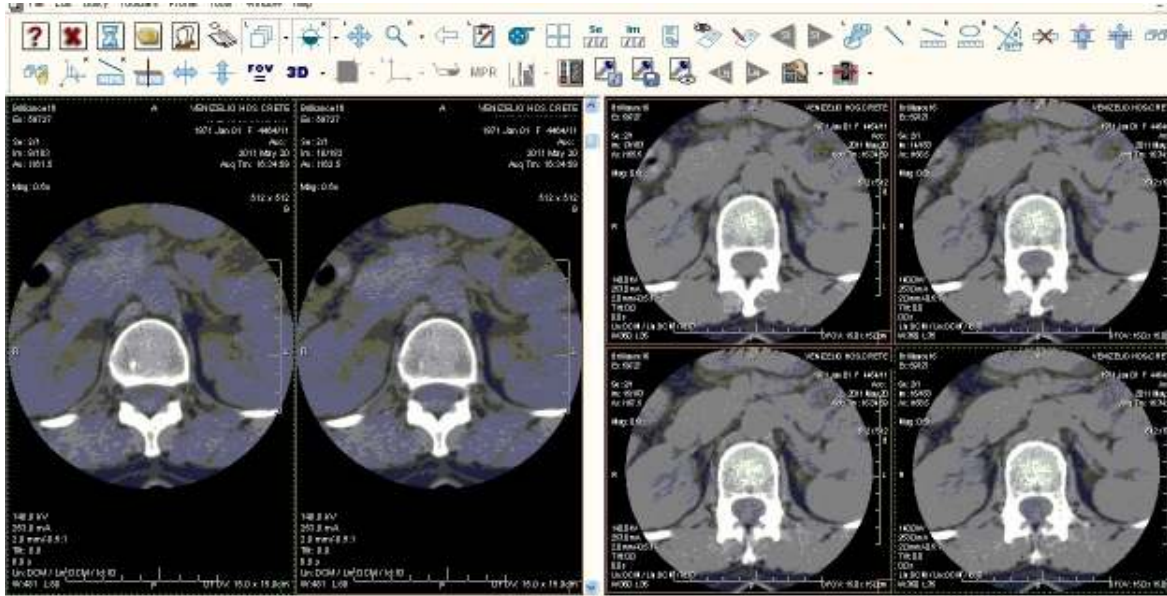
Το πρώτο πράγμα που πρέπει να γίνει όταν ανοίξει για πρώτη φορά το λογισμικό είναι οι ρυθμίσεις. Μπορεί να γίνει ρύθμιση του παραθύρου και του επιπέδου, των προτιμήσεων της οθόνης και της εγγραφής CD, των απομακρυσμένων συσκευών, των καναλιών της εικόνας, των εκτυπωτών, της διασύνδεσης των HIS/RIS και άλλες. Για την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας οι ρυθμίσεις παρέμειναν προεπιλεγμένες από την εγκατάσταση του προγράμματος καθότι η επεξεργασία διεξήχθη σε προσωπικό υπολογιστή και δεν κατέστη δυνατή η σύνδεση με κάποιο άλλο πληροφοριακό σύστημα, όπως θα γινόταν αυτό απαραίτητως σε κάποιο τερματικό του νοσοκομείου. Η μόνη αλλαγή ήταν η επιλογή του κατάλληλου παραθύρου για τη ορθότερη απεικόνιση του οργάνου που παρουσιάζει η εξέταση χρησιμοποιώντας το παράθυρο που φέρει την ονομασία «Bone» καθώς και ο διαχωρισμός του παραθύρου (από πόσες στήλες και πόσες γραμμές θα αποτελείται ώστε να εμφανίζονται παραπάνω από μία εγκάρσιες τομές του οργάνου).



Εικόνα 5 21 Παράθυρο ρυθμίσεων e-Film



Εικόνα 5 22 Ρύθμιση διαχωρισμού παραθύρου

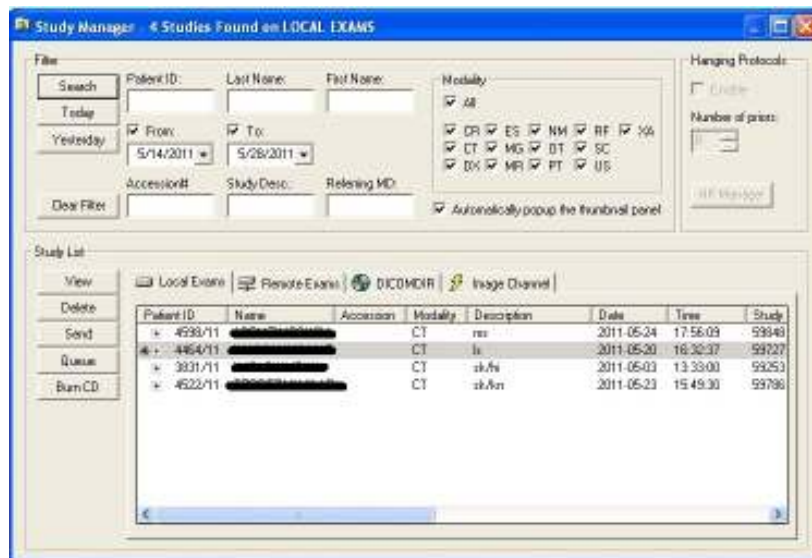


Εικόνα 5 23 Ταυτόχρονη εμφάνιση έξι εγκάρσιων τομών σε αξονική τομογραφία σπονδυλικής στήλης



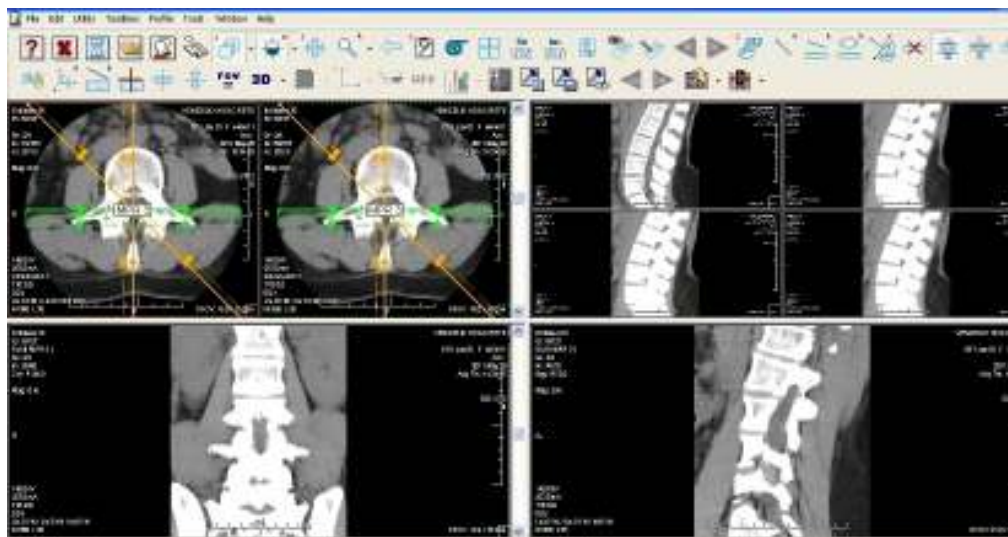
Εικόνα 5 24 Απεικόνιση εικόνας σπονδυλικής στήλης με το κατάλληλο παράθυρο εμφάνισης

Μια πολύ βασική λειτουργία του e-Film είναι η υπηρεσία Query/Retrieve του DICOM. Σύμφωνα με αυτήν την υπηρεσία μπορεί να γίνει η ανεύρεση κάποιας εξέτασης μέσω της επιλογής του Study Manager είτε με βάση την ημερομηνία διεξαγωγής είτε με βάση τον κωδικό ή το ονοματεπώνυμο του ασθενή είτε από το σύνολο των εξετάσεων που δημιουργήθηκαν την ίδια ημέρα ή μια μέρα πριν.



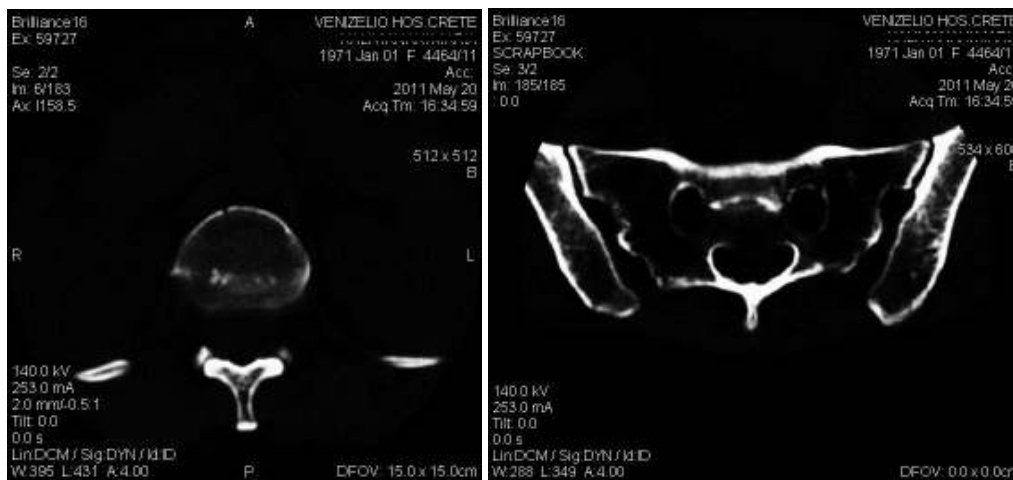
Εικόνα 5 25 Study Manager

Μια από τις πιο βασικές επεξεργασίες που καλείται ο ακτινολόγος ιατρός να υποβάλει την εικόνα είναι αυτή της ανακατασκευής. Με το e-Film αυτό γίνεται με την πολλαπλών επιπέδων ανακατασκευή (Multiplanar reconstruction- MPR). Σύμφωνα με την MPR, μια αξονική τομογραφία (σπονδυλικής στήλης στη συγκεκριμένη περίπτωση) παρουσιάζεται στο ίδιο παράθυρο από πολλαπλές λήψεις (λήψη από την κορυφή του σώματος-axial, λήψη από τη δεξιά και αριστερή πλευρά-sagittal και λήψη από την οπίσθια προβολή της σπονδυλικής στήλης-coronal). Σε αυτήν την προβολή παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης της επισκόπησης του πλάτους των πλάγιων και οπισθίων προβολών από την εικόνα λήψης της κορυφής, που θεωρείται και η αρχική.

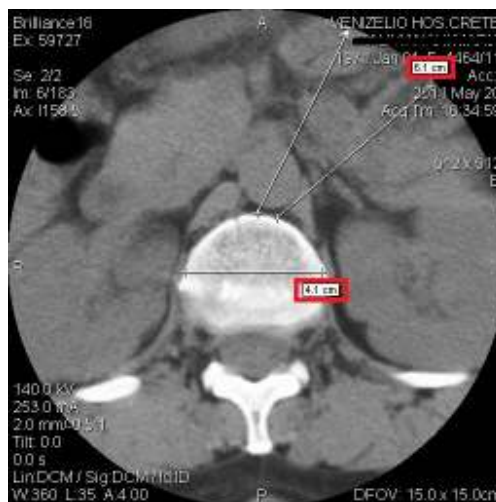


Εικόνα 5 26 Ρύθμιση στην αρχική εικόνα (πάνω αριστερά), οπίσθια προβολή (κάτω αριστερά) και πλαϊνές προβολές (πάνω και κάτω δεξιά)

Όπως στους άλλους DICOM Viewers, έτσι και στο e-Film, υποστηρίζεται η βελτίωση ποιότητας κάνοντας ευδιάκριτο το σημείο ενδιαφέροντος, η αλλαγή διαστάσεων για την καλύτερη μελέτη των απεικονίσεων χωρίς, όμως, απώλεια πληροφορίας αλλά και η υπηρεσία αποθήκευσης και εκτύπωσης μέσω του DICOM καθώς επίσης και η συμπίεση των απεικονίσεων σε διαφορετικό μορφότυπο (JPEG,BMP,TIFF και βίντεο σε μορφή AVI). Συνήθως γίνεται αλλαγή στην αντίθεση και στη φωτεινότητα της εικόνας ώστε να ανιχνευθούν οι περισσότερο φωτεινές περιοχές (τα οστά) και οι λιγότερο (τα όργανα) και η μέτρηση των παραμέτρων που φέρουν ιδιαίτερης προσοχής.



Εικόνα 5 27 Απεικονίσεις έπειτα από επεξεργασία αντίθεσης



Εικόνα 5 28 Μετρήσεις παραμέτρων σημείων ενδιαφέροντος

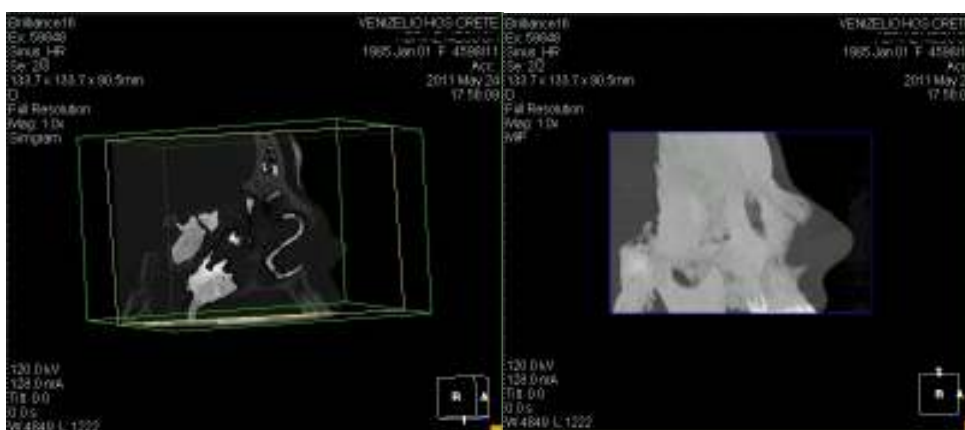
Μια από τις σύγχρονες δυνατότητες που υποστηρίζονται από το συγκεκριμένο λογισμικό είναι η τρισδιάστατη απεικόνιση με τη χρησιμοποίηση διαφόρων τεχνικών. Μια από αυτές είναι η επαναδιαμόρφωση, η οποία αναδιαμορφώνει ότι περνά από ένα επίπεδο που διέρχεται ένα σύνολο δεδομένων, έτσι ώστε να μπορεί κανείς να δει την τομή του οργάνου μέσα από μια διαφορετική κατεύθυνση από αυτή της πρωτότυπης εικόνας. Στην πραγματικότητα, παρουσιάζονται τα δεδομένα λήψης από διαφορετικές γωνίες χωρίς να χρειάζεται να επανεξεταστεί ο ασθενής.

Η επόμενη τεχνική που χρησιμοποιείται στο τρισδιάστατο επίπεδο είναι η μέγιστη ένταση προβολής (Maximum Intensity Projection- MIP). Κατά αυτήν την τεχνική περνούν ακτίνες διαμέσου ενός συνόλου δεδομένων, που βρίσκει και εμφανίζει τη μεγαλύτερη τιμή των pixel (για απεικόνιση 3D χρησιμοποιούνται τα voxels) από κάθε ακτίνα και την υπολογίζει ως τελική τιμή. Η εικόνα μπορεί, ακόμη, να περιστραφεί, να περικοπεί ή να αλλαχθεί ο τύπος και το επίπεδο του παραθύρου στο οποίο εμφανίζεται.

Η τρίτη τεχνική 3D απεικόνισης είναι η απόδοση τομών ενδιαφέροντος (Volume rendering). Το έργο αυτής της τεχνικής σε μια τομή οργάνου που απεικονίζεται στην οθόνη είναι να αντιστοιχίζει χρώματα που βασίζονται σε ένα χάρτη αδιαφάνειας. Ο χάρτης αυτός καθορίζει πόσο αδιαφανής πρέπει να είναι κάθε τμή έντασης και ποιο χρώμα συμβάλει στο τελικό αποτέλεσμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η τεχνική είναι διαθέσιμη μόνο σε υπολογιστές που διαθέτουν συμβατές κάρτες βίντεο.

Η τέταρτη και τελευταία τεχνική της προβολής τριών διαστάσεων που υποστηρίζεται από το e-Film είναι η Simgramm. Η Simgramm είναι λειτουργία που χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Holograd της Simgramm για να προσομοιώσει την εμφάνιση μιας ολογραφικής εικόνας 3D στην δισδιάστατη οθόνη του υπολογιστή. Το e-Film διαθέτει έναν απλό τρόπο για να στέλνει τα δεδομένα ώστε να παραχθεί ένα πραγματικό ολόγραφο. Οι Simgramm εικόνες διατηρούν διαφάνεια και γκρι πληροφορίες.

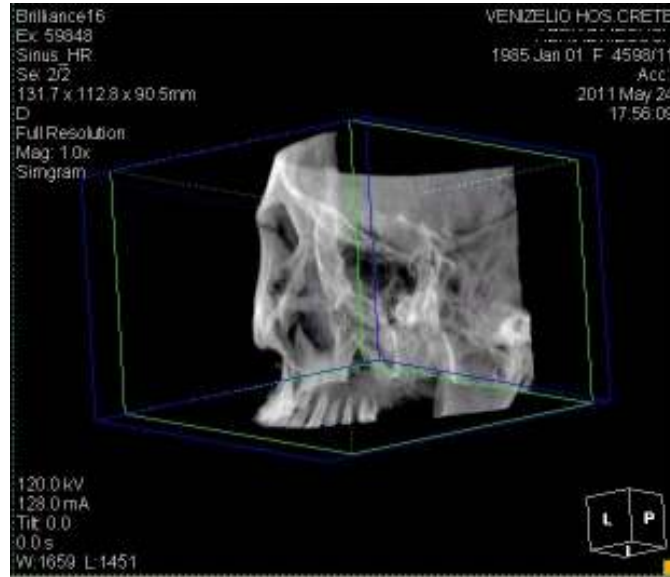
Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι οι τρισδιάστατες εικόνες προσφέρονται μόνο σε αξονικές και τομογραφικές απεικονίσεις οργάνων διότι μόνον αυτού του τύπου οι εξετάσεις περιέχουν προσανατολισμένες πληροφορίες σε τμήματα (slices).



Εικόνα 5 29 3D απεικονίσεις αξονικής τομογραφίας ιγμορείων. Τεχνική MPR (αριστερά) και MIP (δεξιά)



Εικόνα 5 30 Τεχνική Simgramm



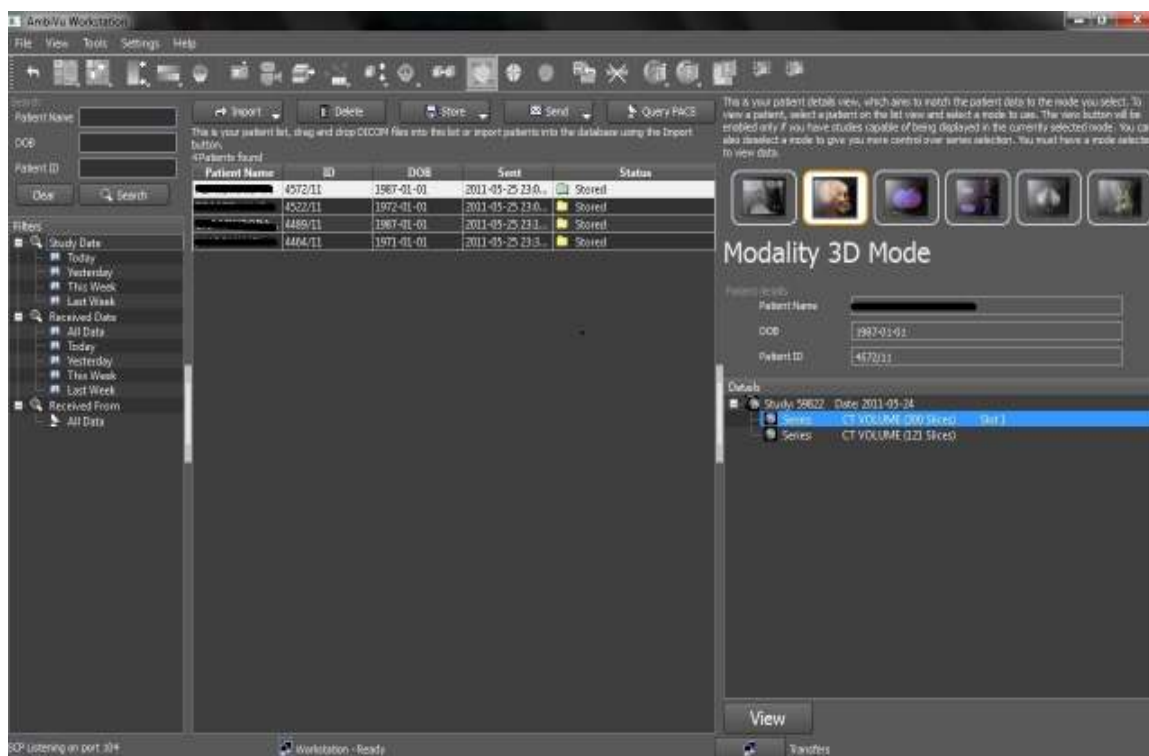
Εικόνα 5 31 Τελική επεξεργασμένη 3D εικόνα

Στην έκδοση του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε, δυστυχώς, δεν υπάρχουν αρκετές επιλογές. Όμως, καθώς η τεχνολογία αναπτύσσεται οι ανάγκες γίνονται όλο και πιο απαιτητικές. Οι νέες εκδόσεις λογισμικού e-Film διαθέτουν περισσότερα εργαλεία επεξεργασίας όπως φίλτρα για εξομάλυνση του θορύβου και βελτίωση της ποιότητας της εικόνας και εργαλεία προβολής των ιστογραμμάτων των εικόνων. Ακόμη, οι τεχνικές εμφάνισης τρισδιάστατων εικόνων είναι πιο εξειδικευμένες και φέρνουν το χρήστη πιο κοντά στην πραγματικότητα καθώς οι προκύπτουσες εικόνες είναι πιο παραστατικές. Τέλος, η τελευταία έκδοση του λογισμικού είναι διαθέσιμη πλέον και για λειτουργικά κινητών τηλεφώνων και κυρίως για i-Phone και i-Pad, ενισχύοντας έτσι τις τηλεϊατρικές υπηρεσίες και κάνοντας την εργασία του ιατρού πιο ευχάριστη, σύγχρονη, αποτελεσματική και εύχρηστη.

5.4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ *AmbiVU WORKSTATION*

Το AmbiVU είναι ένα λογισμικό ιατρικής απεικόνισης, το οποίο είναι συμβατό με μορφές εικόνων και διασυνδέσεων τύπου DICOM. Είναι σχεδιασμένο για υψηλής απόδοσης τομές που προέρχονται από μαγνητικό τομογράφο, αξονικό τομογράφο, τομογράφο εκπομπής ποζιτρονίου κτλ. Το AmbiVU παρέχει απεικόνιση σε τρισδιάστατο επίπεδο και είναι διαθέσιμο ως μια αυτοδύναμη εφαρμογή για Windows και MAC λειτουργικά συστήματα. Ακόμη, διαθέτει χειρισμό εικόνων σε δισδιάστατο επίπεδο, λειτουργία PET-CT, εικονική κωλονοσκόπηση, λειτουργία μαστογραφίας αλλά και χειρισμό της κάμερας φωτισμού στην εικόνα και βασικές επεξεργασίες εικόνας π.χ. φίλτρα και ανίχνευση ακμών.

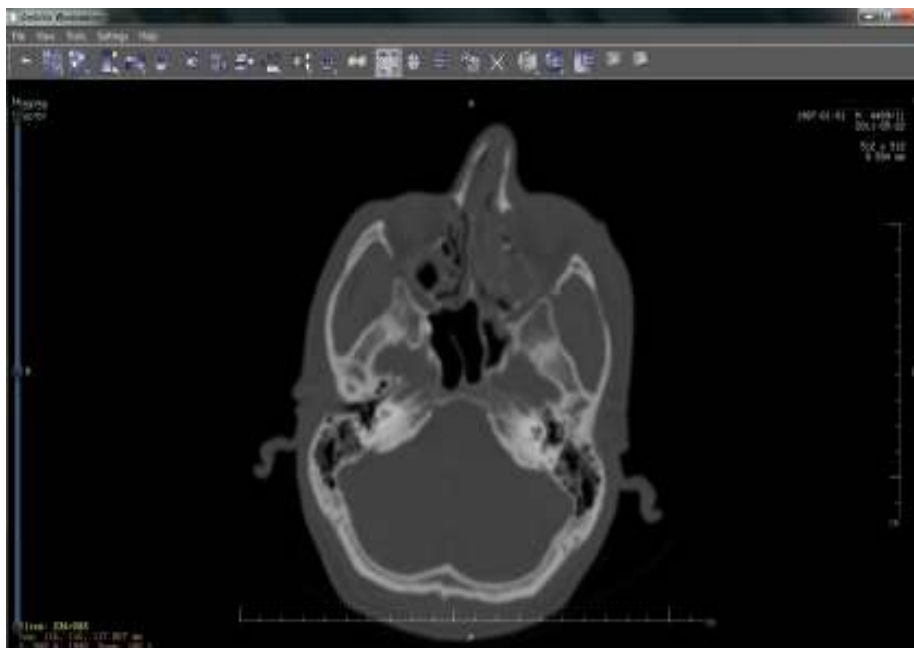
Κατά τη φόρτωση της εφαρμογής εμφανίζεται μια λίστα ασθενών από όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την εξέταση που θέλει να προβάλει. Η λίστα αυτή περιέχει το ονοματεπώνυμο του ασθενή στον οποίο ανήκει η εξέταση, τον κωδικό της εξέτασης που δίνεται απευθείας αυτόματα από το ραδιολογικό σύστημα του νοσοκομείου, την ημερομηνία γέννησης του ασθενή καθώς και την ημερομηνία διεξαγωγής της εξέτασης. Ακόμη, παρέχονται φίλτρα αναζήτησης, κατά τα οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να αναζητήσει κάποια εξέταση που τον ενδιαφέρει σύμφωνα με το ονοματεπώνυμο ή την ημερομηνία γέννησης του ασθενή ή με τον κωδικό της εξέτασης. Επίσης, μπορεί να κάνει αναζήτηση των εξετάσεων που έχουν διεξαχθεί την ίδια ημέρα της αναζήτησης, μια μέρα πριν είτε εντός της ίδιας ή της προηγούμενης εβδομάδας. Αυτές οι αναζητήσεις αποτελούν την υπηρεσία Query/Retrieve του προτύπου DICOM.



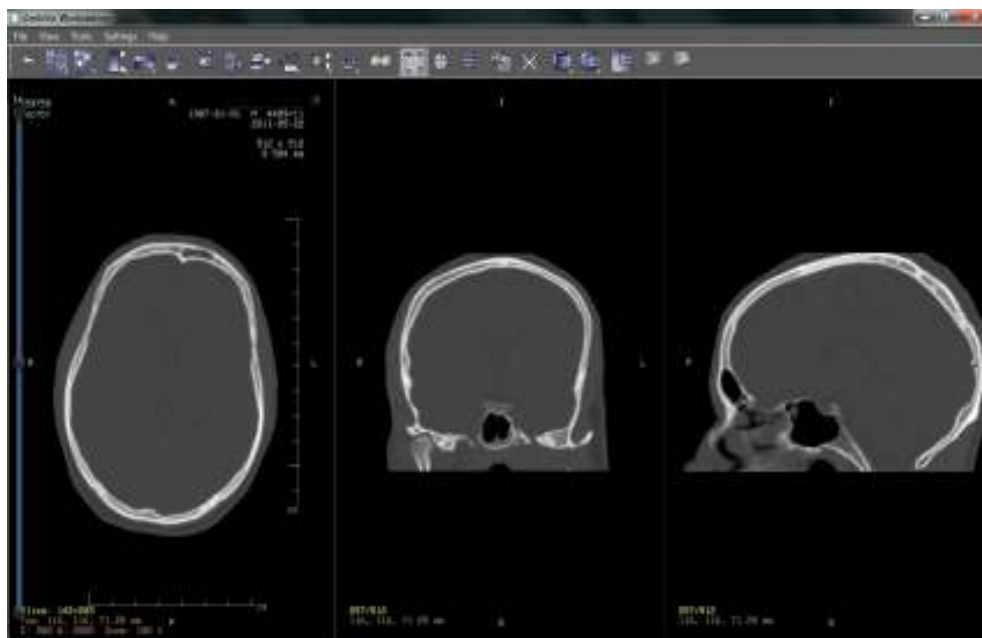
Εικόνα 5 32 Patient List του AmbiVU Workstation

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το AmbivU διαθέτει αρκετές λειτουργίες για κάθε είδους εξέταση (μαστογραφία, PET-CT, CT κτλ). Για την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήθηκε η τριδιάστατη και η δισδιάστατη απεικονιστική λειτουργία της εφαρμογής, καθότι οι εικόνες που επεξεργάστηκαν με αυτήν την εφαρμογή προήλθαν από αξονική τομογραφία και ήταν δυνατή η προεπισκόπησή τους μόνο κατά αυτές τις λειτουργίες.

Αφού, λοιπόν, επιλεγθεί η εξέταση που θα προβληθεί, φορτώνει η αλληλουχία των εικόνων της εξέτασης και προβάλλεται στο παράθυρο της εφαρμογής. Όταν ο χρήστης κάνει προεπισκόπηση της εικόνας σε δισδιάστατη λειτουργία έχει τη δυνατότητα να δει μόνο την αλληλουχία που προέρχεται από τον άξονα του σώματος (axial) και να κάνει επεξεργασία πάνω σε αυτή στις δύο διαστάσεις. Αντίθετα, σε λειτουργία τριών διαστάσεων υπάρχει απεικόνιση από όλες τις πλευρές του σώματος (axial, coronal, sagittal).



Εικόνα 5 33 Δισδιάστατη απεικόνιση αξονικής τομογραφίας εγκεφάλου

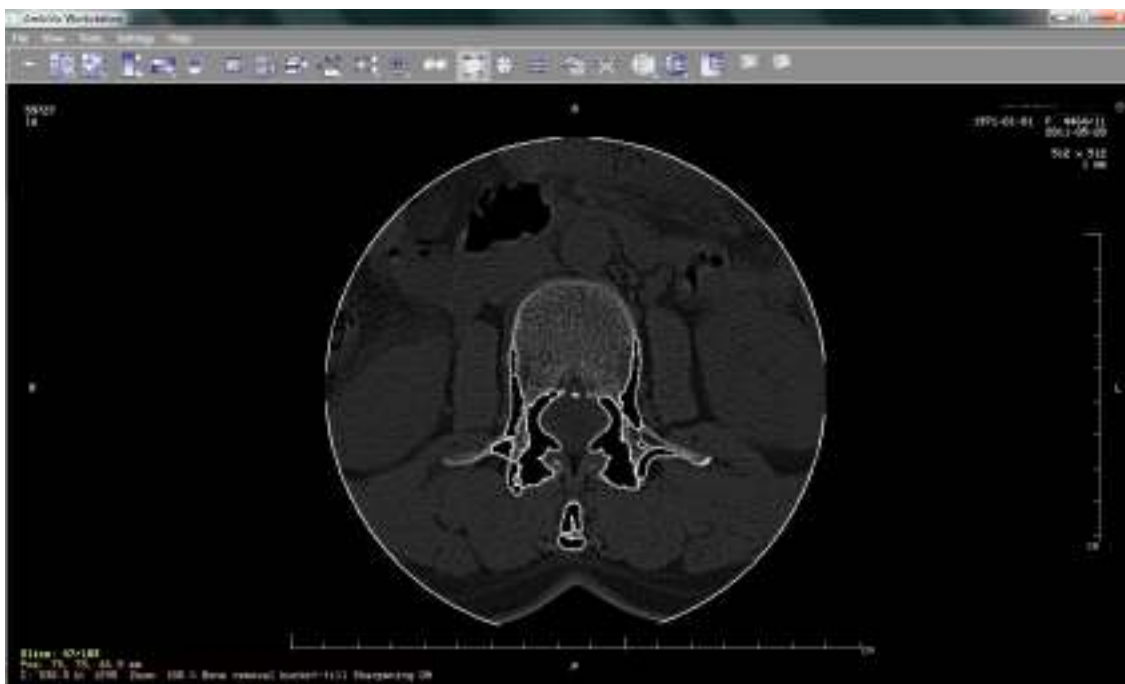


Εικόνα 5 34 Τριδιάστατη απεικόνιση αξονικής τομογραφίας εγκεφάλου

Φυσικά, και όπως είναι αναμενόμενο, υπάρχουν διαφορετικά είδη επεξεργασίας για κάθε λειτουργία. Όμως και στις δύο λειτουργίες υπάρχουν και κοινά στοιχεία επεξεργασίας. Θεωρώντας, αρχικά, ότι η εξέταση προβάλλεται σε δισδιάστατο επίπεδο είναι δυνατό να μετρηθούν παράμετροι σημείων ενδιαφέροντος. Έτσι, όπως και σε προηγούμενους DICOM Viewers που αναφέρθηκαν, ο χρήστης μπορεί να μετρήσει αποστάσεις και γωνίες αλλά και ελλειπτικές και άλλου είδους μορφές οργάνων που απεικονίζονται. Ακόμη, ο χρήστης ρυθμίζει την αντίθεση ανάλογα με τις ανάγκες του και έχει τη δυνατότητα να μεγθύνει κάποιο σημείο που τον ενδιαφέρει περισσότερο ώστε να έχει μια πιο σφαιρική και καθαρή εικόνα πάνω σε αυτό.

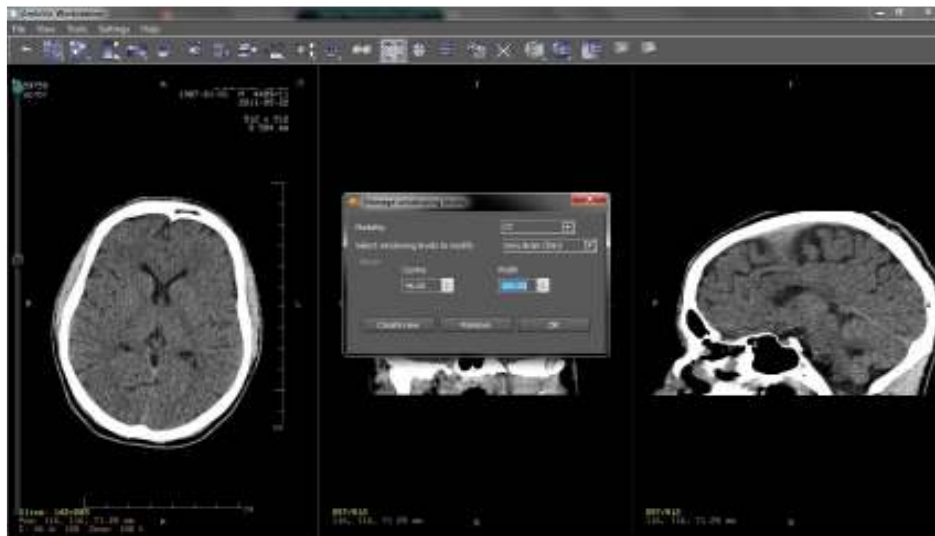
Εκτός, όμως, από τις παραπάνω επεξεργασίες, οι οποίες είναι ίδιες ή παρόμοιες σε όλους τους DICOM Viewers, διότι είναι οι πιο βασικές και οι πιο απλές επεξεργασίες που μπορούν να συμβούν όχι μόνο σε ιατρικές απεικονίσεις οργάνων αλλά και σε κάθε είδους εικόνα που μπορεί να επεξεργαστεί, το AmbiVU διαθέτει ένα εργαλείο αφαίρεσης οστών. Δηλαδή, ο χρήστης επιλέγει είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα τα σημεία τα οποία απεικονίζουν οστά και, έτσι, το περίγραμμα τους σχηματίζεται με λευκό χρώμα για να ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα όργανα. Σύμφωνα με αυτό το εργαλείο μεταβάλλεται το χρώμα εκείνης της περιοχής σε πιο σκούρο έως μαύρο ώστε να αφαιρεθούν οι λευκές περιοχές των οστών και να ενοποιηθούν με την υπόλοιπη εικόνα κάνοντας, όμως, ικανή την ανίχνευσή τους. Ακόμη, το AmbiVU υποστηρίζει την εφαρμογή φίλτρων εξομάλυνσης θορύβου και ανίχνευσης ακμών για βελτίωση της εικόνας.

Στο επίπεδο των δύο διαστάσεων υπάρχει η δυνατότητα βελτίωσης με φίλτρα Sharpening. Τα Sharpening φίλτρα χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση των ακμών των αντικειμένων και ρυθμίζουν την αντίθεση και τα χαρακτηριστικά που περιέχουν σκιές. Σε συνδυασμό με την κατωφλίωση (κεφ. 3) αυτά τα φίλτρα θεωρούνται τα καλύτερα ως ανιχνευτές ακμών. Τα Sharpening φίλτρα είναι φίλτρα υψηλής συχνότητας. Έτσι, αφήνουν τις υψηλότερες συχνότητες να περάσουν και περικλύπτουν τις χαμηλές και παρέχουν ιδιαίτερη ευαισθησία στον εγκλωβισμό του θορύβου ώστε να βελτιώσουν την ποιότητα και την εμφάνιση της εικόνας. Συχνότητα στις εικόνες θεωρείται η μεταβολή της αντίθεσης ή του χρώματος σε οριζόντια ή κάθετη κατεύθυνση ενώ θόρυβος μπορεί να θεωρηθεί οποιαδήποτε παρεμβολή που προέρχεται από την πηγή της απεικόνισης, όπως η συσκευή του αξονικού τομογράφου. Τέτοιου είδους επεξεργασία φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



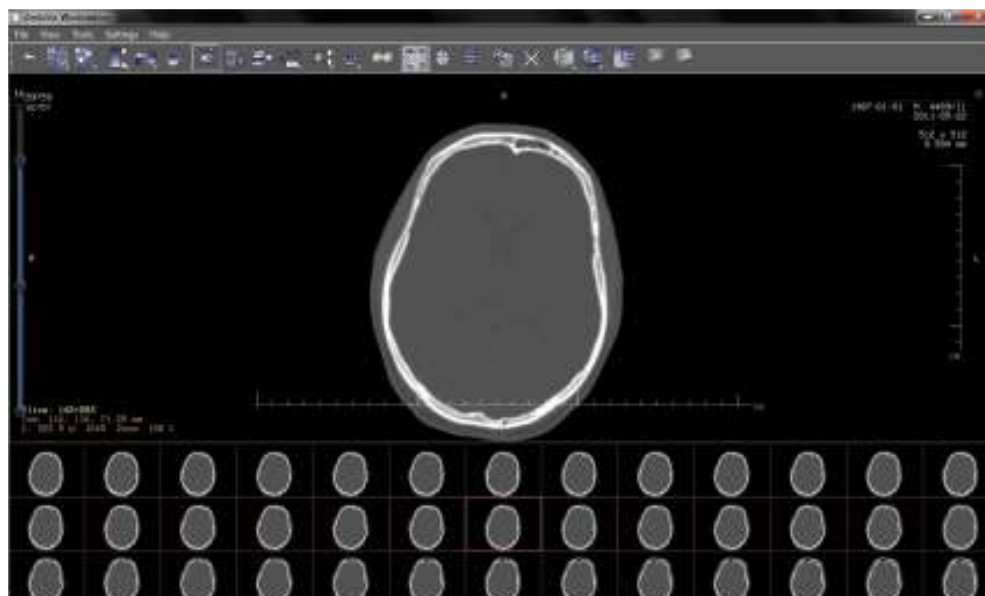
Εικόνα 5 35 Αξονική τομογραφία σπονδυλική στήλης σε προβολή άξονα (axial) σε δύο διαστάσεις που έχει υποστεί επεξεργασία αντίθεσης, sharpening φίλτρο και αφαίρεση οστών.

Στο επίπεδο των τριών διαστάσεων ο χρήστης έχει περισσότερες επιλογές. Αρχικά, πέρα από την τρισδιάστατη προβολή των τομών (axial, coronal, sagittal) μπορεί να διαμορφώσει το πλάτος και το μήκος του παραθύρου προβολής αλλά και το είδος της απεικόνισης. Για την παρακάτω επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε μια εξέταση αξονικής τομογραφίας εγκεφάλου. Έτσι, το είδος που επιλέχθηκε ήταν το Brain (εγκέφαλος) (ίδιες επιλογές έχουν όλοι οι DICOM Viewers που αναφέρθηκαν και στις παραπάνω παραγράφους).

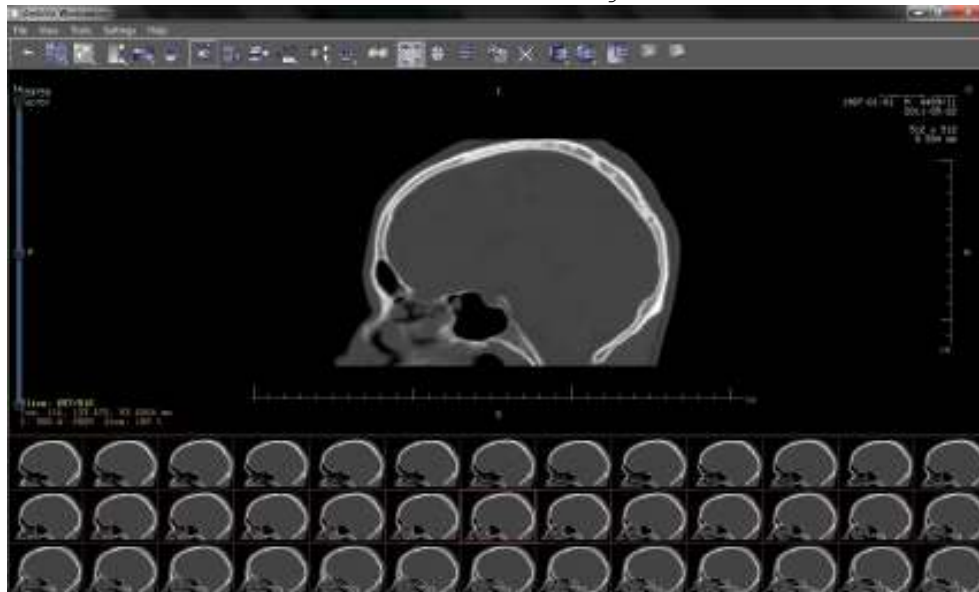


Εικόνα 5 36 Ρυθμίσεις παραθύρου σε τρισδιάστατο επίπεδο αξονικής τομογραφίας εγκεφάλου

Έπειτα, υπάρχει η δυνατότητα να εμφανιστούν πολλαπλές εγκάρσιες τομές σε ένα παράθυρο με τη μορφή πλέγματος (grid) για κάθε ένα από τα τρία επίπεδα. Κάθε γραμμή και στήλη παρουσιάζει ένα slice (κομμάτι) της αξονικής τομογραφίας, δίνοντας έτσι την ικανότητα για σύγκριση ή πολλαπλή προβολή έως και ολόκληρη προβολή της εξέτασης του ίδιου οργάνου χωρίς να χρειάζεται ο χρήστης να μεταφέρεται από το ένα slice στο άλλο χειροκίνητα. Παρακάτω παρατίθενται τα πλέγματα των εικόνων για κάθε ένα από τα τρία επίπεδα προβολής (axial, coronal, sagittal).



Εικόνα 5 37 axial grid

Εικόνα 5 38 *coronal grid*Εικόνα 5 39 *sagittal grid*

Στη συνέχεια, ο χρήστης μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα χρησιμοποιώντας φίλτρα για ανίχνευση ακμών και αποθορυβοποιώντας την εικόνα. Το AmbiVU διαθέτει ενσωματωμένα φίλτρα για την αποβολή οποιουδήποτε θορύβου και για την ανίχνευση ακμών. Συγκεκριμένα, καθιστά ικανή την αποβολή του θορύβου με Gaussian Smooth φίλτρο και με Bilinear φίλτρο αλλά και την ανίχνευση των ακμών της εικόνας με τις μεθόδους Canny και Sobel, ρυθμίζοντας το κατώφλι και τον τελεστή, αντίστοιχα σε κάθε αλγόριθμο. Στη μέθοδο Canny μπορεί να γίνει και διπλή κατωφλίωση ρυθμίζοντας χειροκίνητα και τα δύο κατώφλια.

Το κατάλληλο κατώφλι βρίσκεται από το ιστογράμμο της εικόνας. Όταν υπάρχει αντίθεση φωτεινότητας μεταξύ φόντου και αντικειμένου το ιστογράμμο δημιουργεί κατανομές («βουνά»). Η κατάλληλη τιμή κατωφλίου βρίσκεται στις τιμές φωτεινότητας ανάμεσα σε δύο κατανομές. Το AmbiVU, αφού δεν περιέχει την εμφάνιση του ιστογράμματος, διαθέτει εργαλεία που επιλέγει ο χρήστης το κατώφλι χειροκίνητα, ελέγχοντας την εικόνα ταυτόχρονα, ώστε να καταλήξει σε εκείνο που ταιριάζει στην εικόνα.

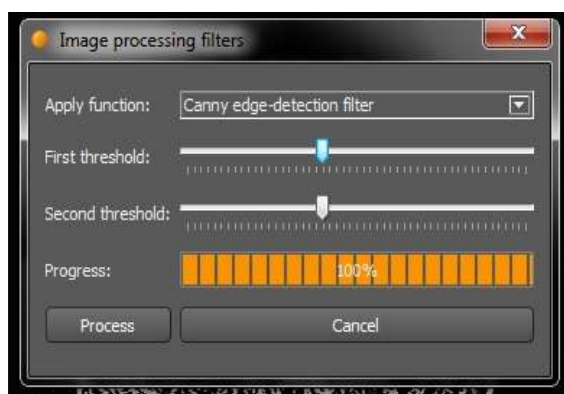
Η μέθοδος Canny είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος ανίχνευσης ακμών. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο εντοπίζονται οι ακμές εξετάζοντας τα τοπικά μέγιστα της κλίσης της εικόνας. Η μέθοδος

Canny χρησιμοποιεί δύο όρια, το ανώτατο και το κατώτατο (ή αλλιώς δυο κατώφλια), για την ανίχνευση δυνατών και αδύναμων ακμών. Περιλαμβάνει στην έξοδο τις αδύναμες ακμές μόνο εάν είναι συνδεδεμένες με κάποιο τρόπο με τις δυνατές. Αυτή η μέθοδος, συνεπώς, είναι λιγότερο εφικτό να «ξεγελαστεί» από το θόρυβο και πιο πιθανό να ανιχνεύσει αληθινές αδύναμες ακμές.

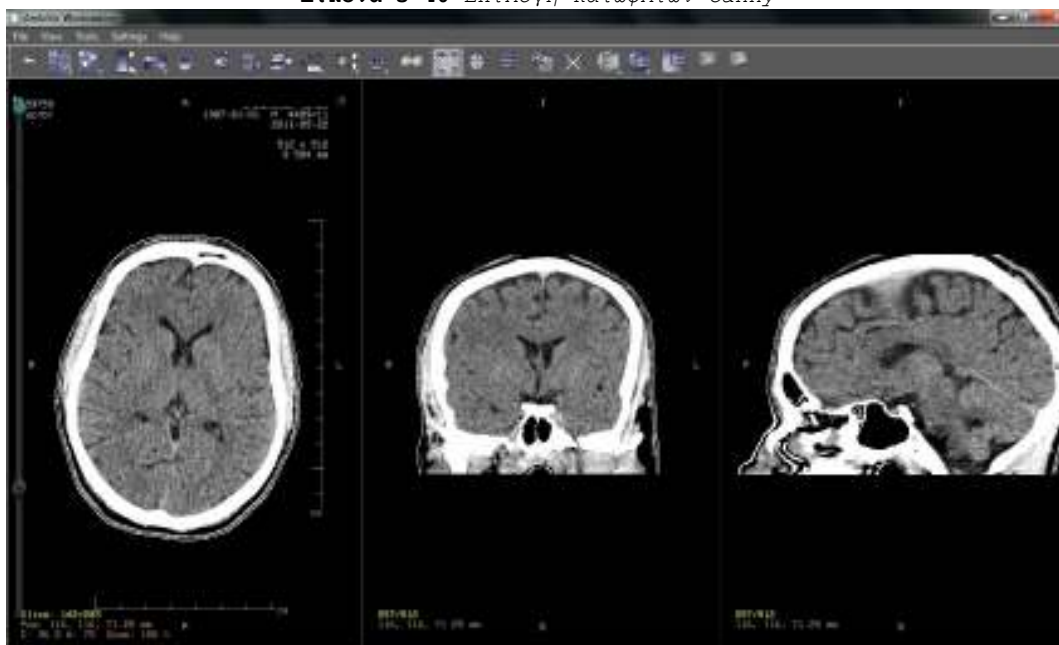
Η μέθοδος Sobel, αντίθετα, επιστρέφει και εξάγει τις ακμές στα σημεία όπου η κλίση της εικόνας είναι μέγιστη. Η κλίση της εικόνας υπολογίζεται με μαθηματικό τρόπο εισάγοντας κάποιες μάσκες στην εικόνα και συνελίσσοντάς την με αυτές. Η μέθοδος Sobel επειδή δε διαθέτει κατώφλια ανιχνεύει τις ακμές με βάση αυτήν την κλίση, η οποία ονομάζεται και αλλιώς τελεστής Sobel.

Με την εφαρμογή του φίλτρου Gaussian Smoothing η εικόνα έχει ως αποτέλεσμα να θολώσει. Το φίλτρο αυτό είναι ευρέως διαδεδομένο σε κάθε εφαρμογή που αφορά επεξεργασία εικόνας είτε αυτό πρόκειται για επεξεργασία απλών εικόνων είτε για ιατρικές εικόνες. Συνήθως με τη μείωση του θορύβου χρησιμοποιώντας αυτό το φίλτρο μειώνονται και αρκετές λεπτομέρειες γι' αυτό δε συνίσταται ιδιαίτερα στη επεξεργασία των ιατρικών εικόνων. Το οπτικό αποτέλεσμα αυτής της τεχνικής είναι ένα ομαλό θάμπωμα της εικόνας σαν αυτή να προβάλλεται μέσα από μια διαφανή οθόνη.

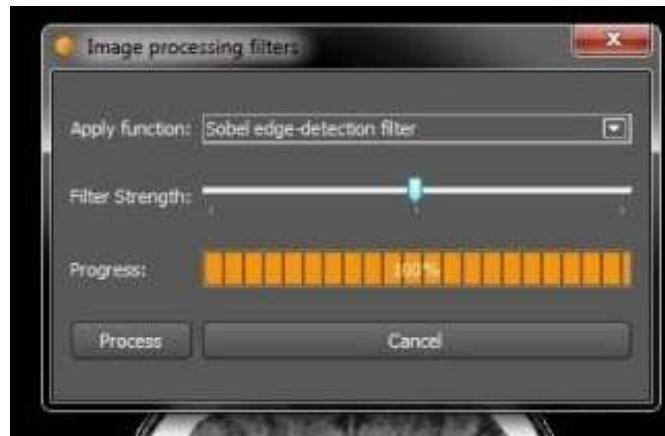
Το Bilinear φίλτρο είναι ένα φίλτρο υψής κατά το οποίο φιλτράρονται οι υφές της εικόνας που εμφανίζονται μεγαλύτερες ή μικρότερες από ότι πραγματικά είναι, δημιουργώντας και εδώ ένα ομαλό θάμπωμα έχοντας και εδώ μια ελάχιστη απώλεια πληροφορίας.



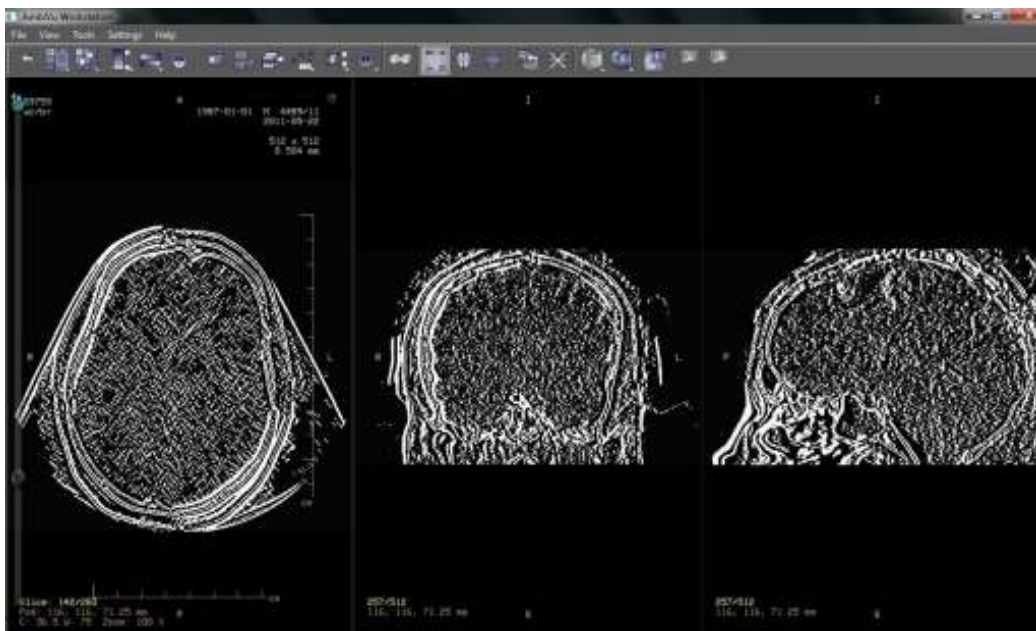
Εικόνα 5 40 Επιλογή κατωφλίων Canny



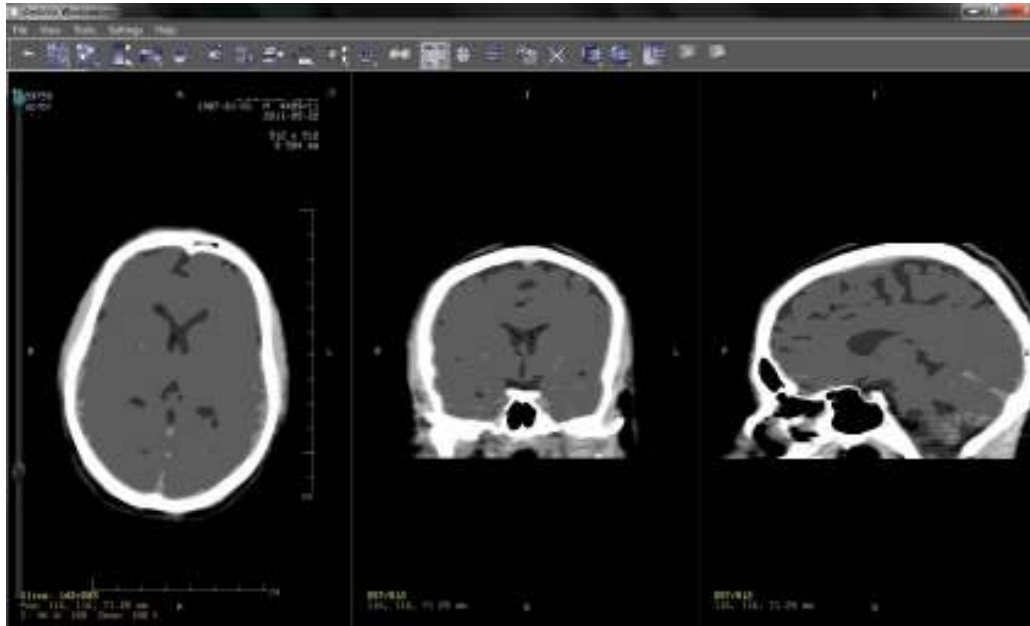
Εικόνα 5 41 Ανίχνευση ακμών με τη μέθοδο Canny



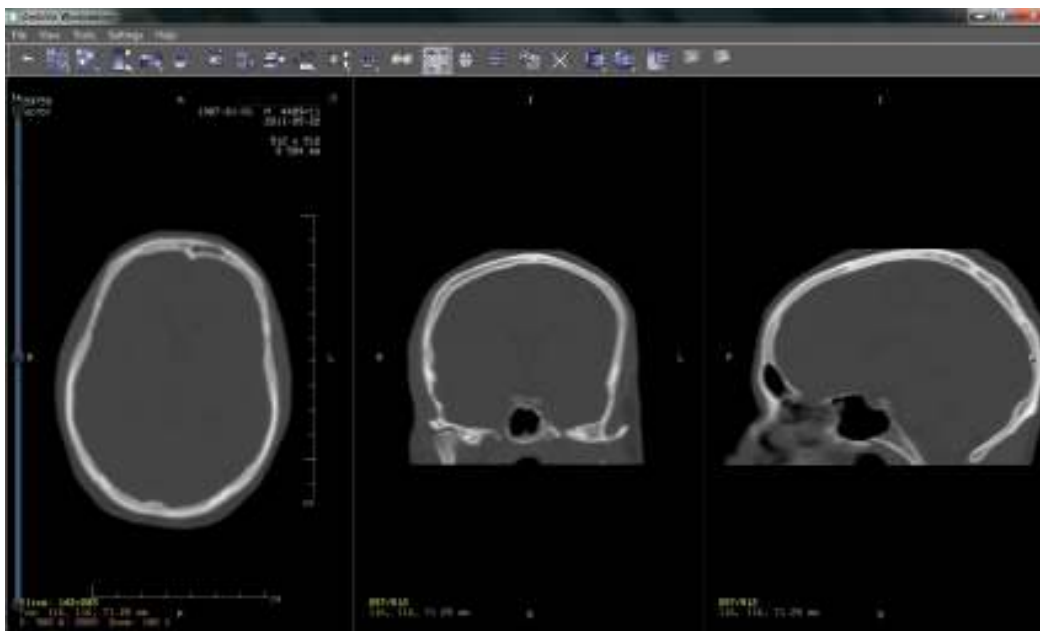
Εικόνα 5 42 Επιλογή τελειστή Sobel



Εικόνα 5 43 Ανίχνευση ακμών με τη μέθοδο Sobel



Εικόνα 5 44 Αποβολή θορύβου με *Bilinear* φίλτρο



Εικόνα 5 45 Αποβολή θορύβου με *Gaussian Smooth* φίλτρο

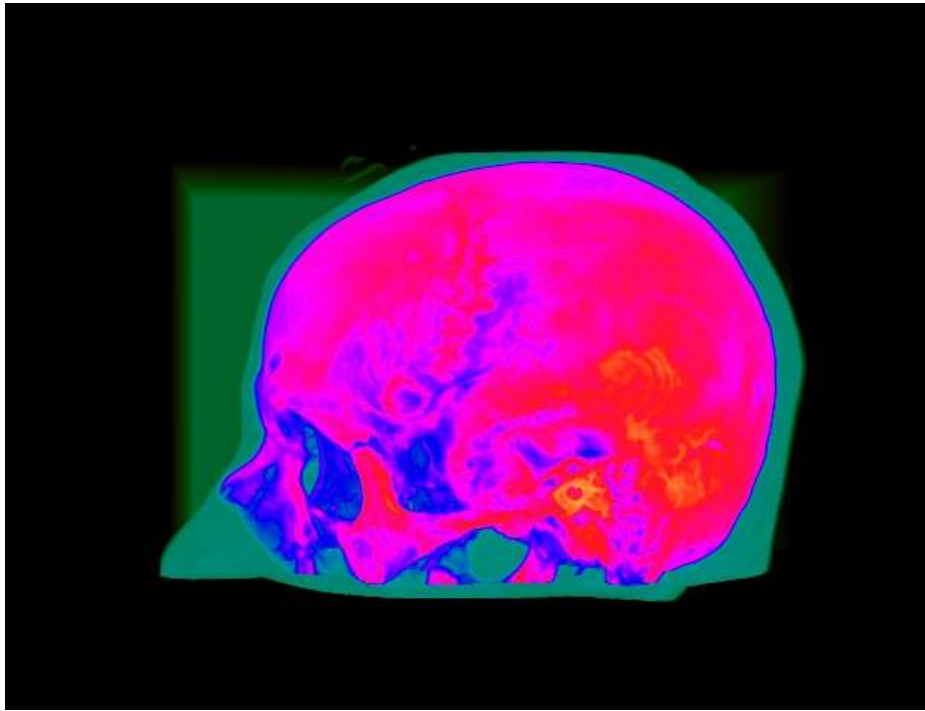
Δουλεύοντας στο τρισδιάστατο επίπεδο, ο χρήστης μπορεί να προβάλει την εικόνα σύμφωνα με τις τεχνικές που αναφέρθηκαν στον DICOM Viewer e-Film στην παραπάνω παράγραφο (Maximum Intensity Projection και Volume Rendering), εκτός από την τεχνική Simgramm, την οποία δεν υποστηρίζει το AmbiVU. Αντίθετα, υποστηρίζει την ορθογωνική τεχνική, κατά την οποία προβάλλονται ταυτόχρονα όλες οι πλευρές του οργάνου (axial, coronal, sagittal) σε μια εικόνα. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα ο χρήστης να προσθέσει επιφάνεια (Surface Rendering) στην τρισδιάστατη απεικόνιση του οργάνου έχοντας την αίσθηση εμφάνισης του δέρματος πάνω από τα οστά, ώστε να έχει μια περισσότερο προσαρμοσμένη στα πραγματικά δεδομένα εικόνα. Είναι αναγκαίο να σημειωθεί, πως βασική επεξεργασία σε μια τέτοια εικόνα είναι η περικοπή κάποιων τμημάτων ώστε μέσα από αυτά να εμφανίζεται το εσωτερικό της τομής του οργάνου. Αυτή η περικοπή διευκολύνει ιδιαίτερα τους ιατρούς αλλά και κάθε άλλο χρήστη ώστε να γίνεται αντιληπτή η θέση κάθε χαρακτηριστικού της τομής καθώς επίσης και «ελαττώματα» που μπορεί να υπάρχουν.

Όσον αφορά στην αξονική τομογραφία εγκεφάλου, η οποία χρησιμοποιήθηκε καθ' όλη την επεξεργασία με τη χρήση του AmbiVU, η περικοπή αυτή μπορεί να δώσει στοιχεία της εσωτερικής τομής του εγκεφάλου αλλά και θραύσματα που μπορεί να υπέστη ο ασθενής, λόγω της εμφάνισης των κρανιακών οστών με σαφή και παραστατικό τρόπο.

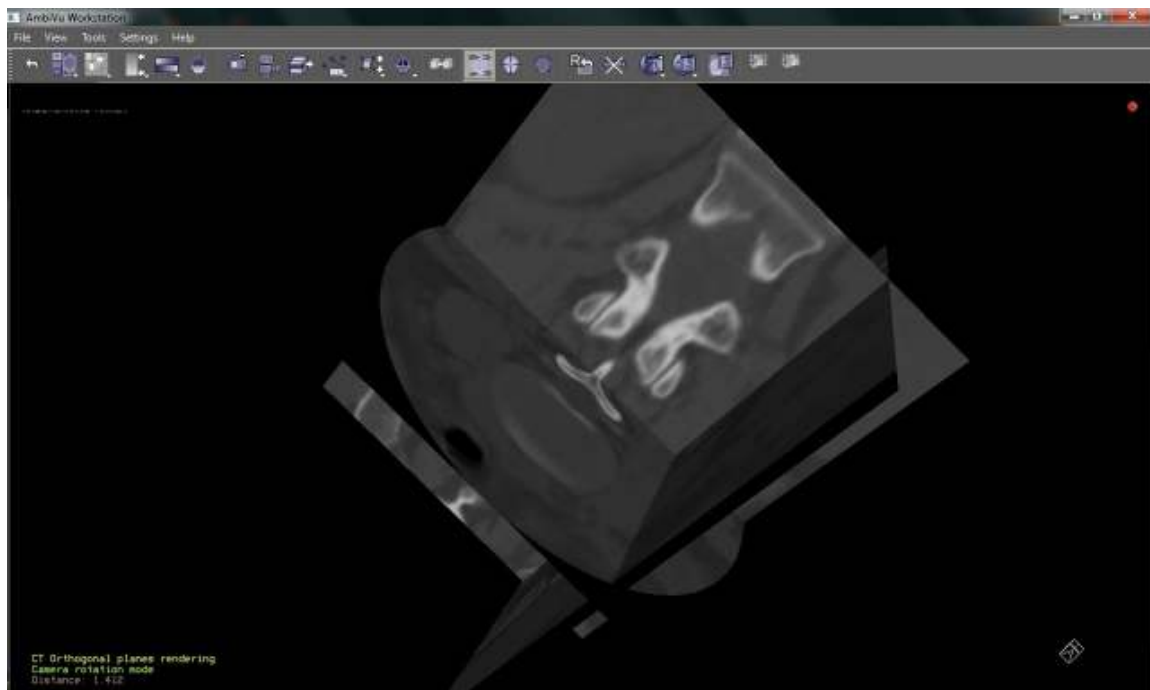
Τέλος, ο χρήστης μπορεί να εμφανίζει όλες τις τρισδιάστατες εικόνες, που του παρέχονται από το λογισμικό απεικόνισης και επεξεργασίας ιατρικών εικόνων AmbiVU, σε ένα παράθυρο καθώς επίσης και την επικεφαλίδα DICOM, η οποία περιέχει όλες τις δυνατές πληροφορίες που αφορούν την εξέταση και την εικόνα.



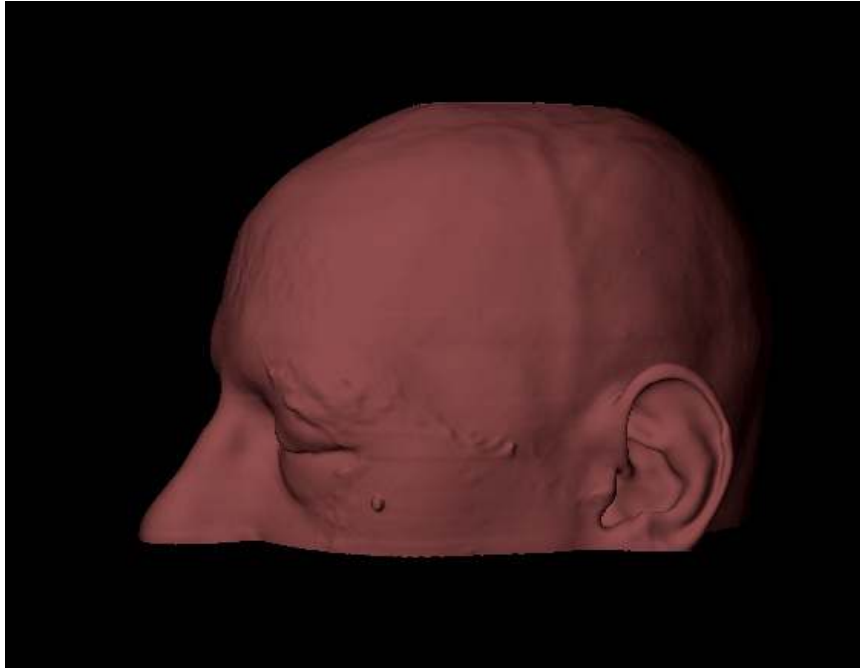
Εικόνα 5 46 Πολλαπλή απεικόνιση των τρισδιάστατων εικόνων σε αξονική τομογραφία εγκεφάλου



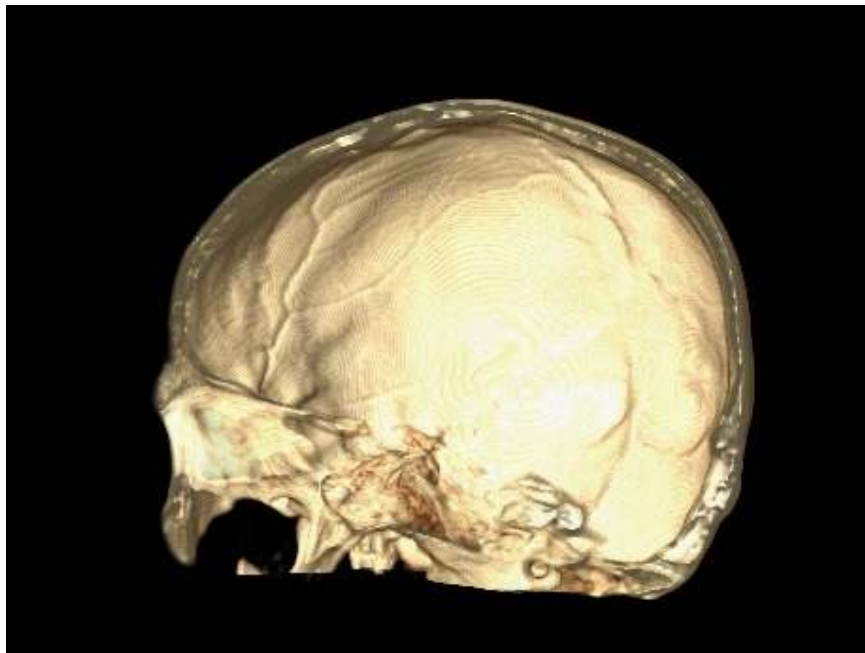
Εικόνα 5 47 Τεχνική τρισδιάστατης απεικόνισης Maximum Intensity Rendering



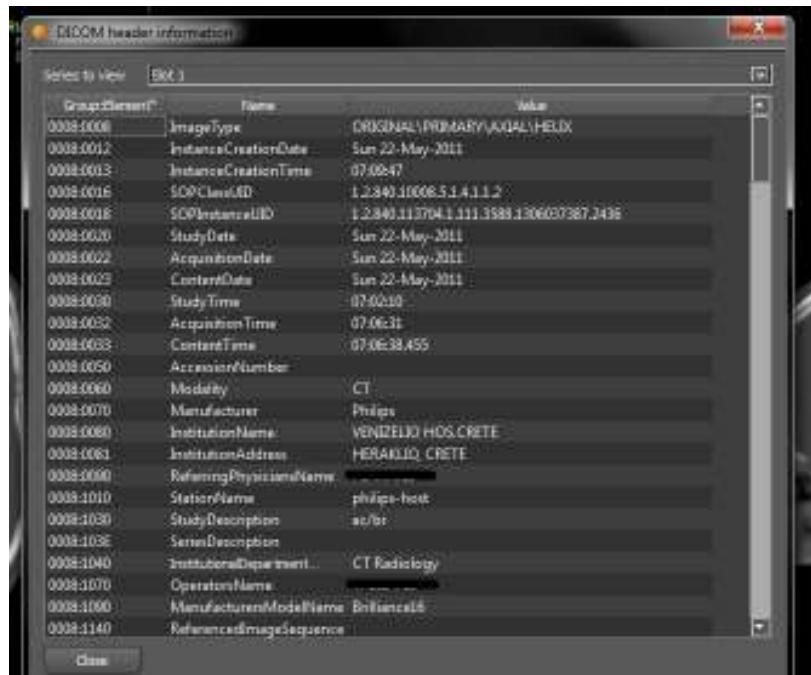
Εικόνα 5 48 Ορθογωνική προβολή τρισδιάστατων εικόνων



Εικόνα 5 49 *Surface Rendering*



Εικόνα 5 50 Περικοπή πλάγιου κρανιακού οστού για προβολή του εσωτερικού του εγκεφάλου



Εικόνα 5 51 DICOM header

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΡΑΦΙΚΗΣ
ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΧΡΗΣΤΗ ΣΕ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΑΤΛΑΒ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο δίνεται η Γραφική Διεπαφή Χρήστη που δημιουργήθηκε σε περιβάλλον MATLAB με σκοπό να μπορεί ο χρήστης να προβάλλει και να επεξεργαστεί ιατρικές εικόνες χρησιμοποιώντας τις βασικές τεχνικές που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 3. Αυτή η διεπαφή αποτελεί έναν απλό DICOM Viewer. Επεξηγείται η λειτουργία του σε επίπεδο δύο διαστάσεων, ενώ αναλύεται και μια δεύτερη Διεπαφή που είναι κατάλληλη για εμφάνιση των εικόνων σε τρισδιάστατη απεικόνιση. Η δεύτερη, αυτή, Διεπαφή που εφαρμόστηκε, διατίθεται ελεύθερα στο διαδίκτυο στην ιστοσελίδα του MATLAB και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε το επιθυμεί.

Η Γραφική Διεπαφή Χρήστη (Graphical User Interface- GUI) είναι ένα πρόγραμμα Διεπαφής που ενσωματώνει τις γραφικές ικανότητες του υπολογιστή σε εφαρμογές, οι οποίες το καθιστούν ευκολότερο να χρησιμοποιηθεί. Γραφική Διεπαφή χρήστη θεωρείται οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα των Windows. Ο χρήστης αλληλεπιδρά με τις ηλεκτρονικές συσκευές μέσω ενός GUI, το οποίο περιέχει εικόνες, κουμπιά, οπτικούς δείκτες, ετικέτες εντολών ή ένα κείμενο καθοδήγησης, τα οποία δίνουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και όλες τις δυνατές πράξεις του χρήστη.

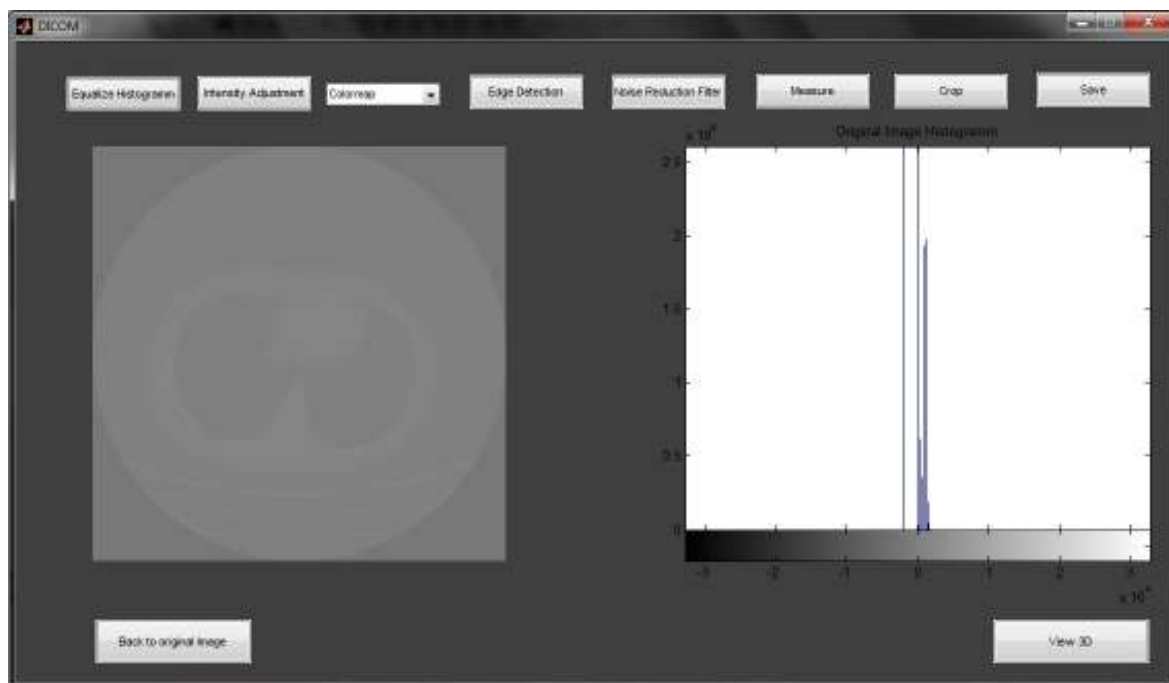
Το MATLAB είναι ένα σύγχρονο ολοκληρωμένο μαθηματικό λογισμικό πακέτο που χρησιμοποιείται σε πανεπιστημιακά μαθήματα αλλά και ερευνητικές και άλλες εφαρμογές με επιστημονικούς υπολογισμούς (scientific computing). Το όνομά του προέρχεται από τα αρχικά γράμματα των λέξεων MATrix LABoratory (εργαστήριο πινάκων). Το MATLAB είναι ένα διαδραστικό (interactive) πρόγραμμα για αριθμητικούς υπολογισμούς και οπτικοποίηση δεδομένων (data visualization) με δυνατότητες προγραμματισμού που το καθιστούν ένα ισχυρό και χρήσιμο εργαλείο στις μαθηματικές και φυσικές επιστήμες. Όπως υποδηλώνεται και από το όνομά του, το MATLAB είναι ειδικά σχεδιασμένο για υπολογισμούς με πίνακες, γι' αυτό και υποστηρίζει την επεξεργασία εικόνων ως ένα πίνακα με τιμές τις τιμές των pixel. Επιπλέον το πακέτο αυτό είναι εφοδιασμένο με πολλές επιλογές για γραφικά και προγράμματα γραμμένα στη δική του γλώσσα προγραμματισμού. Η γλώσσα προγραμματισμού του MATLAB δίνει την ευχέρεια στον χρήστη να το επεκτείνει με δικά του προγράμματα.

6.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΡΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η Γραφική Διεπαφή δημιουργήθηκε σε περιβάλλον MATLAB και δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να επεξεργαστεί μια ιατρική εικόνα. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από μια σειρά εντολών την επεξεργασία που θέλει να υποβάλει στην εικόνα και είναι οι εξής:

- Προβολή πρωτότυπης εικόνας και ιστογράμματός της
- Εξισορρόπηση ιστογράμματος
- Αλλαγή της αντίθεσης
- Αλλαγή χρώματος μέσα από μια λίστα επιλογών
- Ανίχνευση ακμών με μεθόδους Canny, Sobel και Prewitt
- Αποβολή θορύβου
- Εργαλείο μέτρησης παραμέτρων σημείων ενδιαφέροντος (Measure)
- Αποκοπή εικόνας
- Προβολή σε τρισδιάστατο επίπεδο
- Αποθήκευση σε διαφορετικό μορφότυπο (format)

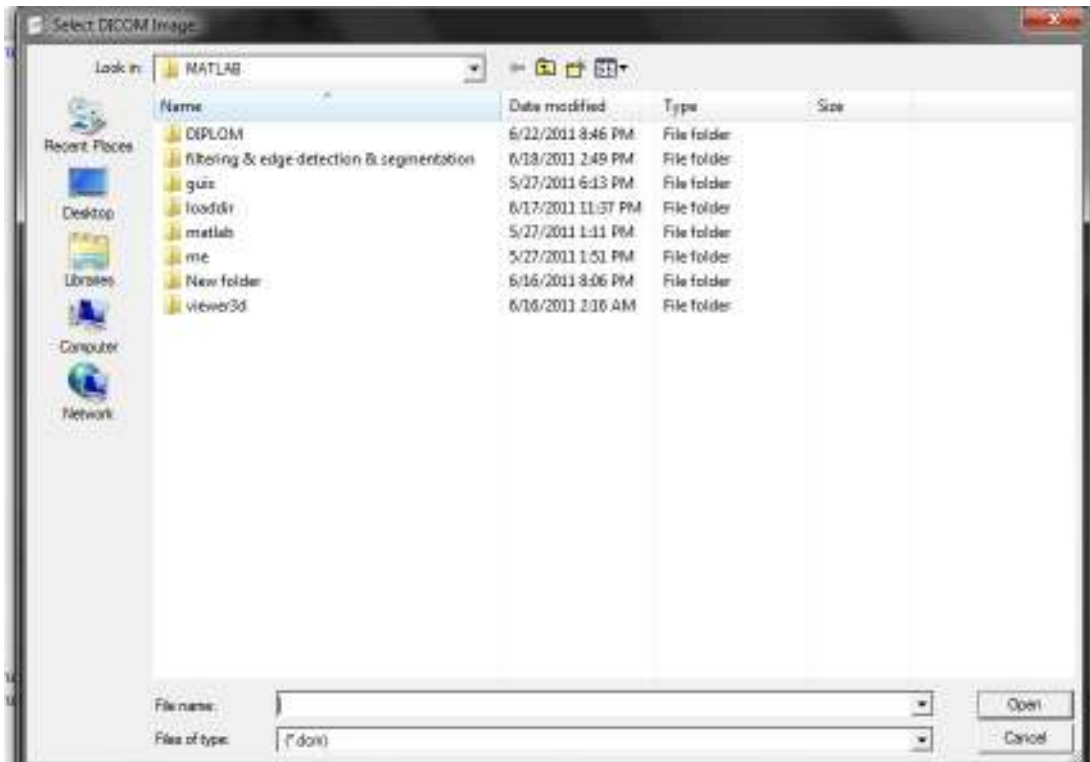
Στην εικόνα που ακολουθεί δίνεται η ολοκληρωμένη μορφή της Διεπαφής.



Εικόνα 6 1 Γραφική Διεπαφή Χρήστη για προβολή και επεξεργασία εικόνων DICOM

Με την εκκίνηση της εφαρμογής, εμφανίζεται αυτόματα ένα παράθυρο αναζήτησης, με το οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την εικόνα που θέλει να εμφανίσει από οποιοδήποτε σημείο βρίσκεται αυτή μέσα στον υπολογιστή του, αρκεί βέβαια, η εικόνα να είναι της μορφής DICOM και να έχει, συνεπώς, την κατάληξη .dcm. Η εφαρμογή δεν επιτρέπει την εισαγωγή άλλης μορφής εικόνας παρά μόνο όσες εικόνες διαθέτουν την παραπάνω κατάληξη. Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν επιθυμεί να «τρέξει» την εφαρμογή, μπορεί να ακυρώσει τη λειτουργία πατώντας το κουμπί cancel.

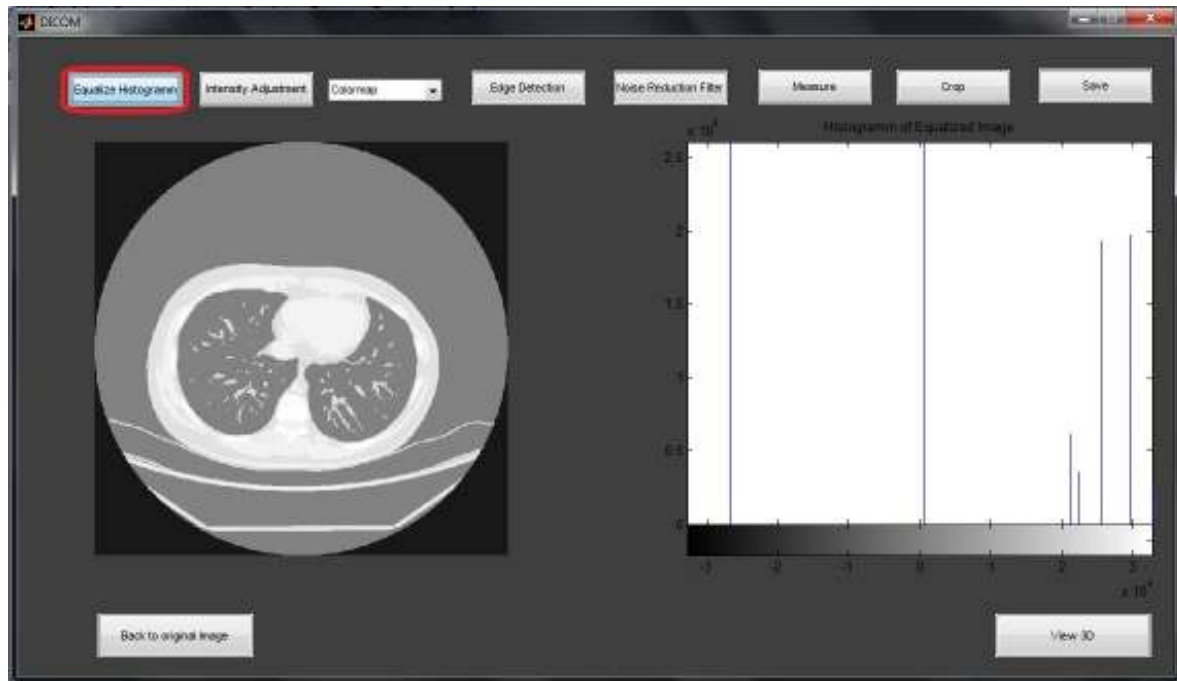
Η επεξεργασία σε αυτή τη Γραφική Διεπαφή Χρήστη γίνεται πατώντας κουμπιά, στα οποία αναγράφεται πάνω η τεχνική που εφαρμόζεται στο καθένα από αυτά και έτσι αλληλεπιδρά με τις ανάλογες εντολές, οι οποίες είναι συναρτήσεις που περιέχουν εντολές επεξεργασίας εικόνας. Αντίστοιχα, για τη διαμόρφωση του χρώματος χρησιμοποιήθηκε μια λίστα επιλογών, από τις οποίες κάθε μια αντιδρά στο ανάλογο χρώμα που αναγράφει. Ακόμη, για την τρισδιάστατη προβολή των ιατρικών εικόνων χρησιμοποιήθηκε μια άλλη, ανοιχτού κώδικα Γραφική Διεπαφή Χρήστη, η οποία έχει δημιουργηθεί και αυτή σε περιβάλλον και σε γλώσσα προγραμματισμού MATLAB και είναι ελεύθερη στο διαδίκτυο για οποιονδήποτε επιθυμεί να τη χρησιμοποιήσει.



Εικόνα 6 2 Παράθυρο αναζήτησης εικόνας

Αφού επιλεγθεί η εικόνα, εμφανίζεται στο αριστερό πλαίσιο ενώ το ιστόγραμμα της στο δεξιό (όπως ακριβώς φαίνεται στην εικόνα 6.1). Ο χρήστης, πλέον, έχει στη διάθεσή του την εικόνα και μπορεί να ξεκινήσει την επεξεργασία.

Έστω ότι επιλέχθηκε μια εικόνα αξονικής τομογραφίας κοιλιακής χώρας. Αρχικά, πατώντας το κουμπί «Equalize Histogramm» γίνεται εξισορρόπηση ιστογράμματος, με την οποία βελτιώνεται η εικόνα από τις κακές συνθήκες φωτισμού που μπορεί να έχουν προέλθει από τη συσκευή απεικόνισης, μεταβάλλοντας τις τιμές των αποχρώσεων των εικονοστοιχείων της ώστε να αυξηθεί η αντίθεση. Η αρχική εικόνα που επιδέχθηκε επεξεργασία με εξισορρόπηση ιστογράμματος στο αριστερό πλαίσιο αντικαθίσταται από την νέα επεξεργασμένη εικόνα ενώ το ιστόγραμμα της εξισορροπημένης εικόνας εμφανίζεται στη θέση του παλαιού στο δεξιό πλαίσιο της Διεπιφάνειας (εικόνα 6.3).



Εικόνα 6 3 Εξισορρόπηση ιστογράμματος

Πάνω στην εξισορροπημένη εικόνα γίνεται η επόμενη επεξεργασία. Με το κουμπί «Intensity Adjustment» γίνεται ρύθμιση της έντασης της φωτεινότητας της εικόνας. Σε μερικές περιπτώσεις η ρύθμιση αυτή δεν επιφέρει καμία αλλαγή, ή προκαλεί μια ελάχιστη αλλαγή που μπορεί να μην είναι δυνατό να αντιληφθεί στην εικόνα σε σχέση με την εικόνα που έχει υποστεί εξισορρόπηση ιστογράμματος λόγω του ότι και στις δύο περιπτώσεις εκείνο που μεταβάλλεται είναι η αντίθεση. Αφού, λοιπόν, τροποποιηθεί η αντίθεση με το κουμπί Intensity Adjustment, η προηγούμενη εξισορροπημένη εικόνα παρουσιάζεται στην ίδια θέση (αριστερό πλαίσιο) ενώ η νέα επεξεργασμένη εικόνα με αντίθεση προβάλλεται στο δεξιό πλαίσιο παίρνοντας τη θέση που ήταν πριν το ιστογράμμο (εικόνα 6.4).



Εικόνα 6 4 Αξονική τομογραφία κοιλιακής χώρας που έχει υποστεί επεξεργασία με αντίθεση

Στη συνέχεια, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μέσα από μια αναδυόμενη λίστα το χρώμα που επιθυμεί να προβάλει τις εικόνες. Οι επιλογές που έχει προσφέρονται μέσα από ένα χάρτη χρωμάτων του MATLAB και είναι οι εξής: bone, cool, hot, hsv, gray, lines και black & white.

Η επιλογή bone είναι ένα χρώμα κλίμακας του γκρι που δίνει υψηλότερη βαρύτητα στο μπλε στοιχείο και είναι χρήσιμο για την προσθήκη μιας «ηλεκτρονικής» ματιάς σε εικόνες κλίμακας του γκρι, ενώ το gray επιστρέφει μια γραμμική κλίμακα του γκρι.

Η επιλογή cool αποτελείται από τα χρώματα που είναι αποχρώσεις κυανού χρώματος και ματζέντας. Στην εικόνα διαβαθμίζεται ομαλά το χρώμα από το κυανό στην ματζέντα. Αντίθετα, η επιλογή hot διαβαθμίζεται ομαλά από το μαύρο χρώμα μέσα από αποχρώσεις του κόκκινου, κίτρινου και πορτοκαλί προς το άσπρο.

Στην επιλογή hsv ποικίλει το στοιχείο της απόχρωσης μέσα από το μοντέλο απόχρωσης-κορεσμός του MATLAB. Τα χρώματα ξεκινούν από το κόκκινο, περνούν μέσα από το κίτρινο, πράσινο, κυανό, μπλε και ματζέντα και επιστρέφουν ξανά στο κόκκινο. Αυτή η επιλογή είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την επίδειξη περιοδικών συναρτήσεων.

Η επιλογή lines παράγει ένα χάρτη χρωμάτων από χρώματα που καθορίζονται από την ιδιότητα ColorOrder του MATLAB και από αποχρώσεις του γκρι.

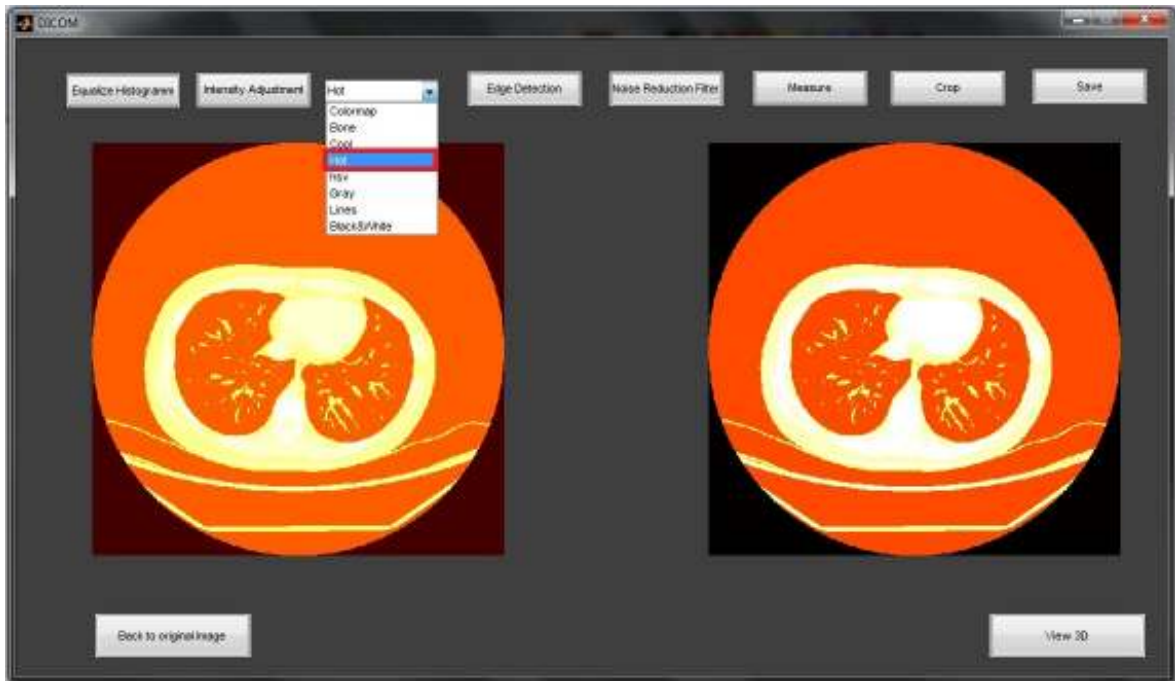
Τέλος, αν ο χρήστης επιλέξει την απόχρωση του ασπρόμαυρου στοιχείου, black & white, αντιδρά με μια εντολή επεξεργασίας εικόνας του MATLAB, κατά την οποία μεταβάλλει το χρώμα της προηγούμενης επεξεργασμένης εικόνας με αντίθεση σε ασπρόμαυρο. Έτσι, στο αριστερό πλαίσιο φαίνεται ακόμη η επεξεργασμένη εικόνα με εξισορρόπηση ιστογράμματος ενώ στο δεξιό πλαίσιο φαίνεται η ασπρόμαυρη εικόνα. Η διαφορά είναι ότι στις προηγούμενες αποχρώσεις που επιλέγει ο χρήστης γίνεται ταυτόχρονη αλλαγή και στις δύο εικόνες (εξισορροπημένη και επεξεργασμένη με αντίθεση) ενώ στην τελευταία επιλογή η αλλαγή γίνεται μόνο στην τελευταία επεξεργασία. Παρακάτω προβάλλονται όλες οι εικόνες με τις διαφορετικές αποχρώσεις.



Εικόνα 6 5 Επιλογή απόχρωσης bone



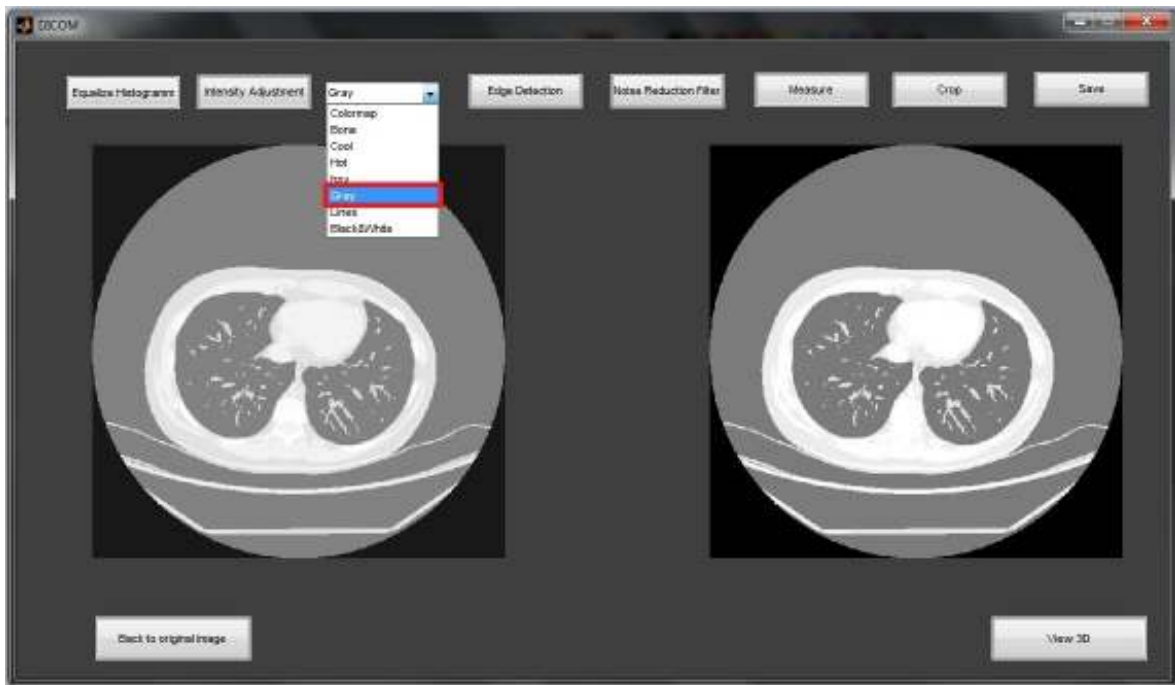
Εικόνα 6 6 Επιλογή απόχρωσης cool



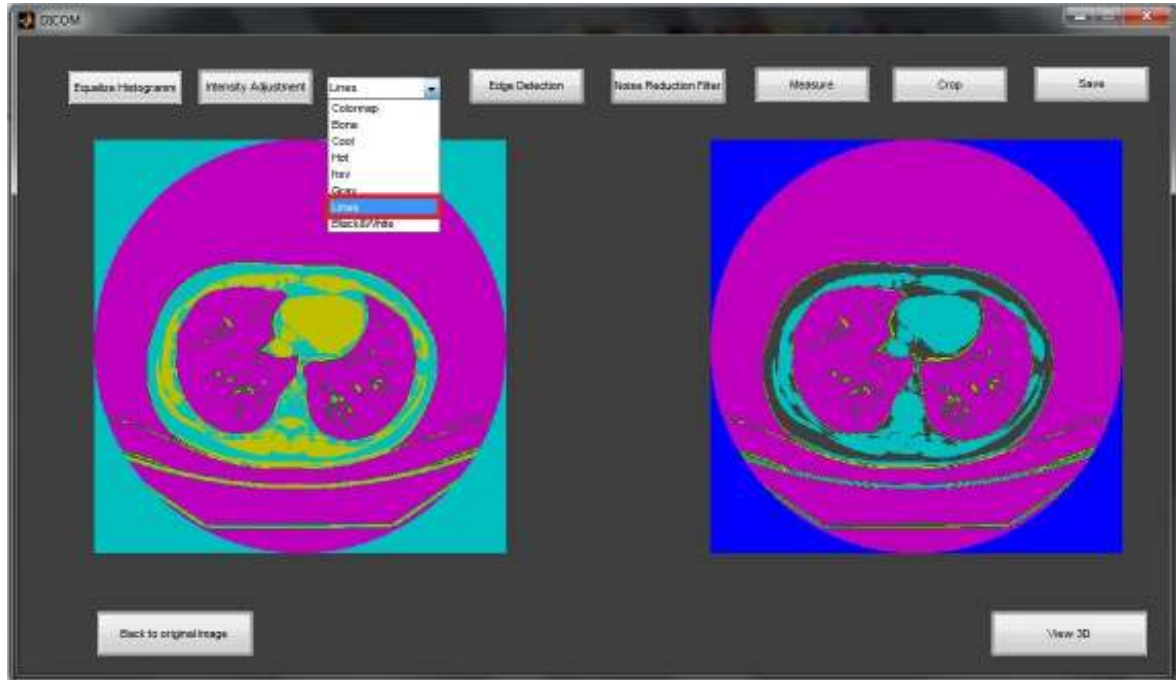
Εικόνα 6 7 Επιλογή απόχρωσης hot



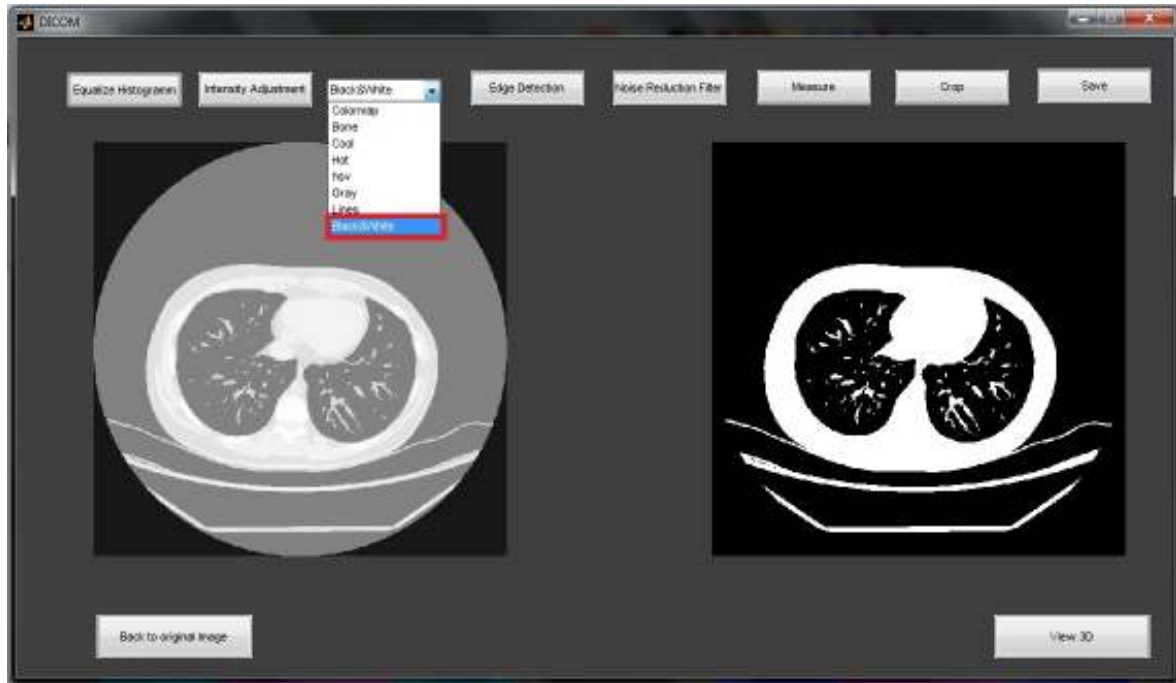
Εικόνα 6 8 Επιλογή απόχρωσης hsv



Εικόνα 6 9 Επιλογή απόχρωσης gray



Εικόνα 6 10 Επιλογή απόχρωσης lines



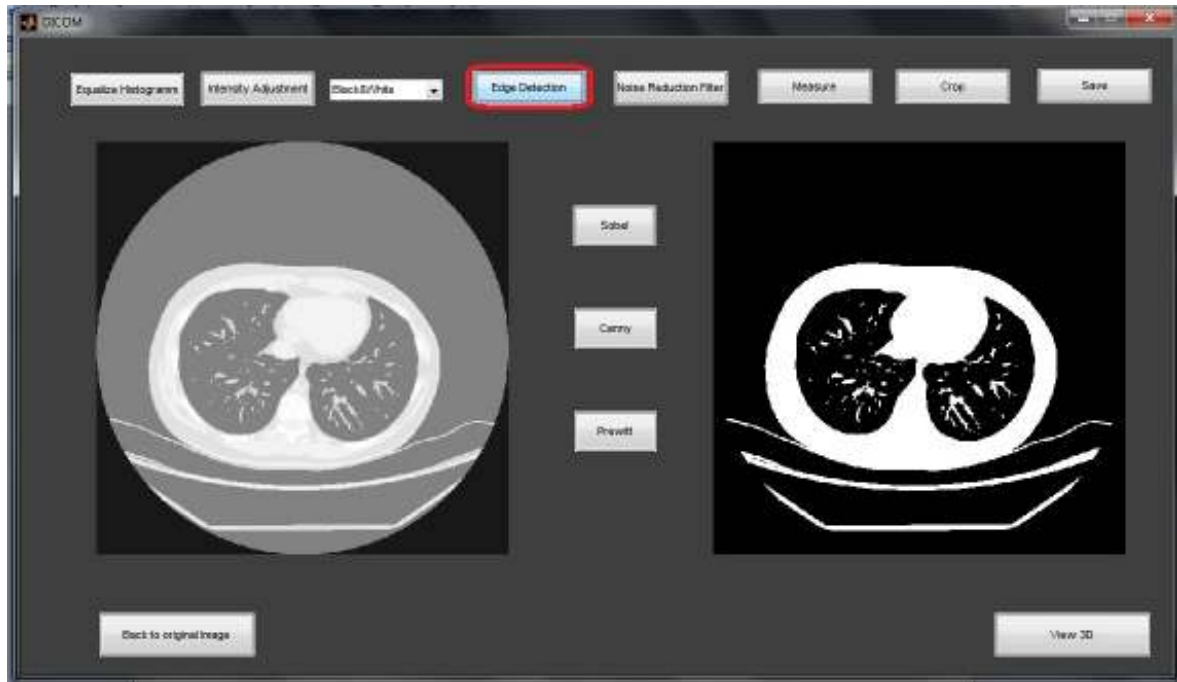
Εικόνα 6 11 Επιλογή απόχρωσης black & white

Η επόμενη επεξεργασία είναι η ανίχνευση των ακμών της εικόνας. Για να συμβεί αυτό, ο χρήστης πρέπει να πατήσει το κουμπί με την ονομασία «Edge Detection». Μόλις πατηθεί αυτό το κουμπί εμφανίζονται άλλα τρία κουμπιά, με τα οποία γίνεται η ανίχνευση ακμών με τις κατάλληλες μεθόδους. Οι μέθοδοι που παρέχονται σε αυτή τη Διεπιφάνεια Χρήστη είναι οι: Sobel, Canny και Prewitt. Οι δύο πρώτες μέθοδοι αναπτύχθηκαν αναλυτικά στο κεφάλαιο 5.

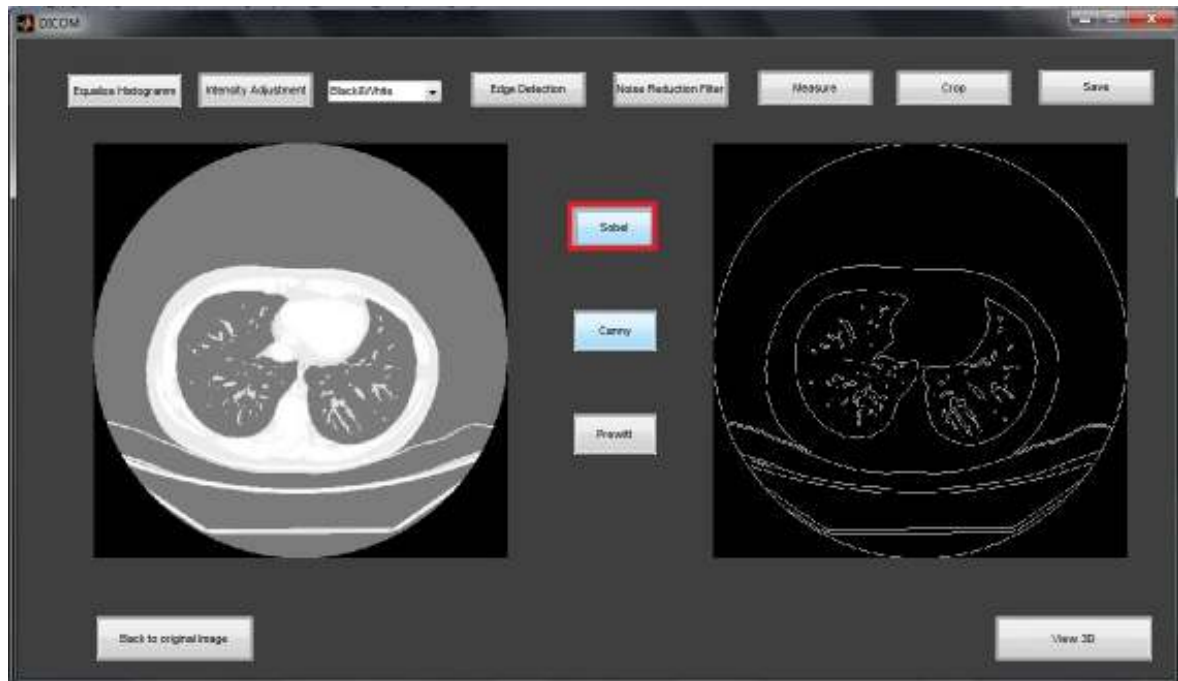
Η τρίτη μέθοδος πρόκειται για μια μέθοδο επεξεργασίας εικόνων στο πλαίσιο των αλγορίθμων για την ανίχνευση ακμών. Τεχνικά, είναι μια διακριτή λειτουργία διαφοροποίησης, που υπολογίζει κατά προσέγγιση την κλίση της αντίθεσης της εικόνας. Σε κάθε σημείο στην εικόνα το

αποτέλεσμα του τελεστή Prewitt είναι είτε το αντίστοιχο διάνυσμα κλίσης είτε ο κανόνας αυτού του διανύσματος. Ο τελεστής Prewitt βασίζεται στη συνέλιξη της εικόνας με ένα μικρό, διαχωριζόμενο και ακέραιο φίλτρο σε οριζόντια και κάθετη κατεύθυνση. Έτσι, ανιχνεύει ακμές κάθετες αλλά και οριζόντιες. Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 5, η κλίση της εικόνας υπολογίζεται με μαθηματικό τρόπο εισάγοντας κάποιες μάσκες στην εικόνα και συνελίσσοντάς την με αυτές. Η κλίση αυτή ονομάζεται αλλιώς και τελεστής Prewitt.

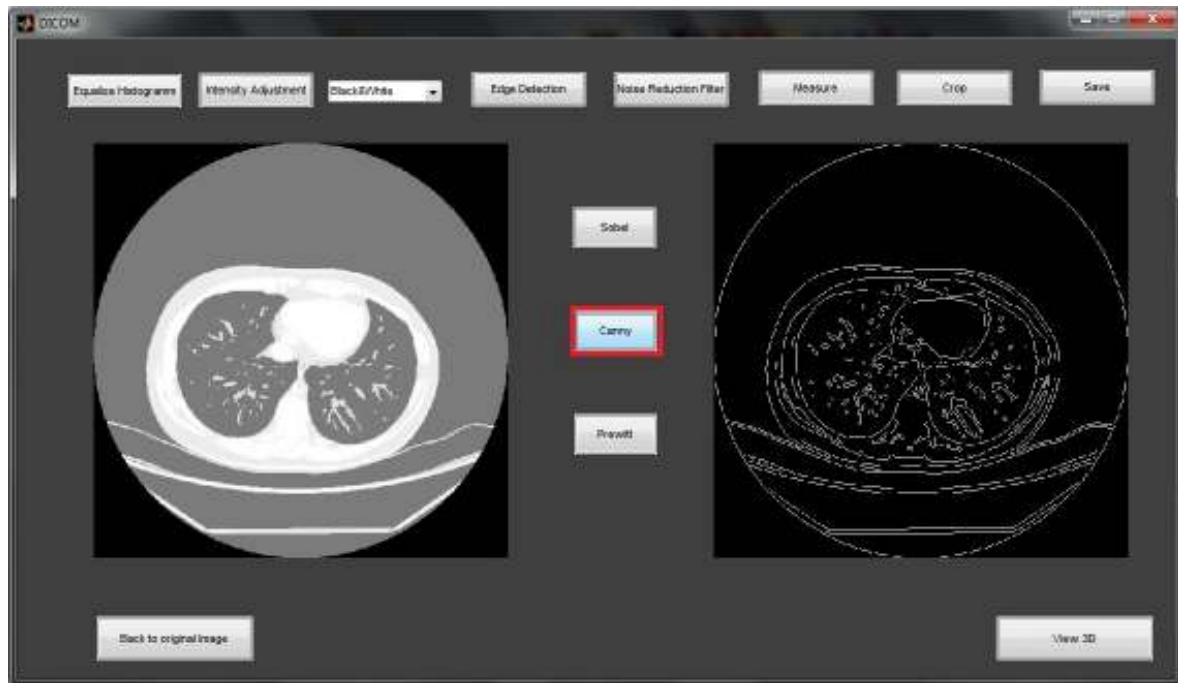
Το αποτέλεσμα κάθε μεθόδου από αυτές φαίνεται στο δεξιό πλαίσιο της Διεπαφής ενώ η προηγούμενη επεξεργασμένη με αντίθεση εικόνα, η οποία επιδέχεται της επεξεργασία ανίχνευσης ακμών, μεταφέρεται στο αριστερό πλαίσιο. Τα αποτελέσματα αυτών των μεθόδων φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



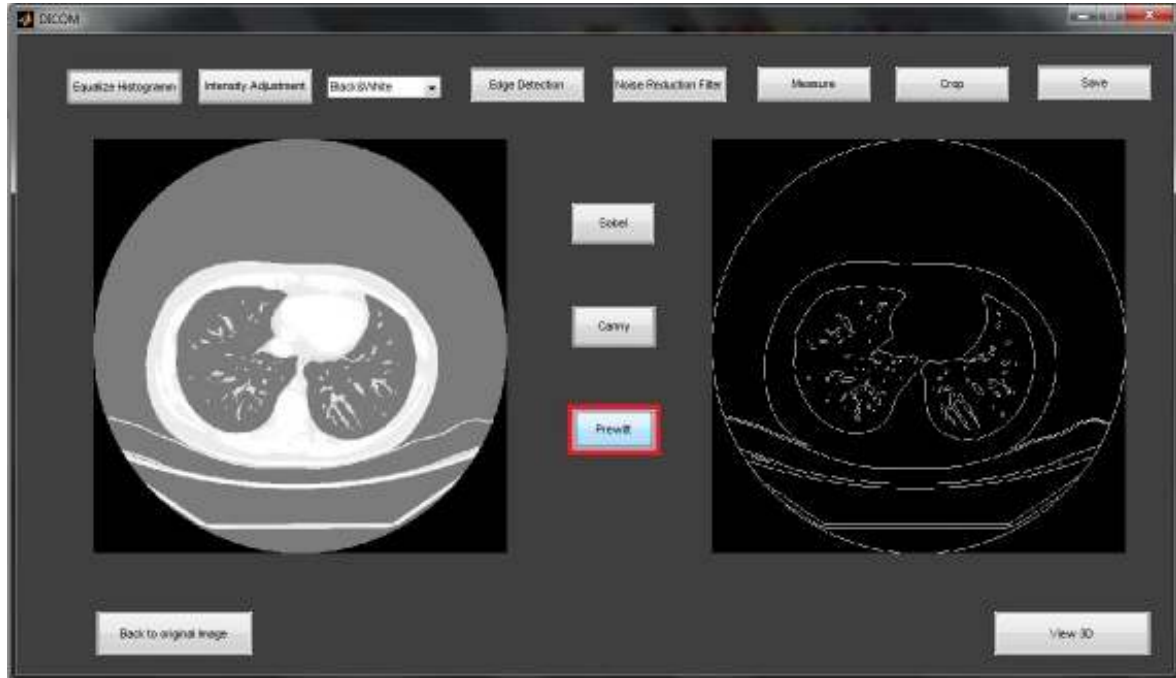
Εικόνα 6 12 Εμφάνιση των κουμπιών με τις μεθόδους ανίχνευσης ακμών πατώντας το κουμπί Edge Detection



Εικόνα 6 13 Αποτέλεσμα μεθόδου Sobel



Εικόνα 6 14 Αποτέλεσμα μεθόδου Canny



Εικόνα 6 15 Αποτέλεσμα μεθόδου Prewitt

Η αποβολή του θορύβου είναι πολύ σημαντική για τη βελτίωση της εικόνας και την καλύτερη παρουσίασή της. Έτσι, σε αυτή τη Γραφική Διεπιφάνεια ο χρήστης μπορεί να βελτιώσει την εικόνα αποβάλλοντας το θόρυβο πατώντας το κουμπί που φέρει την ονομασία «Noise Reduction». Το αποτέλεσμα της εικόνας αποβάλλοντας το θόρυβο προβάλλεται στο δεξιό πλαίσιο της Διεπαφής ενώ στο αριστερό παρουσιάζεται η προηγούμενη εικόνα που επιδέχθηκε την επεξεργασία. Το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται στην εικόνα 6.16.



Εικόνα 6 16 Αποβολή θορύβου σε αξονική τομογραφία κοιλιακής χώρας

Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα ο χρήστης να μπορεί να πάρει μετρήσεις από σημεία που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στα όργανα που απεικονίζονται. Στην τελευταία επεξεργασμένη εικόνα που παρουσιάζεται στο δεξιό πλαίσιο της Διεπαφής και πατώντας το κουμπί «Measure», εμφανίζεται μια ευθεία γραμμή, όπου κεντρικά υπάρχει ένα πλαίσιο όπου αναγράφεται ένας αριθμός μέτρησης. Ο χρήστης διαμορφώνει τη γραμμή αυτή στο σημείο που επιθυμεί να υπολογίσει.

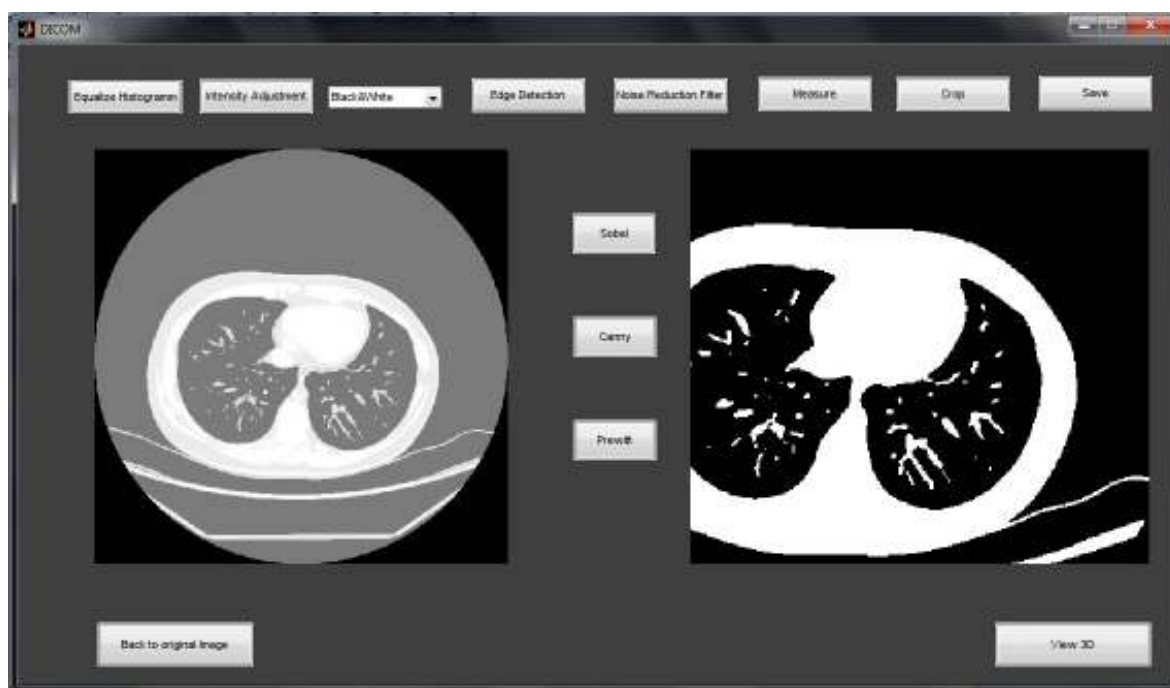


Εικόνα 6 17 Υπολογισμός σημείου

Ακόμη, ο χρήστης μπορεί να κάνει αποκοπή της εικόνας που βρίσκεται στο δεξίο πλαίσιο της Διεπαφής, οπουδήποτε επιθυμεί, ώστε να προβάλλει το σημείο που τον ενδιαφέρει περισσότερο και να επεξεργαστεί ή να αναλύσει μόνο το συγκεκριμένο αυτό σημείο. Με το κουμπί «Crop» εμφανίζεται αυτόματα ένα τετραγωνικό πλαίσιο, το οποίο διαμορφώνει ο χρήστης στο σημείο της εικόνας που επιθυμεί να περικόψει. Με το δεξί πλήκτρο του ποντικιού του υπολογιστή, στον οποίο γίνεται η επεξεργασία, παρουσιάζεται ένα μενού αποκοπής που μπορεί ο χρήστης να μεταβάλλει το χρώμα του πλαισίου, να αντιγράψει τη θέση εκείνη που έχει επιλέξει και να περικόψει την εικόνα με την επιλογή Crop Image. Η κομμένη εικόνα παρουσιάζεται στο δεξίο πλαίσιο της Διεπαφής.

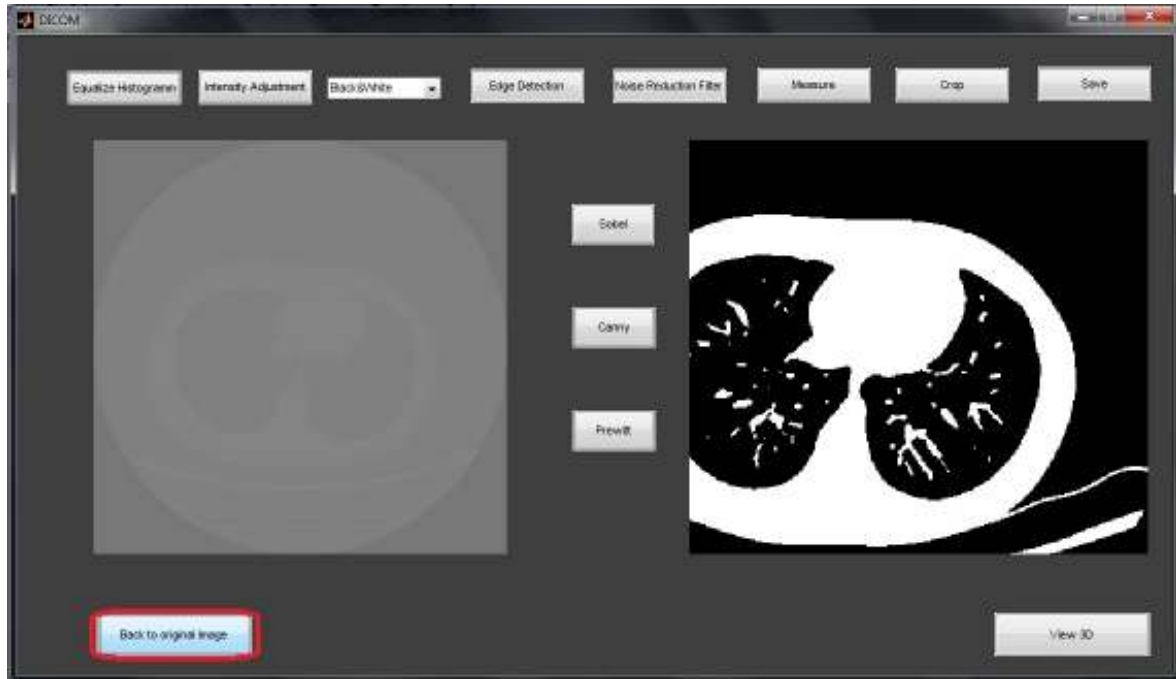


Εικόνα 6 18 Μενού και πλαίσιο περικοπής εικόνας

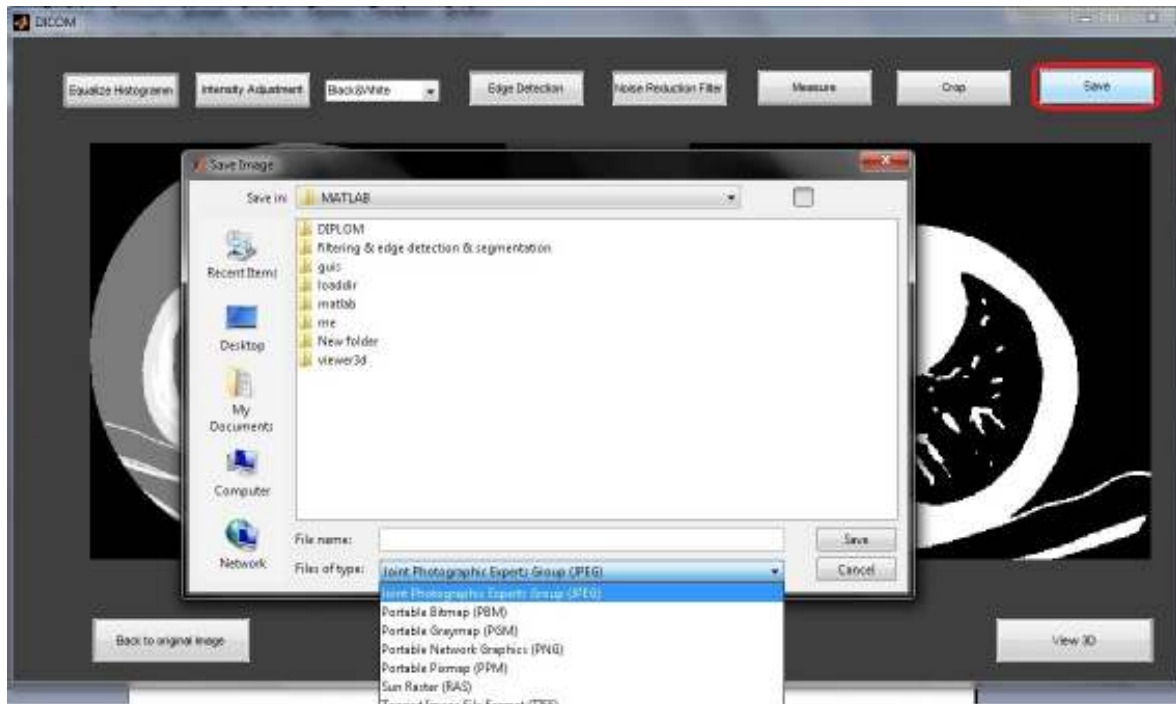


Εικόνα 6 19 Αποτέλεσμα περικοπής εικόνας αξονικής τομογραφίας κοιλιακής χώρας

Ο χρήστης έχει την ικανότητα να μπορεί να επιστρέψει την αρχική εικόνα με το κουμπί «Back to original Image». Η αρχική εικόνα προβάλλεται στο αριστερό πλαίσιο της Διεπαφής και κάνει δυνατή τη σύγκριση της αρχικής εικόνας με οποιαδήποτε εικόνα βρίσκεται στο δεξί πλαίσιο. Ακόμη, πατώντας το κουμπί «Save» η τελευταία εικόνα που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή αποθηκεύεται σε διαφορετικό μορφότυπο που επιλέγει ο χρήστης μέσα από μια αναδυόμενη λίστα. Η λίστα αυτή περιέχει τα μορφότυπα JPEG, PBM, PGM, PNG, PPM, RAS και TIFF. Τέλος, ο χρήστης επιλέγει και το μέρος του υπολογιστή του, στο οποίο θέλει να αποθηκεύσει την εν λόγω εικόνα.



Εικόνα 6 20 Επιστροφή στην αρχική εικόνα



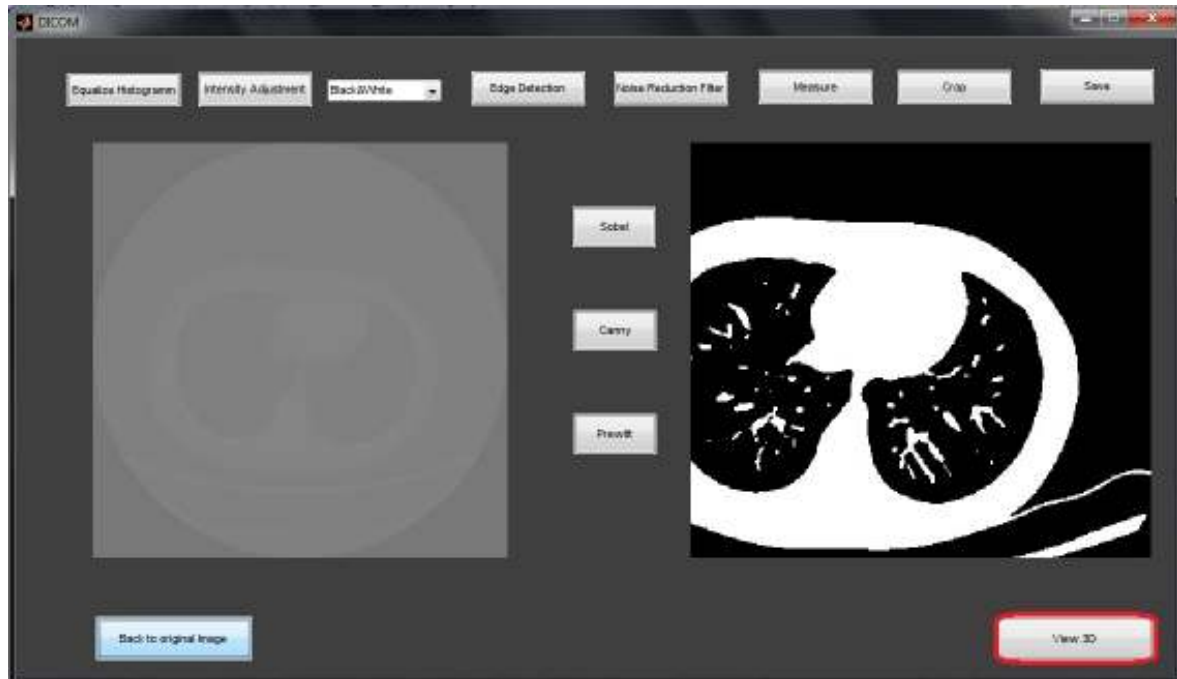
Εικόνα 6 21 Αποθήκευση εικόνας σε διαφορετικό μορφότυπο

6.3 ΠΡΟΒΟΛΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΧΡΗΣΤΗ

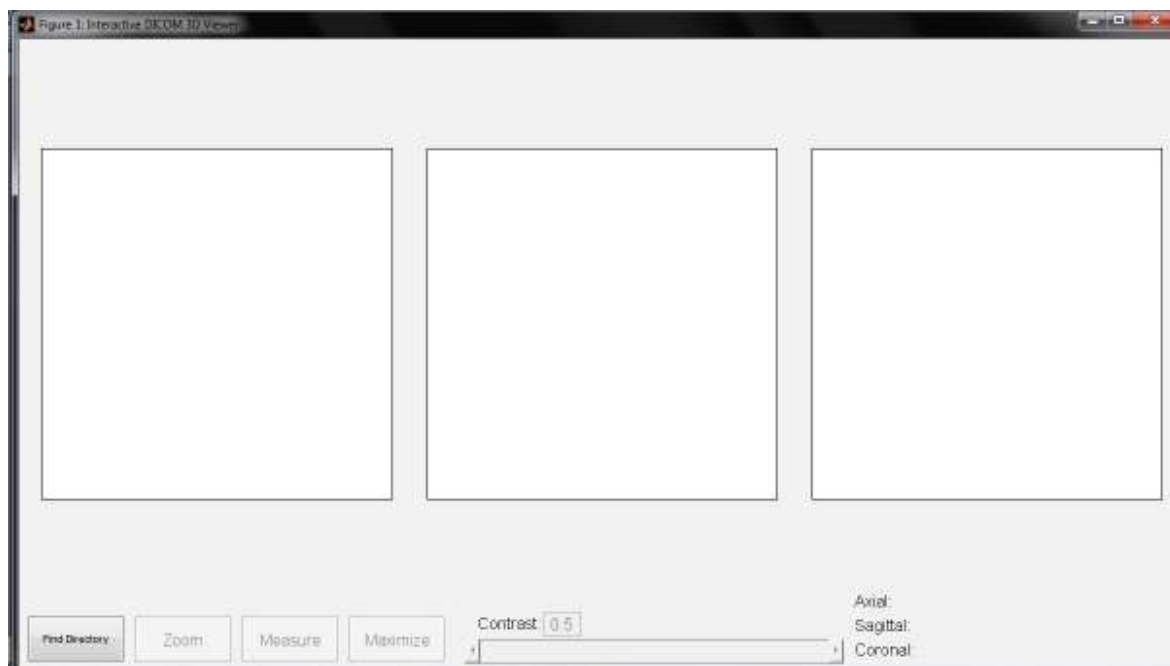
Με το κουμπί «View 3D» ο χρήστης μεταφέρεται αυτόματα σε μια άλλη Γραφική Διεπιφάνεια Χρήστη, όπου έχει τη δυνατότητα να προβάλλει την εικόνα που επιθυμεί σε τρισδιάστατη απεικόνιση. Σε αυτή τη Διεπιφάνεια, σε αντίθεση με την παραπάνω, ο χρήστης παρουσιάζει όχι μόνο μια εικόνα αλλά ολόκληρη την εξέταση αποτελούμενη από μια αλληλουχία από πολλαπλές εγκάρσιες τομές.

Εδώ δεν υπάρχει η δυνατότητα ιδιαίτερης επεξεργασίας όπως παραπάνω αλλά κάποιων βασικών στοιχείων προβολής. Και σε αυτή τη Διεπιφάνεια ο χρήστης αλληλεπιδρά με κουμπιά στα οποία αναγράφεται πάνω η μέθοδος που χρησιμοποιείται αλλά και με μια κυλιόμενη μπάρα τροποποίησης της αντίθεσης των εικόνων. Οι εντολές που χρησιμοποιούνται εδώ είναι οι εξής:

- Μεγέθυνση/Σμίκρυνση
- Υπολογισμός σημείων ενδιαφέροντος
- Zoom
- Τροποποίηση αντίθεσης



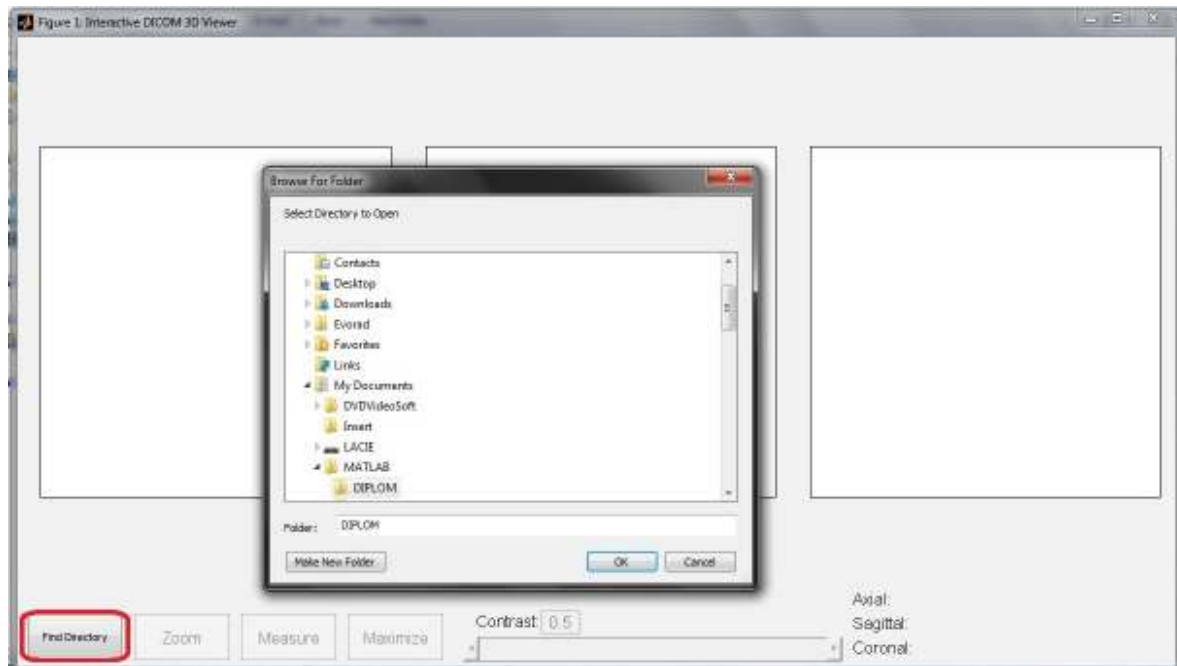
Εικόνα 6 22 Πάτημα του κουμπιού View 3D για μεταφορά σε τρισδιάστατο χώρο



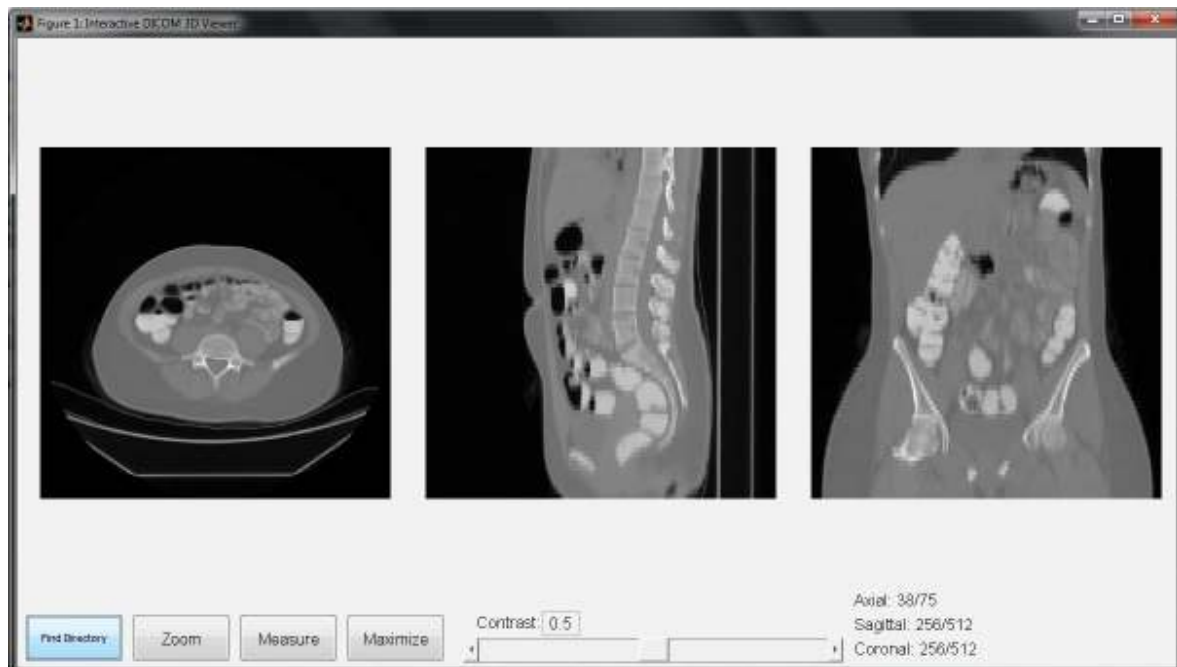
Εικόνα 6 23 Τρισδιάστατη Γραφική Διεπιφάνεια Χρήστη

Αφού εμφανιστεί το παράθυρο της τρισδιάστατης απεικόνισης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κάνει αναζήτηση του φακέλου που περιέχει την εξέταση μέσα από οποιοδήποτε μέρος του υπολογιστή του ή από κάποιο αφαιρούμενο μέσο αποθήκευσης όπως Memory Stick, CD, Flash Drive ή εξωτερικό σκληρό δίσκο πατώντας το κουμπί «Find Directory». Αφού επιλέξει το φάκελο, η εικόνες εμφανίζονται στα τρία πλαίσια της Διεπαφής. Στο αριστερό πλαίσιο προβάλλεται η εξέταση από οπτική γωνία του άξονα του σώματος (axial), στο μεσαίο πλαίσιο το πλάγιο μέρος (sagittal) ενώ στο δεξιό πλαίσιο η εμπρόσθια πλευρά (coronal).

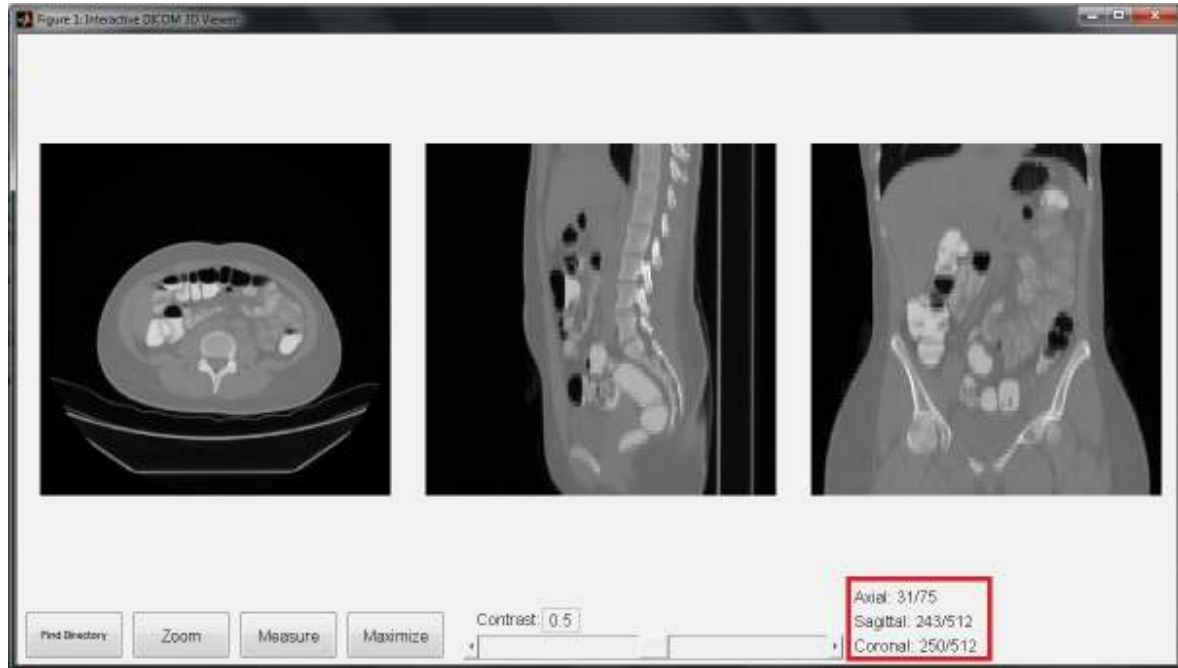
Έστω ότι επιλέγεται μια εξέταση αξονικής τομογραφίας κοιλιακής χώρας, όπως και στην προηγούμενη δισδιάστατη Διεπαφή. Ο χρήστης, αφού φορτώσει η αλληλουχία των εικόνων, μπορεί να μεταφερθεί από το ένα κομμάτι (slice) στο άλλο με τη ροδέλα του ποντικιού του υπολογιστή που χρησιμοποιεί. Ταυτόχρονα, στην κάτω δεξιά πλευρά της Διεπαφής, αναγράφεται από πόσες εικόνες αποτελείται η εξέταση και σε ποια εικόνα της εξέτασης βρίσκεται ο χρήστης τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, 75/512 σημαίνει ότι η εξέταση αποτελείται από 512 τομές και η εικόνα που παρουσιάζεται είναι η 75^η, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 6 24 Παράθυρο εύρεσης φακέλου εξέτασης από τον υπολογιστή ή από το αποθηκευτικό μέσο



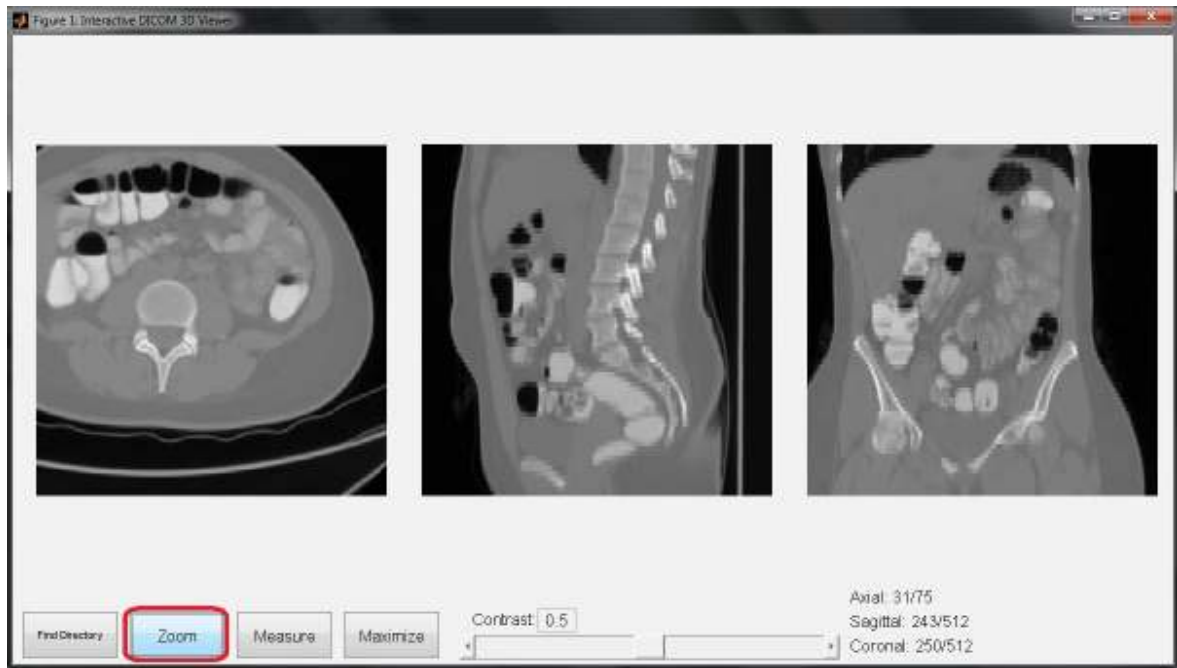
Εικόνα 6 25 Προβολή εξέτασης αξονικής τομογραφίας κοιλιακής χώρας σε τρισδιάστατη απεικόνιση



Εικόνα 6 26 Προβολή και ενημέρωση των slices της εξέτασης

Έπειτα, ο χρήστης μπορεί να μεγεθύνει κάποιο σημείο που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον με το κουμπί «Zoom». Η μεγέθυνση αυτή μπορεί να γίνει και στα τρία πλαίσια της Διεπαφής ή μόνο στο ένα ή στα δύο από τα τρία. Όταν ο χρήστης αλληλεπιδράσει με το κουμπί «Zoom», το βέλος του ποντικιού του υπολογιστή μετατρέπεται σε ένα σταυρό. Πατώντας επάνω στην εικόνα που επιθυμεί και κρατώντας πατημένο το κουμπί του ποντικιού δημιουργεί ένα τετράγωνο που διαμορφώνει ο ίδιος στο σημείο εκείνο που επιθυμεί να μεγεθύνει. Αφήνοντας το κουμπί του ποντικιού η εικόνα έχει μεγεθυνθεί σε εκείνο το σημείο. Για να γίνει zoom και σε άλλο πλαίσιο της Διεπαφής πρέπει ο χρήστης να πατήσει ξανά το κουμπί «Zoom» και να ακολουθήσει την ίδια διαδικασία.

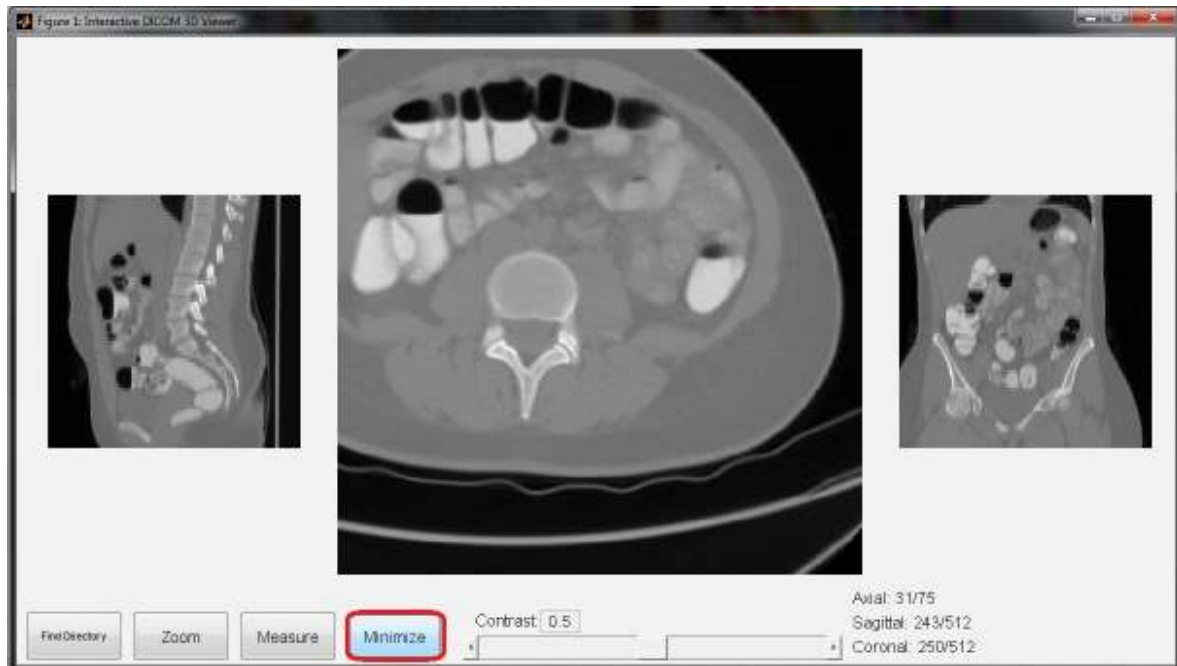
Ακόμη, μπορεί να μεγεθύνει την εικόνα ολόκληρη σε κάθε πλαίσιο. Όταν επιλέξει ποια από τις τρεις εικόνες επιθυμεί να μεγεθύνει, πατώντας απλά με το ποντίκι επάνω στην εικόνα, μπορεί να πατήσει το κουμπί με την ονομασία «Maximize» και η εικόνα μεταφέρεται σε μεγέθυνση στο μεσαίο πλαίσιο της Διεπαφής. Όταν γίνει αυτό, το κουμπί «Maximize» αλλάζει ονομασία σε «Minimize». Έτσι, ο χρήστης μπορεί να κάνει σμίκρυνση της εικόνας και να την επαναφέρει στην αρχική της θέση. Οι λειτουργίες αυτές τις μεγέθυνσης παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 6 27 Μεγέθυνση με Zoom και στα τρία πλαίσια της Διεπαφής



Εικόνα 6 28 Πάτημα του κουμπιού Maximize



Εικόνα 6 29 Maximizε της axial εικόνας και πάτημα του κουμπιού Minimize για επαναφορά



Εικόνα 6 30 Maximizε της sagittal εικόνας



Εικόνα 6 31 Maximize της coronal εικόνας

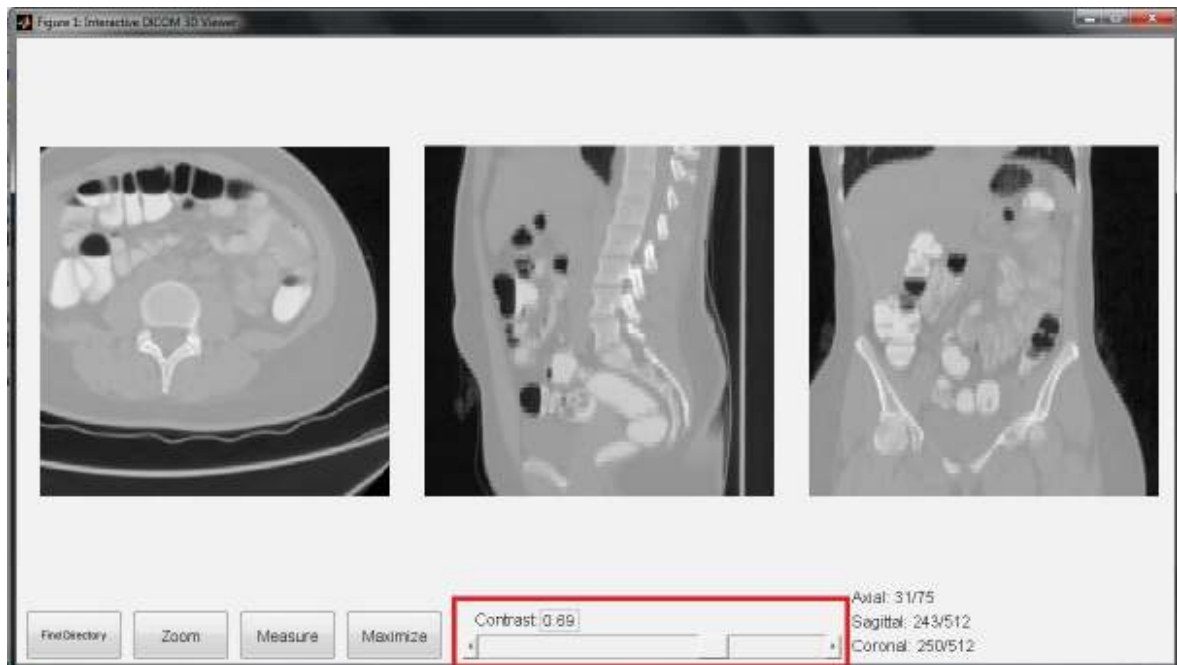
Η επόμενη επεξεργασία στην οποία μπορεί να υποβληθεί μια ιατρική εξέταση σε αυτήν την τρισδιάστατη Γραφική Διεπιφάνεια Χρήστη είναι εκείνη του υπολογισμού των σημείων ενδιαφέροντος. Με το κουμπί «Measure» το βέλος του ποντικιού του υπολογιστή γίνεται και εδώ σταυρός. Ο χρήστης πατάει επάνω στο σημείο που τον ενδιαφέρει και σχηματίζει μια πράσινη γραμμή με το ποντίκι από τη μια άκρη στην άλλη του σημείου εκείνου. Στο τέλος της γραμμής εμφανίζεται ένα πλαίσιο που περιέχει τον δεκαδικό αριθμό του υπολογισμού που έχει γίνει σε mm.

Πέρα από τις μετρήσεις και τις μεγεθύνσεις μπορεί να γίνει και μεταβολή της αντίθεσης των εικόνων και στα τρία πλαίσια της Διεπαφής. Η κυλιόμενη μπάρα που ονομάζεται «Contrast» περιέχει και έναν αριθμό. Αυτός ο αριθμός παρουσιάζει το ποσό της αντίθεσης. Ο χρήστης μεταφέρει την μπάρα από τη μια πλευρά στην άλλη αλλάζοντας διαδοχικά την αντίθεση και παρατηρεί αυτόν τον αριθμό να αλλάζει κάθε φορά. Έτσι, επιλέγει το ποσό εκείνο που τον ενδιαφέρει καλύτερα. Η αντίθεση παρατηρείται να μεταβάλλεται ταυτόχρονα και στα τρία πλαίσια της Διεπαφής.

Τέλος, στην εικόνα 6.34 προβάλλεται μια τελική επεξεργασμένη εικόνα αξονικής τομογραφίας κοιλιακής χώρας χρησιμοποιώντας όλα τα παραπάνω στοιχεία επεξεργασίας ιατρικής εικόνας στον τρισδιάστατο χώρο.



Εικόνα 6 32 Πάτημα του κουμπιού Measure και υπολογισμός απόστασης σπονδυλικής στήλης στην sagittal εικόνα της εξέτασης



Εικόνα 6 33 Μεταβολή της αντίθεσης



Εικόνα 6 34 Ολοκληρωμένη επεξεργασία εικόνας αξονικής τομογραφίας κοιλιακής χώρας σε τρισδιάστατο επίπεδο. Αριστερά η axial εικόνα σε zoom, στη μέση η coronal εικόνα με υπολογισμό της απόστασης του δεξιού οστού της κοιλιακής χώρας στα 124,09 mm, δεξιά η sagittal εικόνα και αλλαγή της αντίθεσης και στα τρία πλαίσια σε ποσό 0,21.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

7.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία κινήθηκε πάνω σε δύο κατευθύνσεις. Η πρώτη αφορούσε μια θεωρητική προσέγγιση της Ιατρικής Πληροφορικής στην Ελλάδα και στο εξωτερικό καθώς και του ιατρικού προτύπου DICOM στην αποθήκευση και μεταφορά ιατρικών εικόνων μέσα σε ένα κλινικό περιβάλλον. Η δεύτερη αφορούσε την ανάλυση και επεξεργασία ιατρικών εικόνων DICOM με διαφορετικούς DICOM Viewers και τη δημιουργία Γραφικής Διεπαφής Χρήστη για τη μελέτη και επεξεργασία ιατρικών εικόνων.

Αρχικά, όσο αναφορά την Ιατρική Πληροφορική, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ακόμη, παρέχει σήμερα ευρύτερη υποστήριξη προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης e-Health. Αφενός υποστηρίζει την εφαρμογή των ερευνητικών αποτελεσμάτων μέσω πρωτοβουλιών όπως το e-Europe, συναντήσεων υψηλού επιπέδου, και μέσω έκδοσης ανακοινώσεων και σχεδίων δράσης. Στοχεύει στην ενίσχυση και την ενσωμάτωση των σχετιζόμενων πληροφοριών e-Health, όπως π.χ. η δυνατότητα μετακινήσεων των ασθενών και η επέκταση της χρήσης ηλεκτρονικών καρτών υγείας. Αφ' ετέρου προωθεί νέο κύκλο έρευνας στον τομέα e-Health και τον αναδυόμενο κλάδο της βιοϊατρικής πληροφορικής, εστιάζοντας το ενδιαφέρον της στην ενσωμάτωση σε νέες λύσεις e-Health της επιστημονικής γνώσης άλλων τομέων, όπως οι μικρο και νανο-τεχνολογίες, η βιοπληροφορική και η νευροπληροφορική, οι οποίες θα αποτελέσουν αρωγό στην προσπάθεια προαγωγής υγείας ατόμων και πληθυσμών. Δυστυχώς, δεν συμβαίνει το ίδιο και στη χώρα μας. Η Ελλάδα έρχεται τελευταία σε ό,τι αφορά τις υπηρεσίες υγείας και ακόμη και αν έχουν γίνει προσπάθειες να αναβαθμιστούν με τη βοήθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, παραμένουν σε κατώτατο σημείο.

Έπειτα, ως βασικό στοιχείο της εργασίας, και σχετικά με τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα και τη μελέτη αυτού, το πρότυπο DICOM εδραιωμένο πια στις δράσεις υπηρεσιών υγείας θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση για τη μεταφορά ιατρικών εικόνων ενώ τα συστήματα PACS για την αποθήκευσή τους. Με την πάροδο των ετών το πρότυπο DICOM γίνεται βασικός κανόνας της χρήσης των PACS και συμμετέχει στην ολοκλήρωση της ροής εργασίας, γενικότερα στις υπηρεσίες υγείας. Τώρα πια το ζητούμενο είναι η περαιτέρω ανάπτυξη του για την κάλυψη αναγκών που προέρχονται από την πρόοδο της τεχνολογίας και της παροχής όλο και υψηλότερων υπηρεσιών υγείας. Σίγουρα ένας από τους τομείς που το πρότυπο καλείται να παίξει ενεργότερο ρόλο είναι στις υπηρεσίες που αφορούν την επεξεργασία και ανάλυση των ιατρικών εικόνων.

Η χρήση των συγκεκριμένων εφαρμογών που δόθηκαν για έρευνα στη συγκεκριμένη εργασία, καθιστούν ικανό κάθε ασθενή να μπορεί να προβάλει στον υπολογιστή του την εξέταση στην οποία υποβλήθηκε ενισχύοντας, έτσι, τις υπηρεσίες υγείας και κάνοντας ευκολότερη την εξυπηρέτηση των ασθενών, καθώς οι άνθρωποι δίνουν μεγάλη βαρύτητα σε ό,τι αφορά την υγεία τους και αναζητούν την καλύτερη και πιο γρήγορη εξυπηρέτησή τους αλλά και την ποιότητα των υπηρεσιών που τους παρέχονται.

Οι υπηρεσίες της τηλεϊατρικής αυξάνονται καθώς αυξάνονται και οι απαιτήσεις και αναπτύσσεται η τεχνολογία. Πλέον, είναι δυνατό οι DICOM Viewers που αναφέρθηκαν να είναι προσβάσιμοι σε λειτουργικά σύγχρονων κινητών τηλεφώνων ή σε φορητές συσκευές, όπως το iPhone και το iPad, κάνοντας, έτσι, το έργο των γιατρών πιο εύκολο, σύγχρονο και γρήγορο. Για παράδειγμα, όταν ένας ακτινολόγος ιατρός βρίσκεται σε άδεια και πρέπει να γίνει κάποια διασταύρωση απόψεων με τη συμμετοχή του, προκειμένου να μην μετακινηθεί στο νοσοκομείο, η εικόνα μπορεί να σταλεί μέσω διαδικτύου και εκείνος να την προβάλει, να την μελετήσει και να την επεξεργαστεί στο κινητό του τηλέφωνο από όπου και αν βρίσκεται. Καθώς εξελίσσεται η τεχνολογία και οι ανάγκες, εξελίσσονται και οι εταιρείες των λογισμικών εφαρμογών προβολής και επεξεργασίας εικόνων παρέχοντας πιο σύγχρονα και γρήγορα συστήματα απεικόνισης ή αναβαθμίζοντας συνεχώς τα παλαιά, διευκολύνοντας ιατρούς και ασθενείς.

Για να μεταδοθεί, όμως, η ιατρική εικόνα είναι σημαντικά τα ζητήματα ασφαλείας. Σαν συμπέρασμα θα μπορούσε να αναφερθεί ότι τα ζητήματα ασφαλείας στα συστήματα PACS και στις εφαρμογές που έχουν να κάνουν με το πρότυπο DICOM και τη μετάδοση των ιατρικών εικόνων, είναι σημαντικά και θα πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση των συστημάτων αυτών. Επίσης, η συνεχόμενη χρήση του διαδικτύου στο νοσοκομειακό περιβάλλον, επιβάλλει την εφαρμογή ακόμα πιο ισχυρών μέτρων ασφαλείας, καθώς οι κίνδυνοι και οι απειλές που ελλοχεύουν είναι σαφώς μεγαλύτεροι από τα υπόλοιπα δίκτυα. Οι βασικές απαιτήσεις είναι τα

δεδομένα και οι πληροφορίες να είναι σωστά, μη παραποιημένα και προσβάσιμα οποτεδήποτε χρειάζονται μόνο από εξουσιοδοτημένους χρήστες.

Ένα από τα ζητήματα που διαδέχεται το παραπάνω συμπέρασμα είναι αυτό της συμπίεσης της ιατρικής πληροφορίας. Η χρήση τεχνικών συμπίεσης με απώλειες επιτυγχάνουν μεγάλη μείωση του όγκου μιας ιατρικής εικόνας αλλά, ταυτόχρονα, και της περιεχόμενης ιατρικής πληροφορίας. Συνεπώς, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άκριτα στον τομέα των υπηρεσιών ιατρικής πληροφορικής και κυρίως στις υπηρεσίες εκείνες που έχουν να κάνουν με εικόνες, καθώς μπορεί να οδηγήσουν σε αποκοπή διαγνωστικά κρίσιμης πληροφορίας. Αντίθετα, οι τεχνικές συμπίεσης χωρίς απώλειες υποστηρίζουν την ακριβή ανακατασκευή των δεδομένων, όμως απαιτούν αυξημένο εύρος όσον αφορά στο επικοινωνιακό κανάλι.

Συγκρίνοντας τους προαναφερθέντες DICOM Viewers (e-Film, MX-Lite και AmbiVU), εξάγεται το συμπέρασμα πως εκείνος που περιέχει τις περισσότερες επιλογές για επεξεργασία εικόνας είναι ο AmbiVU Workstation. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5, ο συγκεκριμένος DICOM Viewer παρέχει βασικές επεξεργασίες που πρέπει να γίνονται σε μια ιατρική εικόνα όπως τα φίλτρα, η ανίχνευση ακμών, η παραστατική τρισδιάστατη απεικόνιση, κάτι που δεν περιέχει το e-Film, ακόμη και αν αυτό προτιμάται από τους ιατρούς του Βενιζελείου Νοσοκομείου Ηρακλείου. Σε αντίθεση με το e-Film, το AmbiVU παρέχει λειτουργίες όπως εκείνες που χρησιμοποιούνται στο σταθμό εργασίας της Philips του τμήματος αξονικής τομογραφίας του εν λόγω νοσοκομείου. Ακόμη, η τρισδιάστατη απεικόνιση που διαθέτει το AmbiVU είναι άκρως παραστατική αφού εμπεριέχεται και η επιλογή της προσθήκης επιφάνειας δέρματος, δίνοντας, έτσι, στον ασθενή και κυρίως στον ιατρό μια άποψη πιο κοντά στην πραγματικότητα, κάτι που δεν είναι δυνατό να συμβεί με το e-Film.

Απ' την άλλη, το MX-Lite είναι ένας Viewer που βασίζεται καθαρά στη χρησιμοποίηση από τους ασθενείς. Έτσι, πρέπει να είναι απλός και εύκολος για να μπορεί οποιοσδήποτε να τον χρησιμοποιήσει. Το ίδιο ισχύει και για την Γραφική Διεπαφή Χρήστη που δημιουργήθηκε. Η χρήση της είναι εύκολη, σαφής και απλή αφού ο χρήστης το μόνο που κάνει είναι να αλληλεπιδρά με διάφορα κουμπιά, τα οποία περιέχουν τις βασικές αρχές επεξεργασίας ιατρικών εικόνων. Η συγκεκριμένη Διεπαφή είναι εύκολο να διευρυνθεί και να αναβαθμιστεί ώστε να γίνει δυσκολότερη, όμως, ύστερα από αυτό, δεν θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί από ασθενείς που ίσως δεν γνωρίζουν τίποτα σχετικά με τους υπολογιστές και σκοπός της, φυσικά, δεν είναι κάτι αντίστοιχο.

Συμπερασματικά και από προσωπική άποψη, το AmbiVU είναι ένα λογισμικό ανάλυσης, μελέτης και επεξεργασίας ιατρικών εικόνων που θα έπρεπε να υπάρχει σε κάθε νοσοκομείο. Βέβαια, δεν αποτελεί μια φθηνή λύση, καθότι χρειάζονται αρκετά χρήματα για τη λήψη κωδικών της κανονικής έκδοσης και όχι της δοκιμαστικής, αλλά οι παροχές και οι λειτουργίες που προσφέρει είναι οι πιο κατάλληλες για ένα κλινικό περιβάλλον. Η αναβαθμισμένη έκδοσή του, μάλιστα, διατίθεται σε λειτουργικά κινητών τηλεφώνων και φορητών συσκευών. Όσο για τη χρησιμοποίηση των DICOM Viewers από τους ασθενείς, το λογισμικό που προσφέρει η Philips είναι μια πολύ καλή και απλή επιλογή για επισκόπηση των εξετάσεων, ενώ η Γραφική Διεπαφή Χρήστη που δημιουργήθηκε θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από τους ασθενείς για επεξεργασία των εικόνων.

7.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Αν και η ευρεία διάδοση των υπολογιστών ως βοηθήματα των ιατρών σε όλες τις πλευρές των κλινικών διεργασιών της ιατρικής είναι ακόμα πολύ μακριά, πρόοδος έχει σημειωθεί και υπάρχει ακόμα μεγάλη δυνατότητα για εξέλιξη. Οι προκλήσεις στην έρευνα έχουν εντοπιστεί ξεκάθαρα και οι επιπτώσεις στην ιατρική εκπαίδευση έχουν κατανοηθεί. Η βασική βιβλιογραφία πληροφορικής είναι μια πηγή γνώσης για τους φοιτητές της ιατρικής, είναι απαραίτητο, όμως, να διδαχθούν τις θεμελιώδεις αρχές της ιατρικής πληροφορικής για να είναι προετοιμασμένοι για τον τεχνολογικά προηγμένο κόσμο που έρχεται.

Συνεπώς, είναι απαραίτητη η περαιτέρω εκπαίδευση των φοιτητών της ιατρικής στο αντικείμενο της ιατρικής πληροφορικής, έτσι ώστε να γνωρίζουν κάποιες βασικές αρχές που θα χρησιμοποιήσουν αργότερα στο επάγγελμά τους. Όμως, και η εκπαίδευση των ήδη ειδικευμένων ιατρών είναι απαραίτητη ώστε να γνωρίζουν τις εξελίξεις στον τομέα τους και τις νέες τεχνολογίες που όλο αυξάνονται στο πεδίο της ιατρικής και της πληροφορικής.

Απαραίτητη, επίσης, κρίνεται η περαιτέρω έρευνα για την ανεύρεση καινούργιων αποδοτικών αλγορίθμων συμπίεσης που θα διαφυλάσσουν τη διαγνωστικά κρίσιμη ιατρική πληροφορία, ενώ θα απαιτούν ελάχιστους δικτυακούς πόρους.

Όσο για τους DICOM Viewers που χρησιμοποιήθηκαν και αναλύθηκαν στην παρούσα πτυχιακή εργασία, δεν πρέπει να περιορίζονται μόνο στις λειτουργίες που προσφέρουν σε αυτά τα δεδομένα της τεχνολογίας αλλά να αναπτύσσονται συνεχώς και να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις των εργαζομένων και των ασθενών αλλά και της τεχνολογίας που συνεχώς εξελίσσεται.

Η Γραφική Διεπαφή Χρήστη που αναπτύχθηκε δεν έχει φτάσει στο μέγιστο των δυνατοτήτων της. Περιορίστηκε στην απεικόνιση μιας εικόνας DICOM και στις βασικές αρχές επεξεργασίας αυτής. Θα μπορούσαν στο μέλλον να προστεθούν και άλλες λειτουργίες που αφορούν την επεξεργασία ιατρικής εικόνας, να αναπτυχθεί ώστε να προβάλλεται και σε δισδιάστατο και σε τρισδιάστατο επίπεδο ολόκληρη η αλληλουχία εικόνων που αποτελεί την εξέταση ή ακόμα και να προστεθεί λειτουργία απεικόνισης τρισδιάστατης προβολής όπως αυτή εμφανίζεται στο λογισμικό απεικόνισης AmbiVU Workstation ή στο σταθμό επεξεργασίας της Philips του τμήματος αξονικού τομογράφου του Βενιζελείου Νοσοκομείου Ηρακλείου.

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα για έρευνα ώστε να προστεθεί η ανάκτηση και παρουσίαση των εικόνων μέσα από κάποιον DICOM Server ενός νοσοκομείου, αφού πρώτα ερευνηθούν και προστεθούν οι κατάλληλες λειτουργίες ώστε να συνδεθεί η συγκεκριμένη Διεπαφή στο δίκτυο κάποιου νοσοκομείου και να γίνει ένας ολοκληρωμένος DICOM Viewer.

Βιβλιογραφία

Βιβλιογραφία

- [1] Διον. Κάβουρας,, Ph.D. «Σημειώσεις: Ιατρική Πληροφορική», Αθήνα Φεβρουάριος 2005
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Health_informatics
- [3] Αλέξανδρος Μπέλερ , «Εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορικής και των Τηλεπικοινωνιών στην επεξεργασία και τη μετάδοση βιολογικών σημάτων με έμφαση στην Τηλεϊατρική: Μοντέλο υπηρεσιών διαχείρισης Ιατρικής πληροφορίας σε περιβάλλον περιφερειακού πολιτοκεντρικού δικτύου υγείας», Διπλωματική εργασία, Αθήνα 2009
- [4] Online δικτυακή πύλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης http://europa.eu/legislation_summaries/information_society/l24226_el.htm , Φεβρουάριος 2010
- [5] Online ενημέρωση Συγχρηματοδοτούμενων Αναπτυξιακών Προγραμμάτων <http://www.hellaskps.gr/>
- [6] Ενημερωτικό blog για την Υγεία <http://blog.e-healthgr.com/contradiction-in-greek-health/> , Μάιος 2010
- [7] Ενημερωτικό blog για την Υγεία <http://blog.e-healthgr.com/ict-in-health/> , Δεκέμβριος 2010
- [8] Ενημερωτικό site για τον πολίτη <http://www.enthesis.net/> , Ιούλιος 2009
- [9] Online υπηρεσία διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος <http://www.infosoc.gr/>
- [10] Ι. Αποστολάκης, «Ηλεκτρονική Υγεία στη Χώρα μας», 2ο Συνέδριο Digital Health Care, 2010
- [11] Π. Αγγελίδης, «Ηλεκτρονική υγεία: τεχνολογική καινοτομία, επιχειρηματική ευκαιρία ή κοινωνικό αγαθό;», Ημερίδα με θέμα «Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες», Νάουσα 2006
- [12] Παρατηρητήριο για την κοινωνία της πληροφορίας, «Η Χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών στον κλάδο της Υγείας», Δελτίο Τύπου, Σεπτέμβριος 2008
- [13] Σοφία Κοσσιδά, «Βιοπληροφορική: Δυνατότητες & Προοπτικές», εκδόσεις Σοφία Κοσσιδά, Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών, Αθήνα 2008
- [14] Ι. Παπαχαριλάου, «Πολυμεσικές εφαρμογές στην Υγεία- Σημειώσεις Θεωρίας», ΤΕΙ Κρήτης, Αύγουστος 2006
- [15] http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_imaging
- [16] ATAM P DHAWAN, H K HUANG, DAE-SHIK KIM «PRINCIPLES AND ADVANCED METHODS IN MEDICAL IMAGING AND IMAGE ANALYSIS» , 2008 by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd
- [17] Άγγελος Αμπατζόγλου- Βλάσιος Ζαχαρής, «Ανάπτυξη γραφικής Διεπιφάνειας χρήστη σε πλατφόρμα MATLAB με παράλληλη εφαρμογή εξελιγμένων αλγορίθμων ανάλυσης και επεξεργασία ιατρικής εικόνας», Διπλωματική Εργασία, Φεβρουάριος 2006
- [18] Ανδριάνα Πρέντζα, ασκήσεις με θέμα «Βασικές τεχνικές απεικόνισης και επεξεργασίας ακτινολογικών εικόνων», Φεβρουάριος 2009
- [19] Ενημερωτική ιστοσελίδα, <http://www.imaginis.com/faq/history-of-medical-diagnosis-and-diagnostic-imaging>
- [20] <http://panacea.med.uoa.gr/topic.aspx?id=918>
- [21] Αθανάσιος Παπαδόπουλος & Βασίλειος Πρωτόπαπας, Σεμινάριο με τίτλο «Ειδικά θέματα Δημόσιας Υγείας στην Ελλάδα – Σύγχρονες Προσεγγίσεις και Μέθοδοι για την Προαγωγή της Δημόσιας Υγείας» , θεματική ενότητα «Σύγχρονες Διαγνωστικές Μέθοδοι (Νέες Τεχνολογίες) - Γενικά», Ιούλιος 2008.
- [22] Ph.D Κωνσταντίνα Νικήτα, «Εισαγωγή στα ιατρικά απεικονιστικά συστήματα», διάλεξη μαθήματος του εργαστηρίου Βιοϊατρικών προσομοιώσεων και Απεικονιστικής Τεχνολογίας.
- [23] Άννη Λουίζη, «Στοιχεία Λήψης και Επεξεργασίας Ιατρικής Εικόνας», Σεπτέμβριος 2005
- [24] Ph.D Κωνσταντίνα Νικήτα, «Στοιχεία Επεξεργασίας Ιατρικών Εικόνων»
- [25] Μιχάλης Παπασταματόπουλος, Μεταπτυχιακή εργασία με θέμα «Μελέτη Σύγχρονων Τεχνικών Επεξεργασίας και Ανάλυσης Οφθαλμιατρικών Εικόνων και Εικόνων Video-Βρογχοσκοπίου Επεμβατικής Πνευμονολογίας με Ιδιαίτερο Κλινικό Ενδιαφέρον», Αθήνα 2005
- [26] Κώστας Καρπούζης, «Ηλεκτρονικές Υπηρεσίες Υγείας»
- [27] Κουράκης Γιώργος, «Δυναμική απεικόνιση στατιστικών στοιχείων χρήσης, συστημάτων αρχειοθέτησης και μεταφοράς ιατρικών εικόνων (PACS), μέσω τεχνολογιών διαδικτύου» , πτυχιακή εργασία, Ηράκλειο Μάρτιος 2005.

- [28] Γεώργιος Κουτελάκης, «ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΟΙΧΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΓΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ WADO ΤΟΥ DICOM», διδακτορική διατριβή, Πάτρα Δεκέμβριος 2008.
- [29] Αντώνιος Σ. Κορδατζάκης, «Σχεδιασμός και ανάπτυξη συστατικών στοιχείων λογισμικού διαχείρισης ιατρικών αρχείων DICOM», Διπλωματική εργασία, Αθήνα Απρίλιος 2003.
- [30] Βαγγέλης Σακκαλής, «Το Πρότυπο DICOM και η εφαρμογή του στην Διαχείριση Ιατρικών Εικόνων», Διαφάνειες μαθήματος.
- [31] Τάσος Τάγαρης, «Σεμινάριο Διαλειτουργικότητας», ΕΜΠ, Σεπτέμβριος 2005.
- [32] Ελευθέριος Γκορτζής MSc. Phd., «Υπηρεσίες Ιατρικής Πληροφορικής & Τηλεϊατρικής», εκδόσεις Γκιούρδας, Αθήνα 2007.
- [33] Μ.Περδικούρη, Π.Γιόβας, Δ.Παπαδογιάννης & Συνεργάτες, «Τηλεϊατρική στην πράξη», εκδόσεις Εν πλώ, Αθήνα 2005.
- [34] Ι. Παπαχαριλάου, «Τηλεϊατρική», Σημειώσεις μαθήματος, ΤΕΙ Κρήτης, Ιούνιος 2007
- [35] Νικόλαος Παπαμάρκος- Καθηγητής ΔΠΘ, «Ψηφιακή Επεξεργασία & Ανάλυση Εικόνας», εκδόσεις Γκιούρδας, Αθήνα 2005.
- [36] Δικτυακός τόπος του προγράμματος e-Film <https://www.merge.com/>
- [37] Οδηγός χρήσης AmbiVU http://wiki.ambivu.com/mediawiki/index.php/Main_Page
- [38] www.mathworks.com