



## **Πτυχιακή Εργασία**

**Μοντέλο ανθρώπινου κρανίου για επίδειξη τομών αξονικής τομογραφίας**

**Σπουδαστής: Καπετανάκης Γεώργιος**

**Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Πετούσης Μάρκος**



**Ηράκλειο  
2015**

## Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή και εισηγητή της πτυχιακής εργασίας μου, κύριο Πετούση Μάρκο, 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 και τον σχεδιασμό ενός ανθρώπινου κρανίου για επίδειξη αξονικών τομών δίνοντάς μου τις απαραίτητες γνώσεις, το έναυσμα και την εμπειρία για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας μου. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την στήριξη και κατανόησή τους στο λιγοστό χρόνο που τους αφιέρωσα διότι εργαζόμουν και παράλληλα σπούδαζα αλλά και για τις συμβουλές και την ανοχή τους.

## Abstract

The purpose of this thesis is the use of standard DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) for the creation of a human skull cross-section using a Computing Tomography (CT scan) through which a digital medical picture can be depicted on a 3D model. In the first part, which contains the theoretical approach, the Medical Informatics department is mentioned, since it includes saving, transferring and editing of a medical digital picture through the prototype DICOM. In addition, methods of medical imaging and their systems are presented, from which the digital medical pictures are extracted, as well as the existing types, while the basic principles of editing are analyzed, in which any picture can be subjected from the depicting systems. In addition, the problem of the skull designing is explained and the different approaches are presented. In the second part, which includes the practical section, the tools used for the thesis as well as a small description for each one are presented. Also, the process of implementation of the skull is described and the results are presented. In conclusion, the model of the human skull with the computed tomography scans are presented, and based on them the results for the thesis are conceived.

## Περίληψη

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η αξιοποίηση του προτύπου DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) για τη δημιουργία ενός ανθρώπινου κρανίου επίδειξης τομών αξονικής τομογραφίας μέσω του οποίου μπορεί να απεικονιστεί μια ψηφιακή ιατρική εικόνα πάνω σε ένα 3D μοντέλο. 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 μια περιγραφή του προβλήματος για τον σχεδιασμό του κρανίου και παρουσιάζονται διάφοροι τρόποι προσέγγισης. Στο δεύτερο μέρος, που αποτελεί το πρακτικό μέρος, παρουσιάζονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την εργασία καθώς και μια μικρή περιγραφή για το κάθε ένα. Ακόμη, γίνεται μια περιγραφή της διαδικασίας υλοποίησης του κρανίου και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Τέλος, παρουσιάζεται το μοντέλο του ανθρώπινου κρανίου με τις αξονικές τομογραφίες και βάσει αυτού, προκύπτουν τα συμπεράσματά για την παρούσα μελέτη.

## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	7
Η ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ.....	7
1.1 Ορισμός, χρησιμότητα και εργαλεία της Ιατρικής Πληροφορικής .....	7
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	8
1.3 Οι δραστηριότητες της ευρωπαϊκής κοινότητας στον τομέα της ΙΠ .....	10
1.4 Η Ιατρική Πληροφορική στην Ελλάδα.....	11
1.5 Εφαρμογές της Ιατρικής Πληροφορικής.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	17
Η ΙΑΤΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ .....	17
2.1 Ορισμός της Ιατρικής Απεικόνισης και η χρησιμότητά της.....	17
2.2 Ιστορική αναδρομή.....	20
2.3 Τεχνικές Ιατρικής Απεικόνισης και υπολογιστικά συστήματα απεικόνισης (μέθοδοι δημιουργίας εικόνων) .....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	29
ΙΑΤΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ .....	29
3.1 Εισαγωγή.....	29
3.2 Είδη ιατρικών εικόνων .....	31
3.3 Οπτικοποίηση ιατρικών δεδομένων .....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> .....	36
ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DICOM .....	36
4.1 Εισαγωγή.....	36
4.2 Η ιστορία του Dicom .....	36
4.3 Κατανεμημένες εφαρμογές (Distributed Application) και DICOM .....	38
4.4 Γενικές αρχές του DICOM.....	40
4.5 Συμπύεση δεδομένων.....	44
4.6 Μοντέλο Πληροφοριών του DICOM.....	46

4.7 Η μορφή του DICOMDIR.....	47
4.8 Εμβέλια και πεδίο εφαρμογής.....	47
4.9 Στόχοι του πρωτότυπου.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> .....	50
Περιγραφή της διαδικασίας υλοποίησης και παρουσίαση των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν.....	50
5.1 Εισαγωγή.....	50
5.2 Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου.....	50
5.3 Δημιουργία τομών στο μοντέλο.....	52
5.4 Δημιουργία βάσεων στα κομμάτια.....	53
5.5 Διαδικασία εκτύπωσης.....	56
5.6 Εκτύπωση αξονικών τομογραφιών.....	59
5.7 Ένωση αξονικών τομογραφιών με τα κομμάτια-φέτες.....	63
5.8 Συναρμολόγηση κρανίου.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 <sup>ο</sup> .....	76
Συμπεράσματα.....	76
Βιβλιογραφία.....	77

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### Η ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

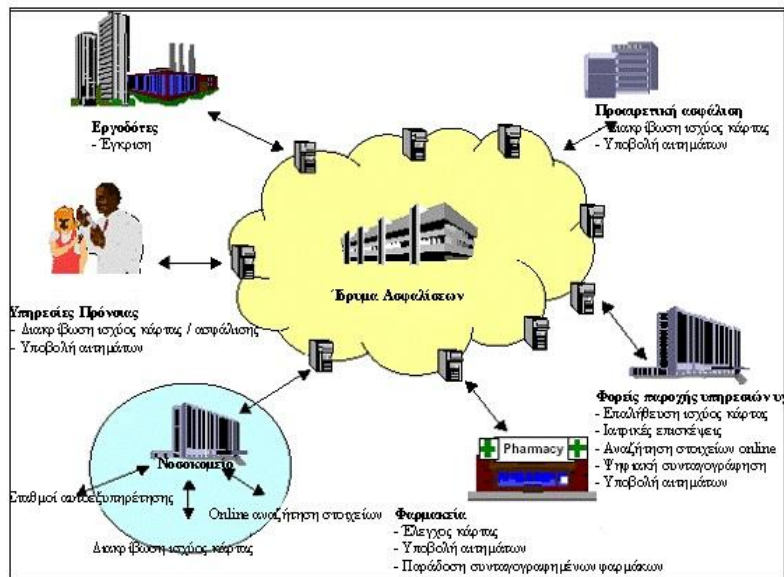
#### 1.1 Ορισμός, χρησιμότητα και εργαλεία της Ιατρικής Πληροφορικής

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 ενδυτά 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 Αναπαράσταση τρόπου λειτουργίας της Ιατρικής Πληροφορικής

## 1.2 Ιστορική αναδρομή

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 «informatics». 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 (Η/Υ) 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 διαχείρισή τους (π.χ. συστήματα Η/Υ όπου διαγνώσεις και αποτελέσματα εξετάσεων αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων για ταχεία ανάκληση).

Η ραγδαία ανάπτυξη των Η/Υ τα τελευταία χρόνια έχει επιφέρει 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. οστόσο, 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 υπάγονται 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 συσσώρευση 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 προφανής, λοιπόν, η ανάγκη τόσο της εκπαίδευσης όσο και της συνεχούς επιμόρφωσης των εργαζόμενων 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 ΙΠ 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 ΙΠ διδάσκεται στα περισσότερα πανεπιστημιακά και επαγγελματικά ιδρύματα και σε ιδιωτικά κολλέγια.

Στην Ελλάδα η ΙΠ 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 παρακολούθησης 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 δραστηριότητες της ευρωπαϊκής κοινότητας στον τομέα της ΙΠ**

Οι ευρωπαϊκές δραστηριότητες προτυποποίησης στον τομέα της Ιατρικής Πληροφορικής και της Τηλεματικής απέκτησαν επίσημη υποστήριξη την άνοιξη του 1990, όταν η CEN (Comite European 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).

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 ευρωπαϊών 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.

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 Ιατρική Πληροφορική στην Ελλάδα

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 (ΤΥΚΑ). Η δε ενσωμάτωση των ΤΠΕ στον ΤΥΚΑ 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 (Κοινωνικό 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 (ΙΥΠΕ, 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 ΥΚΑ (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 Ιράσης 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 ΥΚΑ 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.

➤ Έλεγχος 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 (ΝΗΙΣ), δηλαδή του εθνικού συστήματος που θα οργανώσει τα δεδομένα υγείας του κάθε πολίτη.

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 δημοσίου 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.

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 Ιαδίκτυο με όλες τις παρελκόμενες υπηρεσίες, τηλεδιάσκεψη, ηλεκτρονική εκπαίδευση, 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 περίθαλψης. 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 Εφαρμογές της Ιατρικής Πληροφορικής

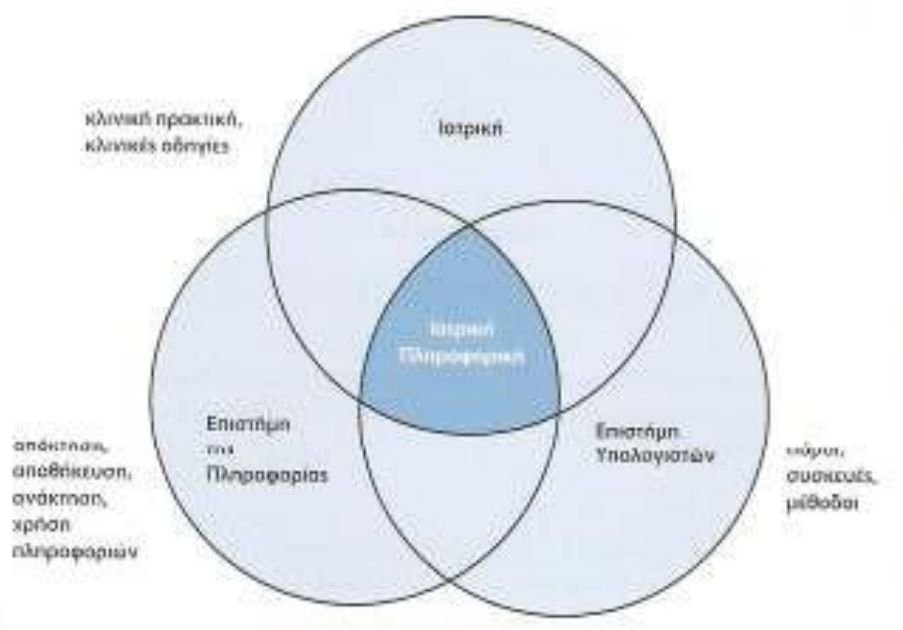
Η Ιατρική Πληροφορική εφαρμόζει μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί σε διάφορες επιστημονικές περιοχές σε πολλά και διαφορετικά θέματα. Με τη σειρά της, συχνά δημιουργεί νέες, περισσότερο γενικές μεθοδολογίες εμπλουτίζοντας τους επιστημονικούς κλάδους από τις οποίες τις δανείστηκε.

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 θεραπειάς 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:

- **Επίπεδο 1<sup>ο</sup>**, 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.
- **Επίπεδο 2<sup>ο</sup>**, 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.
- **Επίπεδο 3<sup>ο</sup>**, 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.
- **Επίπεδο 4<sup>ο</sup>**, 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.
- **Επίπεδο 5<sup>ο</sup>**, εντολές ιατρικής/νοσηλευτικής φροντίδας, ιστορικό ασθενούς.
- **Επίπεδο 6<sup>ο</sup>**, 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.
- **Επίπεδο 7<sup>ο</sup>**, πρωτόκολλα κατευθυνόμενης περίθαλψης, υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων. Όλες οι παραπάνω υπηρεσίες ανταλλάσσονται με μηνύματα μέσω υπολογιστή μέσω του προτύπου HL7.

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.



Εικόνα 1 2 Η επιστημονική περιοχή της ιατρικής πληροφορικής



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### Η ΙΑΤΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

#### 2.1 Ορισμός της Ιατρικής Απεικόνισης και η χρησιμότητά 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 Χ, 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 εμπειρογνώστας 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 Χ. Οι Ακτίνες Χ, ενώ μεταδίδονται μέσα από το σώμα, περνούν από εξασθένηση με βάση την πυκνότητα των εσωτερικών δομών.

Έτσι, η εξασθένηση της ενέργειας με ακτίνες Χ 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.

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, πυελικές, 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 Χ παράγει ραδιογραφικές και υπολογιστικής τομογραφίας (CT) εικόνες των περισσότερων τμημάτων του σώματος.

Η διαφορική απορρόφηση των ακτίνων Χ 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.

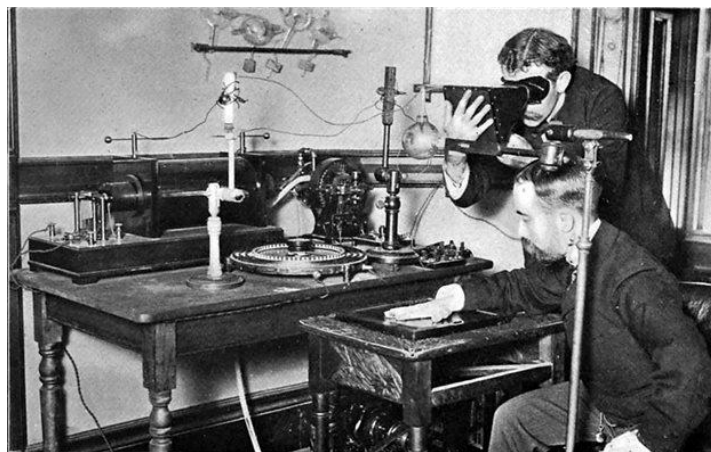
Οι εικόνες, σταθερές ή κινούμενες, αποτελούν βασικό στοιχείο στην ιατρική εκπαίδευση, γιατί μεγάλο μέρος της ιατρικής διάγνωσης και θεραπείας εξαρτάται από την απεικόνιση και τις δεξιότητες που απαιτούνται για την ερμηνεία των εικόνων. Βιβλιοθήκες περιστατικών, διδασκαλία, χάρτες, τρισδιάστατα μοντέλα, 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 Ιστορική αναδρομή

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.



Εικόνα 2 1 Ένα από τα πρώτα συστήματα απεικόνισης

Όλα ξεκίνησαν στο τέλος του 19ου 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

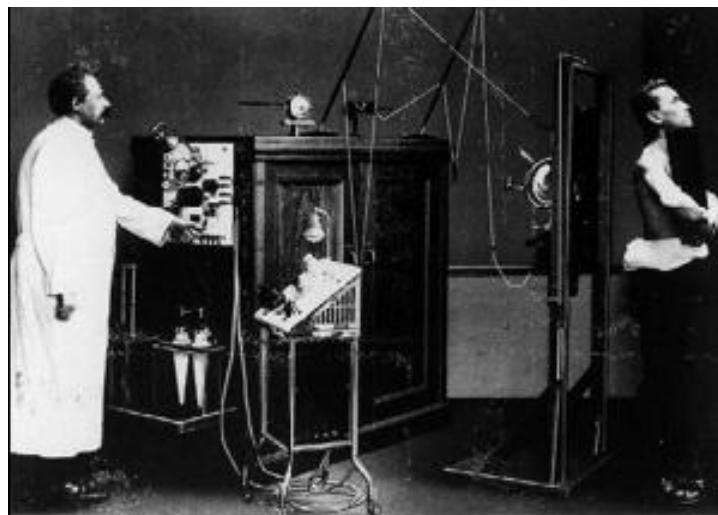
---

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 Χ (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 απεικόνιση 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 μετατροπείς 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 Χ αναβαθμίστηκαν σε όλες τις ψηφιακές τεχνολογίες. Τελικά, όλες οι κασέτες φιλμ / συστήματα οθόνης αντικαταστάθηκαν από ψηφιακούς ανιχνευτές ακτίνων Χ. Αυτή η τεχνολογία είναι προς το παρόν σε εξέλιξη και είναι διαθέσιμη μόνο σε λίγες περιοχές σε όλο τον κόσμο. Ένα ενδιάμεσο 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 Χ 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 Τεχνικές Ιατρικής Απεικόνισης και υπολογιστικά συστήματα απεικόνισης (μέθοδοι δημιουργίας εικόνων)

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

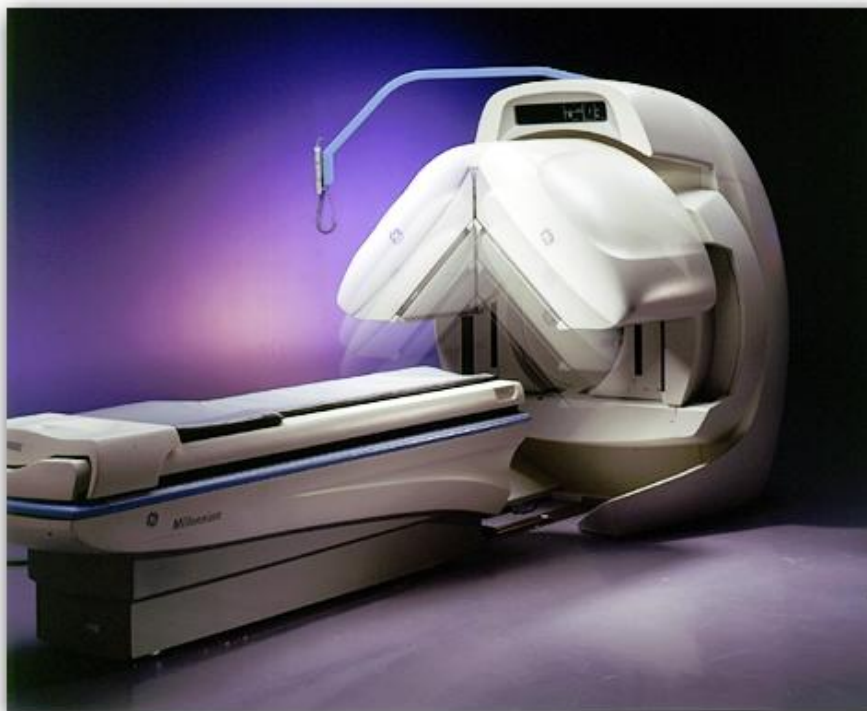


από τον άξονα του εξεταζόμενου. Ο υπολογιστής έχει προγραμματιστεί να συλλέγει και να επεξεργάζεται μεγάλο πλήθος πληροφοριών και συνθέτει την εικόνα μιας τομής του εξεταζόμενου σώματος ανά περιστροφή. Η Υ.Τ. προσφέρει τη δυνατότητα εντοπισμού και απεικόνισης π.χ. εσωτερικού μορφώματος και, αν θεωρηθεί 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-κάμερα 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 – ποζιτρονική 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.

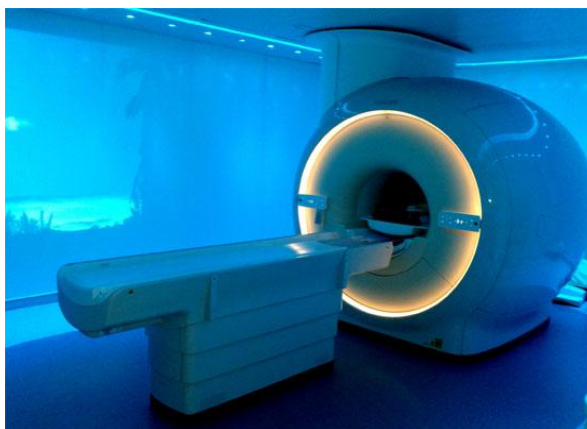


**Εικόνα 2 8** Pet Scanner

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.

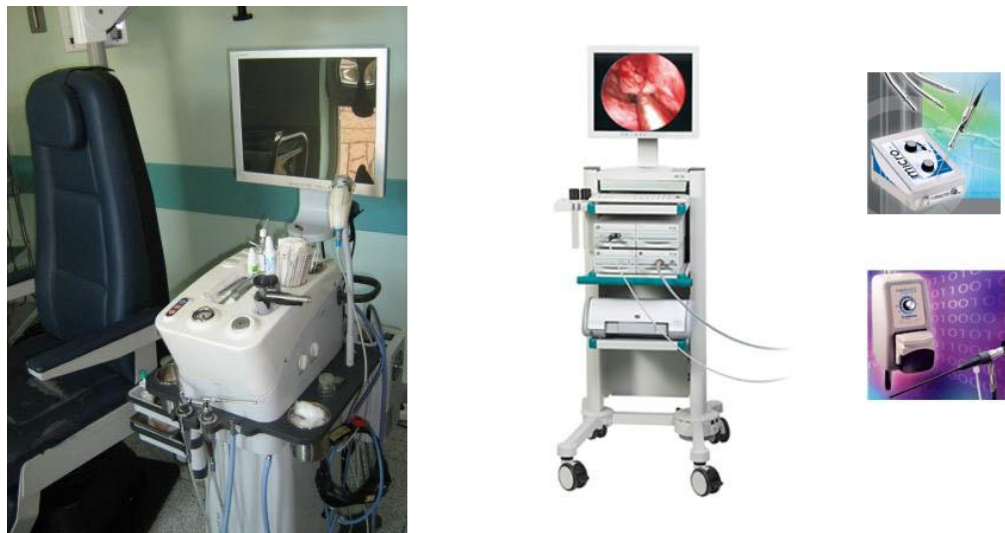
Το MRI παράγει ένα πακέτο τομογραφιών του εξεταζόμενου και κάθε σημείο κάθε εικόνας-τομής έχει απόχρωση (επίπεδο του γκρι) που εξαρτάται από τις μικρο-μαγνητικές ιδιότητες του αντίστοιχου σημείου στον ιστό. Το σύστημα MRI απεικονίζει με μεγάλη ευαισθησία (high sensitivity) τις ανατομικές μικρο-διαφοροποιήσεις. 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 Σύστημα Χιον

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΙΑΤΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

#### 3.1 Εισαγωγή

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 νευροφυσιολογικός 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 περισσότερων διαστάσεων χρησιμοποιείται, επίσης, ο όρος voxel.

### 3.2 Είδη ιατρικών εικόνων

Μεγάλη είναι η σημασία της ανάλυση της ιατρικής εικόνας με την βοήθεια πληροφοριακών συστημάτων η οποία συμβάλλει στην εξαγωγή ιατρικών συμπερασμάτων, ιατρικής πληροφορίας και υποβοηθά στη παρακολούθηση και αξιολόγηση της νόσου.

Τα είδη των ιατρικών εικόνων είναι:

- Δύο διαστάσεων ( 2D ): Ακτινογραφίες, υπέρηχοι
- Τριών διαστάσεων ( 3D ): Υπολογιστική τομογραφία ( CT ), μαγνητική τομογραφία ( MRI ), τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων ( PET ), τομογραφία εκπομπής φωτονίου ( SPECT ).
- Τεσσάρων διαστάσεων ( 4D ): Δυναμική αλληλουχία ογκομετρικών δεδομένων από μία δυναμική τομογραφική μελέτη.
- Πέντε διαστάσεων ( 5D ): Χρονική αλληλουχία ογκομετρικών δεδομένων από μία δυναμική τομογραφική μελέτη που απεικονίζει επιπλέον την τιμή κάποιας παραμέτρου ενδιαφέροντος (π.χ. μελέτη μαγνητικής φασματοσκοπίας της καρδιάς).

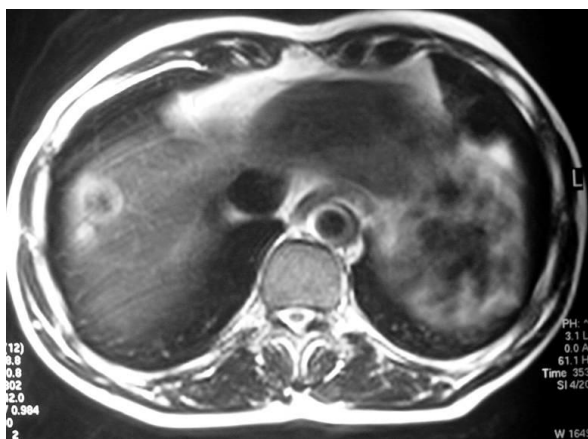
Ακολουθούν αντιπροσωπευτικές εικόνες για το κάθε είδος ιατρικής εικόνας:



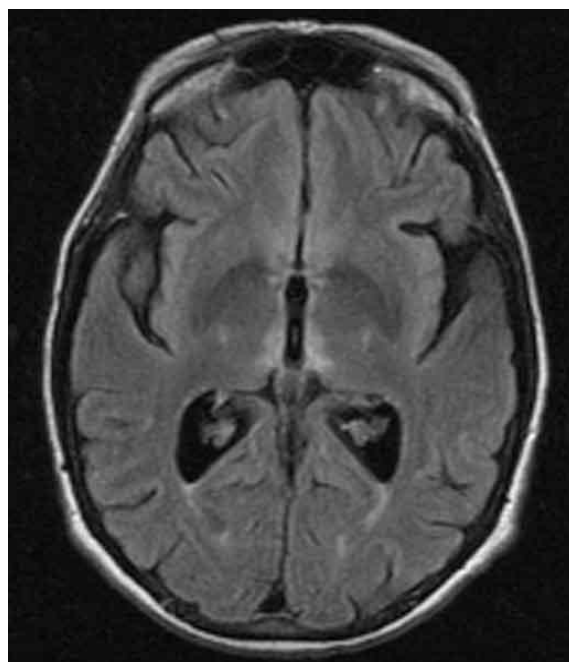
Εικόνα 3 1 Ακτινογραφία



**Εικόνα 3 2** Υπέρηχος

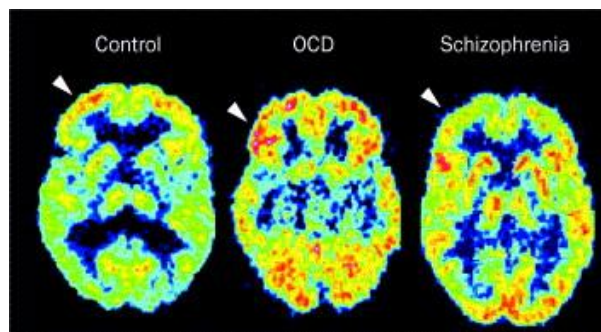


**Εικόνα 3 3** Υπολογιστική τομογραφία ( CT )



**Εικόνα 3 4** Μαγνητική τομογραφία ( MRI )





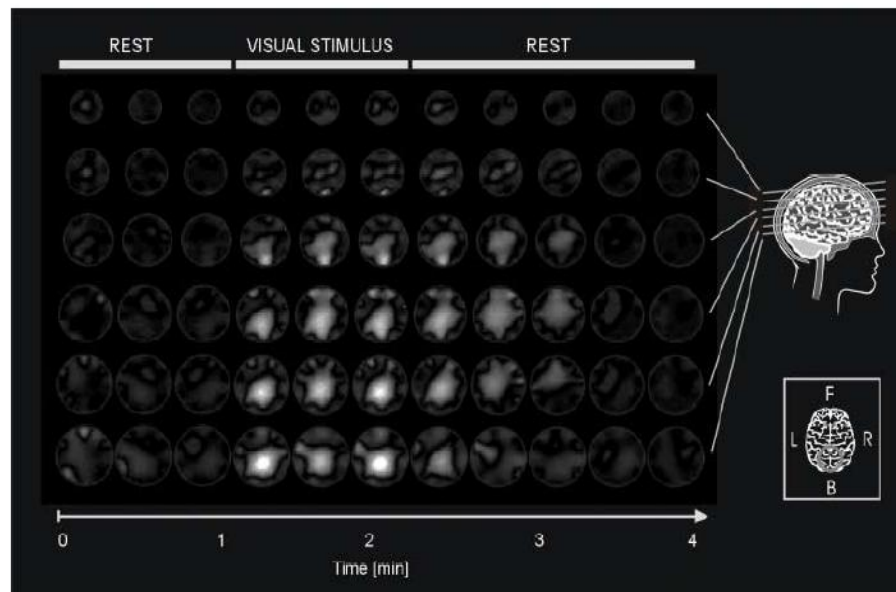
Εικόνα 3 5 Τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων ( PET )

Επίσης, μια σχετικά νέα μέθοδος που βρίσκεται ακόμα μακριά από την αποδοχή της σαν μια καθιερωμένη κλινική μορφή απεικόνισης, είναι η τομογραφία σύνθετης αντίστασης (EIT). Υπό κάποια έννοια είναι συγγενική της οπτικής τομογραφίας. Αυτή εφαρμόζεται ιδιαίτερα στις τεχνικές αναδημιουργίας εικόνας. Η EIT παράγει μια εικόνα της ειδικής αντίστασης του σώματος, η οποία ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών τύπων ιστών.

Παραδείγματος χάριν, το οστό έχει μια ειδική αντίσταση 150 W cm. ενώ το αίμα είναι ένας πολύ καλύτερος αγωγός με μόνο 1,6 W cm. Χαρακτηριστικά 16 ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε ίσες αποστάσεις γύρω από την περιοχή ενδιαφέροντος, παραδείγματος χάριν το θώρακα, ή τον εγκέφαλο. Ένα εναλλασσόμενο ρεύμα σε συχνότητες της τάξης δεκάδων kHz εγχέεται μέσω ενός ζευγαριού ηλεκτροδίων, και η προκύπτουσα διαφορά ηλεκτρικής τάσης που μετρείται μεταξύ των υπόλοιπων ηλεκτροδίων. Ενώ οι αναλυτές στην αρχή χρησιμοποίησαν απλό backprojection για την αναδημιουργία, οι πιά πρόσφατες μέθοδοι αναδημιουργίας που έχουν υιοθετηθεί παρέχουν πολύ περισσότερο ακριβείς εικόνες. Αυτές οι μέθοδοι είναι απαραίτητες λόγω της έμφυτης μη γραμμικότητας του προβλήματος. Η εξίσωση που διέπει το πρόβλημα είναι η εξίσωση Laplace:

$$\nabla \cdot \rho^{-1} \nabla V(\rho) = 0 \quad (1)$$

η οποία συσχετίζει την τάση  $V$  και την ειδική αντίσταση  $\rho$ . Μια επαναληπτική αναδημιουργία για την κατανομή της ειδικής αντίστασης από ένα σύνολο μετρήσεων ηλεκτρικής τάσης στοχεύει να ελαχιστοποιήσει ένα σφάλμα που βασίζεται στη σύγκριση των πραγματικών και προσομοιούμενων στοιχείων. Αν και διακριτική ικανότητα των εικόνων EIT είναι σχετικά χαμηλή (της τάξης 10-20% της διάστασης του αντικειμένου), έχει τα πλεονεκτήματα της πολύ γρήγορης απόκτησης στοιχείων σε κλάσματα του δευτερολέπτου, της έλλειψης γνωστών σοβαρών κινδύνων, και του σχετικά χαμηλού κόστους.



**Εικόνα 3.6** Εικόνες EIT της ενήλικης οπτικής αντίδρασης, που δείχνει τις αλλαγές σύνθετης αντίστασης που οφείλονται στην αύξηση του όγκου του αίματος.

### 3.3 Οπτικοποίηση ιατρικών δεδομένων

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 Ξερατολογία. 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 κρουσηξία, 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.

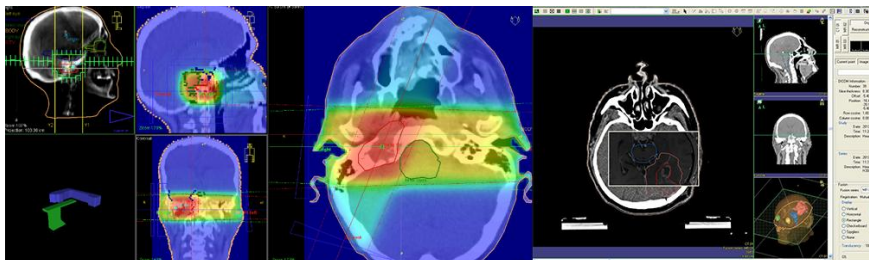
Οι ανατομικές δομές μπορούν να εξαχθούν και να αναπαρασταθούν με τη μορφή ενός συνόλου 2D εικόνων, που αντιστοιχούν στις τομές που παράγονται από την έξοδο των ιατρικών μηχανημάτων σε ένα σύνολο από παράλληλα επίπεδα. Είναι πολύ δύσκολο να γίνουν κατανοητά το σχήμα και η μορφολογία των ανατομικών δομών 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:

- Τεχνικές απόδοσης όγκου (volume rendering) και
- 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 7** Εικονικός εξομοιωτής

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DICOM

#### 4.1 Εισαγωγή

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. 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 Η ιστορία του Dicom

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. 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.

Η ιστορία του DICOM, μας γυρνάει πίσω στην αρχή της δεκαετίας του '80. 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 μηχάνημα 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 χασομική.

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. 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.

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 ARC-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 ARC-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.

Ποια όμως η σχέση του DICOM με άλλα παγκόσμια πρότυπα όπως της Ευρώπης και της Ιαπωνίας; Πρώτα από όλα το DICOM δεν είναι ένα ANSI πρότυπο όπως για παράδειγμα το Health Level 7 (HL7) πρότυπο, το οποίο είναι το επικρατέστερο σε όλα τα νοσοκομειακά τμήματα, εκτός από τα τμήματα Ιατρικής απεικόνισης. Η συζήτηση για το αν και πότε το DICOM θα γίνει ένα ANSI πρότυπο δεν σταμάτησε ποτέ. Στην επιτροπή του DICOM όμως μέχρι και σήμερα η επικρατέστερη άποψη είναι ότι οι περιορισμοί στο πρότυπο θα είναι περισσότεροι από ότι τα οφέλη.

Το DICOM σήμερα σαν ένα διεθνές πρότυπο, είναι 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.

Υπάρχουν ισχυροί δεσμοί ανάμεσα στο DICOM και άλλους οργανισμούς ώστε να επιβεβαιώνεται η διεθνής υποστήριξή του, να αποφεύγονται αλληλοκαλύψεις 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: Comitee 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.

Οι μη Ευρωπαίοι δεν μπορούν φυσιολογικά να συμμετέχουν στις εργασίες του CEN WGs, μερικές φορές όμως τα μέλη του DICOM πήραν μέρος στην πρώτη 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.

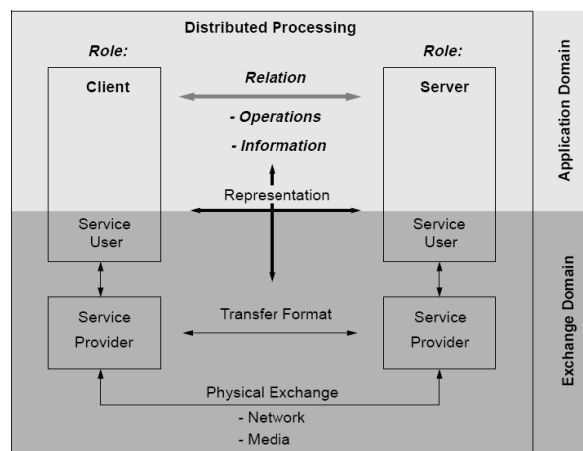
Η Ευρωπαϊκή γραμματεία είναι κομμάτι της Ευρωπαϊκής Συντονιστικής Επιτροπής, των Ακτινολόγικων και Ηλεκτροτεχνικών Κατασκευών (COCIR), που αποτελεί το Ευρωπαϊκό ισότιμο του NEMA.

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.

Το DICOM 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.

### 4.3 Κατανεμημένες εφαρμογές (Distributed Application) και DICOM

Ένα απλό μοντέλο κατανεμημένης διεργασίας μπορεί να εξηγήσει τους μηχανισμούς και την ορολογία του προτύπου DICOM.



Εικόνα 4 1 Κατανεμημένες διεργασίες του Dicom

Μια κατανεμημένη διεργασία έχει τουλάχιστον δύο επιμέρους διεργασίες που μοιράζονται πληροφορίες και η κάθε μια στηρίζεται σε δεδομένα που θα πάρει από την άλλη. Ένας αριθμός κατανεμημένων διεργασιών που δρουν από κοινού συνήθως ορίζουν μια υπηρεσία (service). Στις περισσότερες κατανεμημένες διεργασίες, οι διαδικασίες που αφορούν την εφαρμογή είναι ανεξάρτητες από τις διαδικασίες που αφορούν την επικοινωνία μεταξύ των διεργασιών.

Πριν από τη κοινή δράση κατανεμημένων διεργασιών πρέπει να καθοριστούν οι ρόλοι κάθε πλευράς. Αρχικά πρέπει να καθοριστεί ο ρόλος του client και ο ρόλος του server. Η πλευρά που χρησιμοποιεί τις δυνατότητες της άλλης πλευράς έχει συνήθως το ρόλο του client ενώ η άλλη το ρόλο του server. Οι απαιτήσεις που έχει η μία πλευρά από την άλλη καθορίζουν τη σχέση (relation) που τις διέπει. Η σχέση καθορίζει κάτω από ποιες συνθήκες θα αρχικοποιηθεί η διεργασία. Στις περισσότερες περιπτώσεις το έναυσμα το δίνει ο client αλλά μερικές φορές την αρχικοποίηση την κάνει ο server.

Εκτός από τους ρόλους πρέπει να συμφωνηθεί και το ποιες πληροφορίες (information) θα ανταλλάγουν. Σε αυτό το σημείο μας ενδιαφέρει η ανταλλαγή πληροφοριών σημασιολογικά και όχι από την άποψη του τρόπου που παρουσιάζεται και κωδικοποιείται (syntax). Η πληροφορία καθορίζεται από το περιβάλλον (context) της υπηρεσίας (service) και από την διεργασία που υλοποιείται. Κάθε ξεχωριστή διεργασία έχει μια επιλεκτική όψη της πληροφορίας, αλλά αυτή η όψη πρέπει να συμβαδίζει με όλο το περιβάλλον της διεργασίας.

Η λειτουργία (operation) καθορίζει την επεξεργασία που θα υποστεί η ανταλλαγμένη πληροφορία στην άλλη πλευρά π.χ. αποθήκευση ή επιστροφή κάποιου αποτελέσματος.

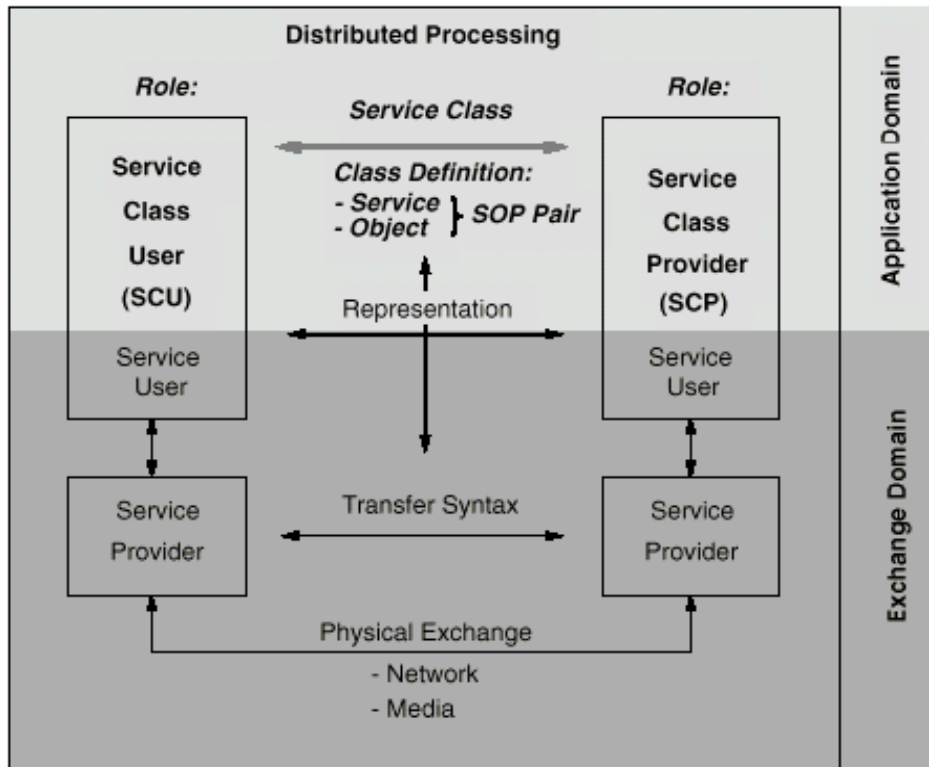
Με όλα τα προηγούμενα θέματα ασχολείται το application domain της κατανεμημένης διεργασίας. Ο συνδυασμός των context, relation, operation και information είναι ο ακρογωνιαίος λίθος κάθε κατανεμημένης διεργασίας και πρέπει να καθοριστούν πριν πραγματοποιηθεί κάθε επιτυχημένη υλοποίηση αυτής.

Ο ακριβής τρόπος ανταλλαγής των δεδομένων δεν είναι θέμα του application domain αλλά υπηρεσιών χαμηλότερων επιπέδων (π.χ. TCP/IP) που κανονίζονται από το exchange domain της διεργασίας. Ο client και ο server πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες χαμηλότερων επιπέδων. Οι υπηρεσίες των χαμηλότερων επιπέδων χειρίζονται την ανταλλαγή της πληροφορίας και γενικά δεν είναι εμφανείς από το application domain (είτε του client είτε του server). Το μέλος εκείνο που ζητά κάποια υπηρεσία είναι ο service user ενώ το άλλο μέλος είναι ο service provider.

Οι δύο πλευρές μπορεί να έχουν εντελώς διαφορετική υλοποίηση αλλά αυτό που έχει σημασία είναι να έχουν κοινή γνώση για τον τρόπο ανταλλαγής των δεδομένων (protocol) και να έχουν το ίδιο λογικό interface μεταξύ τους. Ακόμη πρέπει και οι δύο πλευρές να γνωρίζουν τον τρόπο που η πληροφορία κωδικοποιείται σε bits και bytes. Ο service provider πρέπει να προσδιορίζει το format της πληροφορίας και να την μετατρέψει στην αναπαράσταση (representation) εκείνη, που είναι κατανοητή από το application domain. Μετά την ανταλλαγή της πληροφορίας οι δύο πλευρές πρέπει να έχουν την ίδια πληροφορία ανεξαρτήτως των όσων μετατροπών αυτή υποβλήθηκε και του τρόπου μεταφοράς της πληροφορίας.

Η φυσική ανταλλαγή (physical exchange) μεταξύ των service providers κάθε πλευράς μπορεί να γίνει είτε μέσω του δικτύου είτε μέσω των μέσων (π.χ. οπτικών δίσκων ή μαγνητικών ταινιών).

## 4.4 Γενικές αρχές του DICOM



Εικόνα 4 2 Dicom Services Classes

Το DICOM χρησιμοποιεί τη δική του ορολογία για να περιγράψει το προηγούμενο μοντέλο της κατανεμημένης διεργασίας.

Η σχέση (relation) μεταξύ δύο συνεργαζόμενων διεργασιών καθορίζεται από την περιγραφή της κλάσης της υπηρεσίας (Service class). Η Service class περιγράφει το ρόλο των δύο διεργασιών. Το περιβάλλον (context) μιας υπηρεσίας ορίζεται από τις ανεξάρτητες Service classes που την αποτελούν. Στο DICOM οι ρόλοι του client και του server ονομάζονται Service Class User ή SCU και Service Class Provider ή SCP αντίστοιχα. Δεν πρέπει να συγχέονται οι SCU και SCP με τους service users και service providers του exchange domain.

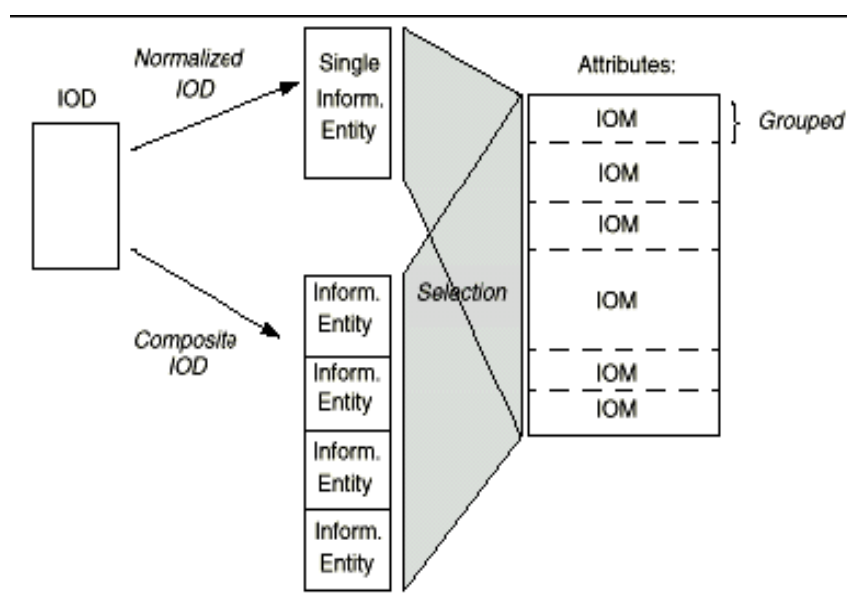
Ένα κομμάτι της Service class είναι η περιγραφή της πληροφορίας (information) και της λειτουργίας (operation). Στο DICOM αυτά ορίζονται με αντικειμενοστραφή τρόπο και συνδυάζονται με τον ορισμό της κλάσης Service Object Pair Class ή SOP Class. Σε κάθε ορισμό μιας SOP Class υπάρχει ένας απλός ορισμός αντικειμένου πληροφορίας (Information Object Definition) ή IOD ο οποίος συνδυάζεται με μία ή περισσότερες υπηρεσίες. Για κάθε μια υπηρεσία ο ρόλος που πρέπει να παίξουν οι δύο συνεργαζόμενες διεργασίες είναι καθορισμένος. Μια service class μπορεί να έχει περισσότερες από μια κλάσεις SOP όταν εμπλέκει περισσότερους από ένα IOD. Η Service class καθορίζει τη σχέση των πληροφοριών που ορίζονται σε ξεχωριστά IOD.

Οι κλάσεις SOP καθορίζουν τις δυνατότητες κάθε κατανεμημένης διεργασίας σε μια συγκεκριμένη Service class. Όταν οι συνεργαζόμενες διεργασίες συμφωνήσουν στο να χρησιμοποιήσουν μια SOP class, πρέπει να επιβεβαιώσουν ότι θα παίξουν το ρόλο που έχει καθοριστεί για αυτές από τη Service class. Πριν από



την ανταλλαγή της πληροφορίας πρέπει να αναγνωριστεί η SOP class. Ο μηχανισμός που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τον τρόπο της ανταλλαγής της πληροφορίας (δίκτυο ή μέσο). Χρησιμοποιώντας τη Service class οι συνεργαζόμενες διεργασίες λειτουργούν μαζί μέσα από τις υπηρεσίες του exchange domain.

Το τμήμα της πληροφορίας μιας SOP class ορίζεται σε ένα IOD. Ένα IOD είναι μία συλλογή από συσχετιζόμενες πληροφορίες, που ομαδοποιούνται σε οντότητες πληροφορίας (Information Entities). Κάθε οντότητα περιέχει πληροφορίες για ένα απλό θέμα π.χ. ασθενής εικόνα κλπ. Ανάλογα με το περιβάλλον (context) που ορίζεται από τη Service class ένα IOD μπορεί να αποτελείται από μία information entity (normalized IOD) ή συνδυασμό από information entities (composite IOD).



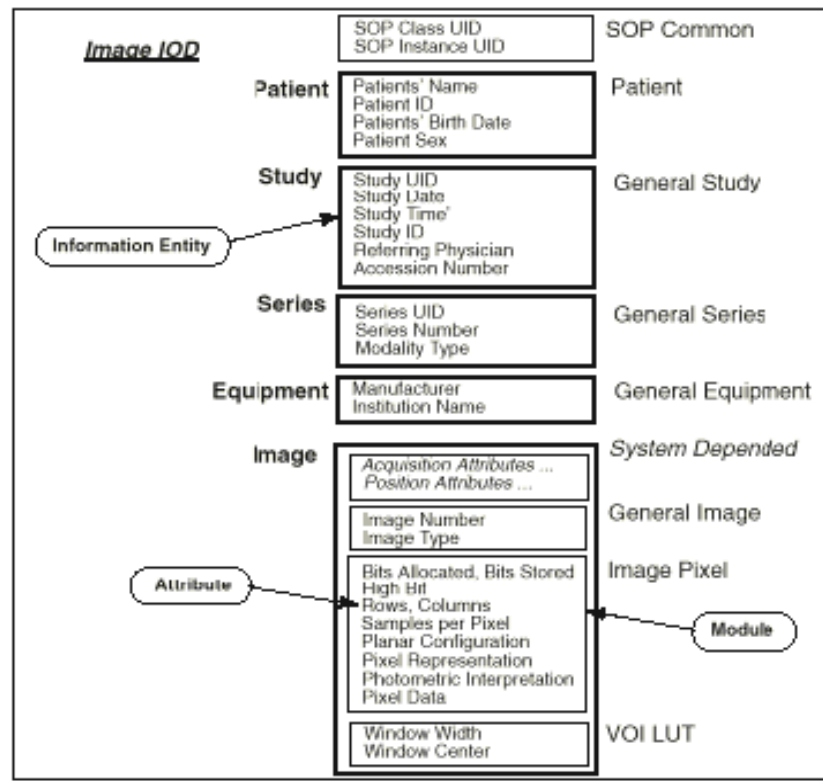
Εικόνα 4 3 Σχέσεις IOD και χαρακτηριστικά

Η σχέση μεταξύ των information entities (δομή) των composite IOD περιγράφεται από το πληροφοριακό μοντέλο (information model) που ανήκει σε κάθε Service class. Τα normalized IOD (μόνο ένα information entity) δεν χρειάζονται κάποια περιγραφή της δομής τους. Οι σχέσεις τους με άλλα κομμάτια πληροφορίας γίνονται με απευθείας αναφορά σε αυτή την πληροφορία. Τα information entities αποτελούνται από χαρακτηριστικά (attributes), που περιγράφουν ένα πολύ μικρό κομμάτι της πληροφορίας (π.χ. το όνομα του ασθενούς). Τα attributes 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.

Τα attributes είναι δομικές οντότητες πληροφορίας που πρέπει να περιγράφονται με ακρίβεια και λεπτομέρεια. Στο πρότυπο του DICOM τα attributes περιγράφονται με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- 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 attribute 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 4 Παράδειγμα IOD

Τα Service elements καθορίζουν τις λειτουργίες που επιτρέπονται σε ένα IOD σε μια συγκεκριμένη SOP class. Μία ομάδα από service elements που ανήκουν στην ίδια SOP class λέγεται Service Group. Τα Service groups μιας SOP class επιλέγονται από μια καθορισμένη λίστα των Service elements του DICOM. Μερικά Service elements χρησιμοποιούνται με composite IOD και άλλα με normalized IOD.

Μία τρίτη κατηγορία είναι τα Service elements που συσχετίζονται με τα μέσα αποθήκευσης και χειρίζονται τις normalized και composite SOP classes σαν αρχεία. Τα Service elements που χειρίζονται τα composite IOD (π.χ. transfer image) έχουν πιο σύνθετο νόημα π.χ. STORE, FIND, MOVE. Από την άλλη τα Service elements που χειρίζονται normalized IOD κάνουν πιο απλές και πρωτογενείς εργασίες όπως GET, SET, ACTION κλπ. Κάθε SOP class χρησιμοποιεί Service elements από οποιαδήποτε κατηγορία.

Τα διαθέσιμα Service elements είναι: (C-xxxx = composite και N-xxxx = normalized ) C-Store, C-find, C-move, C-get, C-cancel, C-echo, N-get, N-set, N-action, N-create, N-delete, και N-event-report. Η σημασία αυτών των Service elements εξαρτάται από την Service class και την SOP class μέσα στις οποίες χρησιμοποιούνται. Τα Service elements που σχετίζονται με τα μέσα είναι: M-write, M-read, M-delete, M-inquire-file-set και M-inquire-file και χρησιμοποιούνται για τον χειρισμό των αρχείων. Το DICOM καθορίζει το message exchange service στο τμήμα 7 του προτύπου.

Όλοι οι προηγούμενοι ορισμοί σχηματοποιούνται και μπαίνουν σε εφαρμογή στις καταναμημένες διεργασίες. Μετά τη συμφωνία μεταξύ των δύο μερών για τις

SOP class που θα υποστηριχθούν (και συνεπώς της Service class), καθώς και για τον τρόπο που θα μοιραστούν οι ρόλοι του SCU και του SCP, μπορεί να αρχίσει η ανταλλαγή των στιγμιότυπων SOP μεταξύ των δύο μερών. Τα attributes πρέπει να δοθούν με τις σωστές (σημασιολογικά) τιμές μέσα στο στιγμιότυπο SOP όπως έχει οριστεί στον καθορισμό των attributes. Μετά τη συλλογή των πληροφοριών, πρέπει να ακολουθήσει κωδικοποίηση με βάση τα καθορισμένα format του DICOM, χρησιμοποιώντας τις ετικέτες (Tags) και τις αναπαράστασεις τιμών (Representation Values) που θα δημιουργήσουν το σύνολο δεδομένων (data set) του DICOM.

Σε αυτό το σύνολο δεδομένων κάθε attribute θα είναι ένα στοιχείο δεδομένων (data element). Αυτό το σύνολο δεδομένων μεταφέρεται στον Service provider που πρέπει να διασφαλίσει ότι στην άλλη πλευρά θα φτάσει ένα ισοδύναμο σύνολο δεδομένων. Οι διαφορές στην αναπαράσταση των δεδομένων κατά τη μεταφορά λαμβάνονται υπόψη έτσι ώστε να διασφαλίσουμε ότι οι σημασιολογικές τιμές των δεδομένων παραμένουν ανέπαφες. Ο παραλήπτης των δεδομένων θα τα αποκωδικοποιήσει για να εξάγει την πληροφορία που χρειάζεται για να παίξει το ρόλο που έχει καθοριστεί από τη SOP class.

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 στιγμιότυπο της. Το attribute αυτό έχει την ονομασία Unique identifier ή UID και είναι της μορφής: "root", "suffix".

Το τμήμα που αναφέρεται στο <root> δίνεται από κάποια αρχή που εγγυάται ότι κανείς άλλος σε παγκόσμιο επίπεδο δεν χρησιμοποιεί το ίδιο root δηλαδή είναι μοναδικό για κάθε οργανισμό π.χ. νοσοκομείο, Philips κλπ. Το τμήμα <suffix> δημιουργείται δυναμικά από το σύστημα κατά τη δημιουργία του στιγμιότυπου. Σε περίπτωση που γίνει αντίγραφο του στιγμιότυπου τότε το UID παραμένει το ίδιο έτσι ώστε πάντα το ίδιο στιγμιότυπο να έχει το ίδιο UID.

Τα UID εκτός από την αναγνώριση των στιγμιότυπων SOP χρησιμοποιούνται και για τον καθορισμό σχέσεων μεταξύ των στιγμιότυπων. Αν υποθεθεί ότι υπάρχει μια εικόνα που ανήκει σε ένα composite στιγμιότυπο μιας σειράς εικόνων (π.χ. μιας αξονικής τομογραφίας), και αν υποθεθεί ότι αυτό το στιγμιότυπο της σειράς των εικόνων έχει ένα UID τότε κάθε εικόνα που ανήκει σε αυτό το στιγμιότυπο της σειράς θα πρέπει να έχει στο attribute series instance UID την ίδια τιμή. Με αυτό τον τρόπο δηλώνεται η σχέση που έχουν αυτές εικόνες και ανήκουν στο ίδιο στιγμιότυπο σειράς. Στην περίπτωση normalized στιγμιότυπων μόνο αναφορά έξω από το στιγμιότυπο είναι δυνατή, εδώ το UID χρησιμεύει για την αναγνώριση του συνδυασμού της κλάσης και του στιγμιότυπου. Αυτή είναι επίσης η περίπτωση που οι εικόνες αναφέρονται η μία στην άλλη όταν έχουν κάποια συγκεκριμένη σχέση. Με τη χρήση των UID εξετάζεται αν δύο στιγμιότυπα είναι ίδια. Στην περίπτωση που τα UID είναι κάποιο χαρακτηριστικό που έχει και άλλη ερμηνεία π.χ. ημερομηνία και ώρα μπορούν να ταξινομηθούν τα στιγμιότυπα ως προς αυτό το χαρακτηριστικό και έτσι να οριστούν και άλλες σχέσεις.

Το πρότυπο DICOM επιτρέπει προεκτάσεις ώστε να διευκολύνει την ανταλλαγή των ιδιωτικών πληροφοριών των κατασκευαστών. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την περίπτωση που η πληροφορία πρέπει να ανταλλαχτεί, ενώ δεν είναι προτυποποιημένη ακόμα από το DICOM.

Το DICOM επιτρέπει ευελιξία στους κατασκευαστές, ώστε να χρησιμοποιούν αντικείμενα και τύπους δεδομένων, όπως και SOP Classes που δεν καλύπτονται από το πρότυπο. Αυτό επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων στις εφαρμογές χρησιμοποιώντας το πλαίσιο εργασίας του DICOM, μια και σε αντίθετη περίπτωση θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν από την εταιρεία ιδιόκτητα πρωτόκολλα.

---

Τρεις διαφορετικές παρεκκλίσεις ή προεκτάσεις, επιτρέπονται από το πρότυπο DICOM:

- Η εξειδίκευση (specialization), χρησιμοποιείται όταν ένα attribute element του προτύπου, περιορίζει κάποια εφαρμογή. Το specialization χρησιμοποιείται συχνά στα πλαίσια του DICOM, ώστε να περιοριστεί το εύρος των τιμών μιας ιδιότητας σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο εικόνας. Στο αντικείμενο μιας εικόνας τύπου MR, για παράδειγμα, ο αριθμός των bit/pixel (0028,0100) εξειδικεύεται και παίρνει την τιμή των 16, ενόσω η γενική image module επιτρέπει μεγαλύτερη επιλογή.
- Προέκταση (extension), είναι η περίπτωση όπου ένα στοιχείο (element), προστίθεται σε ένα αντικείμενο που καθορίζεται από το πρότυπο, αλλά δεν καθορίζεται ως κομμάτι αυτού του αντικειμένου. Για παράδειγμα, ένας πωλητής που θέλει να προσθέσει μια πληροφορία στο αντικείμενο εικόνας CR και με σκοπό να αποφύγει την πρόσθεση ενός πλήρως νέου στοιχείου, δανείζεται τον ορισμό από ένα άλλο μη CR αντικείμενο, το οποίο όμως καθορίζεται από το DICOM. Αυτά τα στοιχεία δεδομένων καθορίζονται από το πρότυπο και ονομάζονται «standard extended» αντικείμενα. Στο φύλλο συμμόρφωσης θα πρέπει ξεκάθαρα να αναγνωρίζονται όλες οι προσθήσεις στο πρότυπο και τα ιδιωτικά στοιχεία (private elements) που χρησιμοποιούνται, κάτι που στην πράξη δεν συμβαίνει πάντα.
- Ιδιωτικά δεδομένα (private data). Σε λίγες περιπτώσεις οι κατασκευαστές βρίσκουν αναγκαίο να καθορίσουν ιδιωτικές SOP Classes για να στέλνουν δεδομένα. Αυτό γίνεται μερικές φορές όταν οι επιτροπές του προτύπου αναπτύσσουν νέα αντικείμενα εικόνων και οι κατασκευαστές επιθυμούν να αρχίσουν να στέλνουν δεδομένα χρησιμοποιώντας το DICOM. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι κατασκευαστές πρέπει να δημιουργήσουν ιδιωτικά καθορισμένα UID, για τη SOP Class και να την καθορίσουν πλήρως στο φύλλο συμμόρφωσης. Μερικές φορές γίνεται χρήση σε ιδιωτικές transfer syntaxes όπως αυτές που χρησιμοποιούνται σε νέους αλγόριθμους συμπίεσης.

Στην πραγματικότητα οι εξειδικεύσεις, προσθήσεις και προεκτάσεις είναι δίκτοπο μαχαίρι για τους χρήστες. Από την μια πλευρά επιτρέπεται στους κατασκευαστές να συμβάλουν στην ανάπτυξη νέων προσθέσεων στο DICOM, το οποίο μέχρι τώρα αποδεικνύεται πολύ δυναμικό πρότυπο. Από την άλλη είναι επίσης σημαντικό ότι απωθεί τους κατασκευαστές να χρησιμοποιούν πρωτόκολλα τα οποία είναι πλήρως ιδιόκτητα. Είναι εξίσου σημαντικό το γεγονός ότι προστίθεται ευελιξία στην περίπτωση που οι κατασκευαστές ασχολούνται με τον τομέα της κλινικής έρευνας, όπου νέες ιδιότητες είναι απαραίτητες για την ανταλλαγή εξειδικευμένης και ερευνητικής πληροφορίας. Προβλήματα όμως δημιουργούνται σε περιπτώσεις που οι κατασκευαστές αναπτύσσουν τις δικές τους ολοκληρωτικές παρεκκλίσεις και προεκτάσεις από το πρότυπο.

## 4.5 Συμπίεση δεδομένων

Η συμπίεση δεδομένων αποτελεί μέρος της Transfer Syntax. Η υποστήριξη ή όχι συμπίεσης δεδομένων διαπραγματεύεται κατά την αρχικοποίηση της επικοινωνίας (DICOM Association).

Η χρήση της συμπίεσης δεδομένων στηρίζεται στα εξής:

- α) Μείωση του μεγέθους των εικόνων με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση αποθηκευτικού χώρου.

β) Ανάγκη για μεταφορά δεδομένων μέσω δικτύων ευρείας τοπολογίας (WAN), π.χ σε ένα άλλο νοσοκομείο ή κέντρο υγείας, διευκολύνεται με τη χρήση συμπίεσης, η οποία αυξάνει σημαντικά την ταχύτητα μεταφοράς.

γ) Πολλές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα στην υπερηχοτομογραφία καρδιάς, όπου χρειάζεται να αποθηκευτεί ολόκληρη σειρά εικόνων (σε μορφή CINE) σε ένα CD, η συμπίεση δεδομένων διευκολύνει σημαντικά.

Τα μειονεκτήματα της συμπίεσης δεδομένων είναι:

α) Κατανάλωση υπολογιστικού χρόνου για την συνεχή συμπίεση και αποσυμπίεση των δεδομένων

β) Μείωση της ποιότητας των εικόνων στην περίπτωση της απολεστικής συμπίεσης.

Υπάρχουν δυο βασικές ομάδες συμπίεσης σε χρήση: Η μη απολεστική συμπίεση (Lossless), η οποία με τη χρήση της μπορεί η αρχική εικόνα να κατασκευαστεί ξανά χωρίς την απώλεια δεδομένων, και η απολεστική (Lossy), όπου μέρος της πληροφορίας χάνεται. Η μη απολεστική, φτάνει σε βαθμό συμπίεσης 3 προς 1, από εκεί και πέρα υπάρχει απώλεια πληροφορίας. Όταν η συμπίεση Lossy είναι 10 προς 1 ή και περισσότερο, τότε υπάρχουν ορατές αλλοιώσεις στην εικόνα. Επειδή στην συγκεκριμένη περίπτωση η συμπίεση αφορά ιατρικές εικόνες, η χρήση της όταν υπάρχει υποψία μείωσης της ποιότητας, είναι είτε Lossless είτε μη χρήση.

Το DICOM υποστηρίζει πολλούς διαφορετικούς αλγόριθμους συμπίεσης. Πριν το 2002, όλοι οι αλγόριθμοι συμπίεσης βασίζονταν στο JPEG εκτός από το Run Length Encoding (RLE), το οποίο είναι πολύ χρήσιμο σε περιπτώσεις που υπάρχει πολύ μαύρο στις εικόνες όπως στις εικόνες US. Πρόσφατα μια νέα JPEG συμπίεση προστέθηκε, η JPEG-LS (ISO-14495-1), η οποία στη Lossless μορφή της έχει καλύτερα αποτελέσματα από ότι το απλό JPEG. Επιπρόσθετα προσφέρει μια «near Lossless mode» που επιτρέπει στους χρήστες την αφαίρεση λαθών από pixels, σε καθορισμένες τιμές.

Ιδίως την τηλεακτινολογία υπάρχει η ανάγκη χρήσης υψηλής συμπίεσης, για τη μείωση του χρόνου μεταφοράς εικόνων π.χ στο Internet. Το JPEG παράγει ορατά σφάλματα εικόνων (Artifacts) όταν η συμπίεση είναι πάνω από 10 προς 1. Η συμπίεση με αλγόριθμους Wavelet, δεν παρουσιάζει τέτοια Artifacts αλλά συχνά Artifacts ακμής τα οποία είναι λιγότερο ορατά. Αυτοί οι αλγόριθμοι επιδοκιμάστηκαν από την επιτροπή του JPEG 2000, και ενσωματώθηκαν από το DICOM σαν επίσημη Transfer Syntax. Να σημειωθεί ότι κατασκευαστές που δεν χρησιμοποιούν υποστηριζόμενες από το DICOM Transfer Syntax, θα πρέπει να διαπραγματεύονται αυτή την ιδιωτική Transfer Syntax η οποία μπορεί να γίνεται, ή να μη γίνεται δεκτή από τον αποδέκτη.

Το JPEG 2000 προσφέρει πρόσθετα χαρακτηριστικά τα οποία είναι σημαντικά για μερικές ιατρικές εφαρμογές. Ιδιαίτερα η βαθμιαία (ιεραρχική) κωδικοποίηση, που επιτρέπει την εμφάνιση της εικόνας τόσο σύντομα όσο η ανάλυση της οθόνης αντιπαρατάσσει τη μεταδιδόμενη πληροφορία θα διευκολύνει εφαρμογές WAN.

Δεν υπάρχει χρυσός κανόνας για το βαθμό της συμπίεσης που πρέπει να εφαρμόζεται. Εξαρτάται από τον τύπο των εικόνων (CT, US), τον τομέα στον οποίο χρησιμοποιείται (καρδιολογία, ορθοπαιδική, μαστογραφία) και για το επείγον (επείγοντες περιπτώσεις, δεύτερη γνώμη κτλ.).

## 4.6 Μοντέλο Πληροφοριών του DICOM

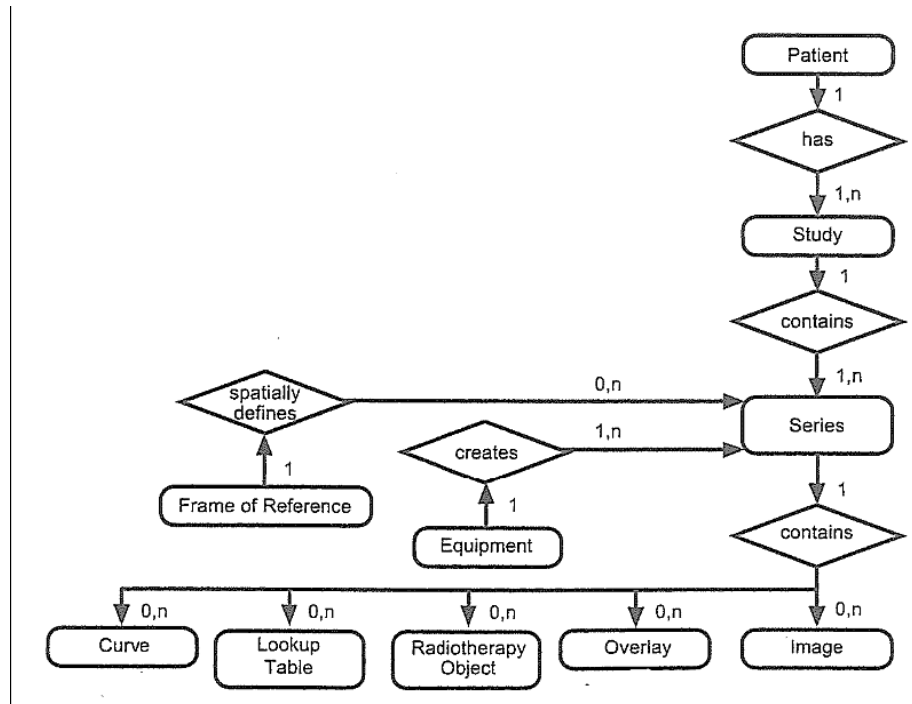
Το μοντέλο πληροφοριών του DICOM, αναλύει τη σχέση του DICOM, με τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου, όπως μια εξέταση, μια σειρά εικόνων, μια εικόνα κτλ. Είναι πολύ σημαντικό κάθε υλοποίηση να στηρίζεται πάνω σε ένα τέτοιο μοντέλο, ώστε να αποφεύγονται προβλήματα συμβατότητας.

Το πληροφοριακό μοντέλο, είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι αναπαριστώντας ενότητες του “πραγματικού κόσμου”, όπως τα στοιχεία ενός ασθενή, μιας συσκευής απεικόνισης, την εκτύπωση μιας ακτινογραφίας σε film, είναι απαραίτητο να μοντελοποιηθούν πρώτα. Επιπρόσθετα, όταν υπάρχουν πολλές διαφορετικές εικόνες, είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι σχέσεις μεταξύ τους. Ο τρόπος που το μοντέλο συνήθως παρουσιάζεται σε εμάς, είναι το μοντέλο Entity-Relationship (E/R).

Μια ενότητα πληροφοριών (IE), είναι η αντιπροσώπευση ενός αντικειμένου του πραγματικού κόσμου. Τα ορθογώνια κουτιά στο διάγραμμα E/R, αντιπροσωπεύουν τις ενότητες του DICOM. Τα ρομβοειδή σχήματα που ενώνονται με τις ενότητες, παρουσιάζουν τις σχέσεις μεταξύ των ενότητων. Τα E/R στο DICOM, καθορίζουν τις δομές δεδομένων που χρησιμοποιούνται για ανταλλαγή.

Όπως φαίνεται και στο E/R διάγραμμα, η ενότητα ασθενής (patient), καθορίζει τα χαρακτηριστικά ενός ασθενή. Στο μοντέλο πληροφοριών του DICOM, κάθε ασθενής μπορεί να έχει πολλαπλές εξετάσεις (studies), κάθε εξέταση μπορεί να περιλαμβάνει πολλαπλές σειρές εικόνων και κάθε σειρά εικόνων μπορεί να περιλαμβάνει μια ή περισσότερες εικόνες. Κάθε ενότητα πληροφοριών ξεχωριστά, καθορίζεται πλήρως από το DICOM.

Το μοντέλο αυτό επεκτείνεται και πέραν της συσχέτισης των εικόνων στις ιδιότητες (Attributes), που είναι μέρος των σύνθετων αντικειμένων (όπως εικόνων) και καθορίζουν τις σχέσεις ανάμεσα στα αντικείμενα. Για παράδειγμα, ένα αντικείμενο εικόνας, έχει καθορισμένες ιδιότητες που καθορίζουν πληροφορίες για τις σειρές εικόνων και εξετάσεων (Series Instance UID και Study Instance UID), όπως και πληροφορίες που αφορούν τον ασθενή. Επί προσθέτως, υπάρχουν και ιδιότητες αναφοράς που δημιουργούν μια σύνδεση σε άλλα αντικείμενα (Referenced Image Sequence).



Εικόνα 4 5 Dicom E/R

## 4.7 Η μορφή του DICOMDIR

Ένα ειδικό σύνολο δεδομένων περιλαμβάνει το στιγμιότυπο της Media Storage Directory Storage SOP Class. Το αναγνωριστικό αυτού του αρχείου είναι το “DICOMDIR”, και επιτρέπει την πρόσβαση στο directory χωρίς επιπλέον πληροφορίες. Για κάθε αρχείο που γράφεται από την υπηρεσία της Media Storage Service Class υπάρχει μια ή και περισσότερες εγγραφές που γράφονται σε αυτό το directory. Μία εγγραφή κρατά πληροφορίες για ένα Information entity του στιγμιότυπου SOP και περιέχει πάντα ένα τύπο εγγραφής που καθορίζει τον τύπο της πληροφορίας (Patient information, Study information, Image information κλπ) και ένα αριθμό συγκεκριμένων κλειδιών που περιλαμβάνουν attributes τα οποία εξάγονται από το αποθηκευμένο στιγμιότυπο SOP. Τα κλειδιά ταξινομούνται ιεραρχικά π.χ. study, series, image. Αυτά τα κλειδιά συνδέονται μεταξύ τους στο ίδιο επίπεδο αλλά και στα χαμηλότερα επίπεδα με ένα δείκτη που δείχνει την επόμενη εγγραφή. Τα κλειδιά στην εγγραφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταξινόμηση του directory και την αναζήτηση συγκεκριμένων στιγμιότυπων SOP χωρίς να είναι ανάγκη να διαβαστούν τα ίδια τα δεδομένα. Στο αρχείο αυτό του directory καταγράφονται οι εγγραφές που αναφέρονται στα στιγμιότυπα SOP π.χ. SOP class, SOP Instance, Transfer syntax (όλα σε μορφή UID) και στοιχεία του αρχείου (π.χ. το όνομα του path).

## 4.8 Εμβέλια και πεδίο εφαρμογής

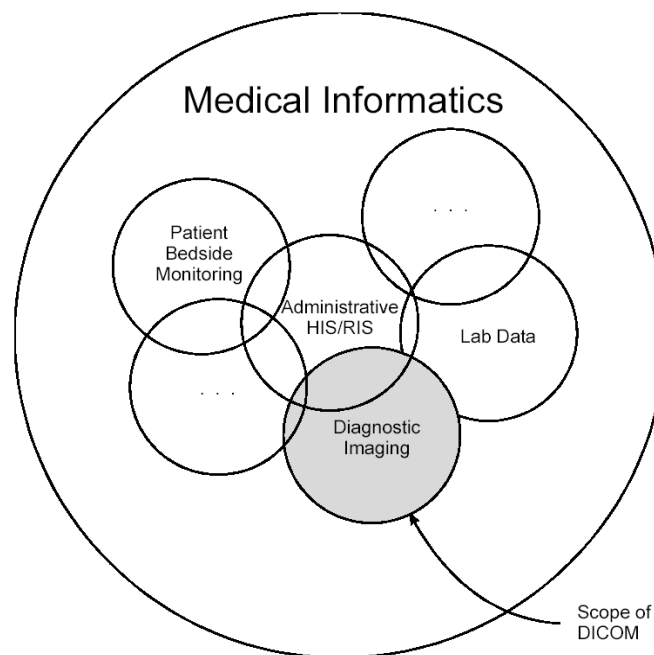
Το πρότυπο DICOM διευκολύνει την διαλειτουργικότητα εξοπλισμού ιατρικής απεικόνισης προδιαγράφοντας:

- 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 ανταλλαγεί 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 το προτύπου πρέπει να περιλαμβάνει και άλλους τομείς της ιατρικής πληροφορικής.



Εικόνα 4 6 Εμβέλεια του DICOM στην ιατρική πληροφορική

## 4.9 Στόχοι του πρωτότυπου

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.

- Διεκολύνει 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 υπάρχοντων διεθνών προτύπων όπου είναι εφικτό, και συμμορφώνεται και το ίδιο σε διεθνή πρότυπα.

Αν και το πρότυπο DICOM δύναται να διευκολύνει υλοποιήσεις PACS, η χρήση αποκλειστικά και μόνον αυτού δεν εξασφαλίζει όλους τους στόχους ενός PAC. Το πρότυπο διευκολύνει τη διαλειτουργικότητα συστημάτων συμμορφωμένων προς το πρότυπο σε ένα περιβάλλον πολλών κατασκευαστών, αλλά δεν εξασφαλίζει διαλειτουργικότητα.

Το πρότυπο έχει αναπτυχθεί με έμφαση στη πρακτική της διαγνωστικής απεικονιστικής ιατρικής στη ραδιολογία ωστόσο μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλές πληροφορίες σχετικά με τις εικόνες που ανταλλάσσονται σε ένα κλινικό περιβάλλον.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### Περιγραφή της διαδικασίας υλοποίησης και παρουσίαση των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν

#### 5.1 Εισαγωγή

Η αρχική ιδέα ήταν να δημιουργηθεί ένα ανθρώπινο κρανίο όπου θα ήταν τεμαχισμένο σε φέτες έτσι ώστε σε κάθε φέτα που θα επιλεγόταν να υπήρχε η αντίστοιχη αξονική τομογραφία του εγκεφάλου. Με αυτή την ιδέα, ο γιατρός θα επικεντρωνόταν στο σημείο που τον ενδιαφέρει χωρίς να τον απασχολεί κάτι άλλο.

Για την πλήρη κάλυψη πληροφορίας των αξονικών τομογραφιών, η παρουσίαση οριζόντιων και κάθετων αξονικών τομογραφιών κρίθηκε αναγκαία. Με την εμφάνιση και των οριζόντιων και των κάθετων αξονικών τομογραφιών, ο ειδικός θα μπορεί να δει και περιμετρικά και εσωτερικά το μέρος που τον ενδιαφέρει.

Για την δημιουργία ενός ανθρώπινου κρανίου και για την επίδειξη αξονικών τομογραφιών, θα πρέπει να γίνει μελέτη μετατροπής των αξονικών τομογραφιών σε ένα ολοκληρωμένο 3D μοντέλο, μετά πώς θα φτιαχτεί αυτό και στην συνέχεια πώς πρέπει να γίνουν οι τομές έτσι ώστε να τοποθετούνται οι αξονικές τομογραφίες στις «φέτες».

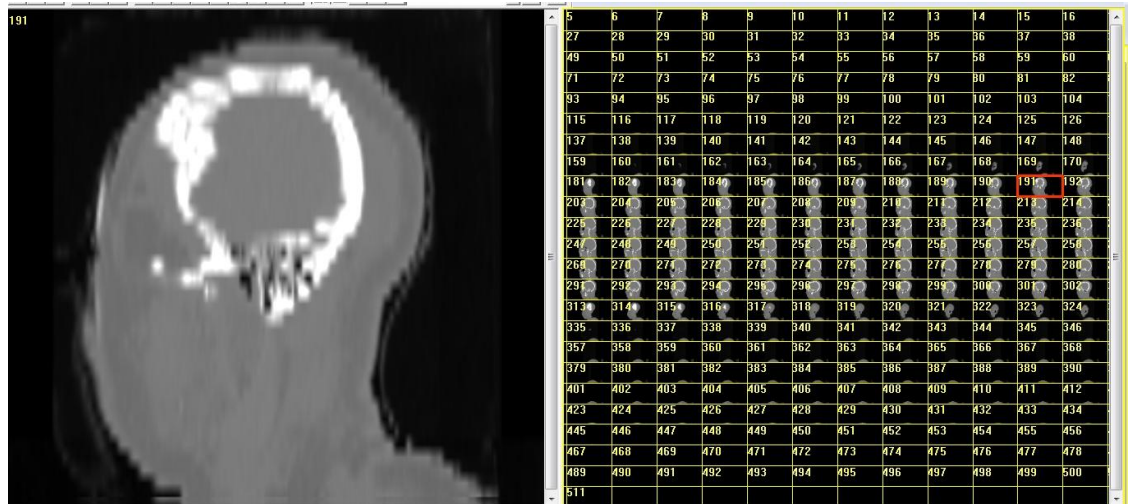
Από την αρχή, η γενική ιδέα ήταν να δημιουργηθούν 2 ειδών τομές στο κρανίο, μέχρι τη μέση του κρανίου να είναι κάθετες τομές και στο άλλο μέρος να είναι οριζόντιες και μετά να γίνει μια προσθήκη υλικού σε κάθε φέτα, σαν «βάση» όπου θα τοποθετείται εκεί η κατάλληλη αξονική τομογραφία.

Για να πραγματοποιηθεί αυτό, θα πρέπει πρώτα από όλα να μετατραπούν οι αξονικές τομογραφίες σε 3D μοντέλο, έτσι ώστε μετά από αυτό να γίνουν οι τομές πάνω στο κρανίο. Ένα από τα πιο δύσκολα προβλήματα όπου παρουσιάστηκαν στην εργασία αυτή, ήταν η μετατροπή των αξονικών τομογραφιών σε 3D μοντέλο.

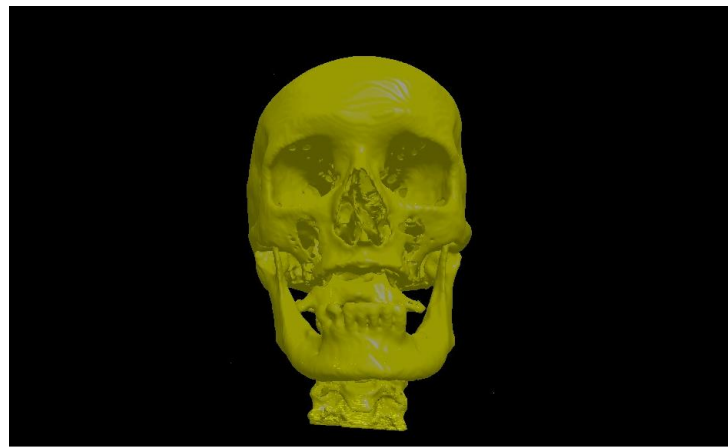
#### 5.2 Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου

Για να πραγματοποιηθεί η μετατροπή των αξονικών τομογραφιών σε ένα 3D μοντέλο, πρέπει να εγκατασταθούν όλες οι αξονικές τομογραφίες και να τους δωθεί όγκος. Στη συνέχεια, αφαιρέθηκαν τα κομμάτια τα οποία δεν ήταν χρήσιμα για την εργασία, όπως για παράδειγμα τα οστά του λαιμού, το κάτω σαγόνι και κάποια άλλα οστά που βρίσκονται ανάμεσα σε αυτά.

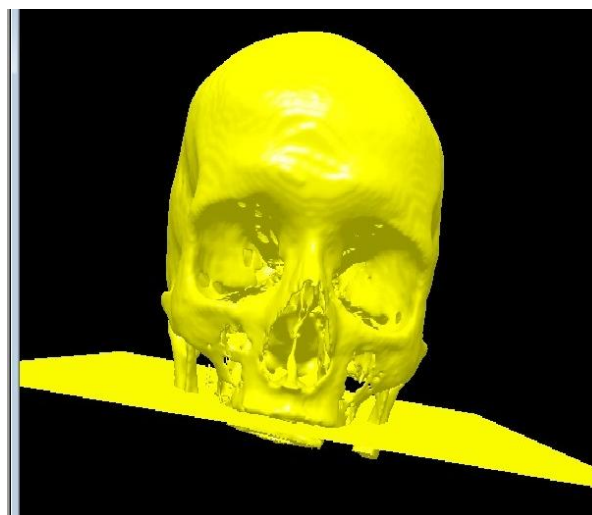
Παρακάτω οι εικόνες 5 2 και 5 3 παρουσιάζουν τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν για τις αξονικές τομογραφίες αντίστοιχα, καθώς και η εικόνα 5 4 δείχνει πώς έγιναν οι τομές αφαίρεσης των περιττών οστών.



Εικόνα 5 1 Απεικόνιση αξονικών τομογραφιών



Εικόνα 5 2 Δημιουργία μοντέλου



Εικόνα 5 3 Διαδικασία τομής τρισδιάστατης γεωμετρίας σε επίπεδο

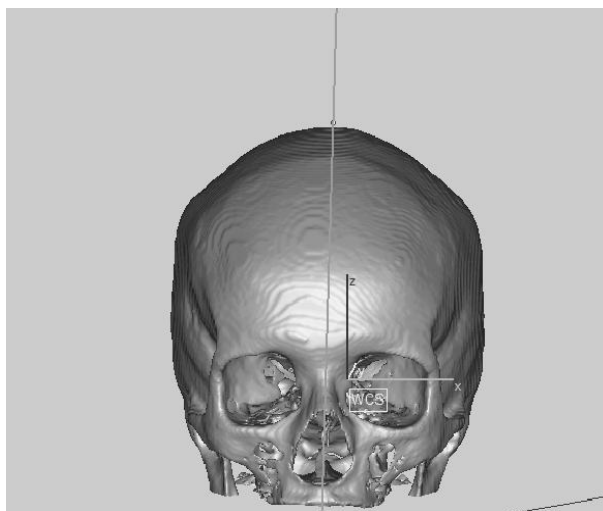
Τέλος, για την αποθήκευση του μοντέλου αυτού θα χρησιμοποιηθεί η μορφή Stereolithography ( .stl ) για να υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας και εκτύπωσης και για να πραγματοποιηθούν και οι δύο εργασίες αυτές, η χρήση της μορφής .stl είναι αναγκαία.

### 5.3 Δημιουργία τομών στο μοντέλο

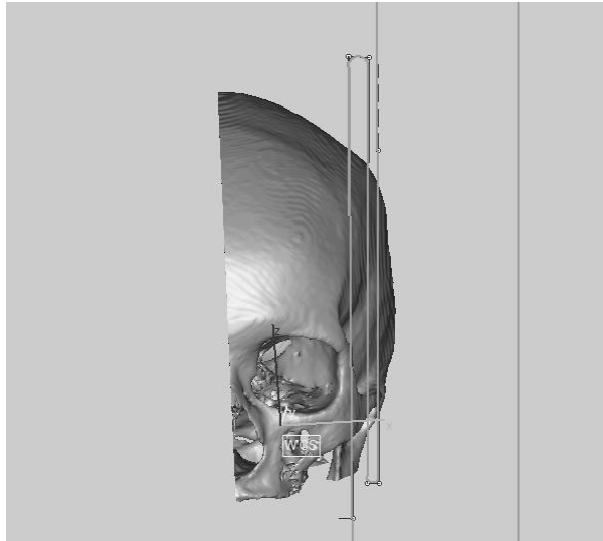
Μετά την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου, σειρά έχει η επεξεργασία του και πιο συγκεκριμένα η τεμάχιση του κρανίου έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα κρανίο «παζλ» όπου όταν αφαιρεθεί μια φέτα από την θέση της, το πρώτο πράγμα που θα παρουσιαστεί. Θα είναι η αξονική τομογραφία του εγκεφάλου και πιο συγκεκριμένα του σημείου αυτού όπου αντιπροσωπευεί η φέτα αυτή.

Για να «τεμαχιστεί» το κρανίο, επιλέχθηκε να δημιουργηθούν φέτες με πάχος 5 [mm] και η απόσταση της μίας φέτας από την άλλη να είναι 0,2 [mm], έτσι ώστε να υπάρχει διάκενο μεταξύ των φετών. Το πάχος επιλέχθηκε 5 [mm] διότι και θα υπάρχουν αρκετές πληροφορίες στο κρανίο-παζλ, εφόσον θα δημιουργηθούν πολλές φέτες και θα χειρίζονται εύκολα.

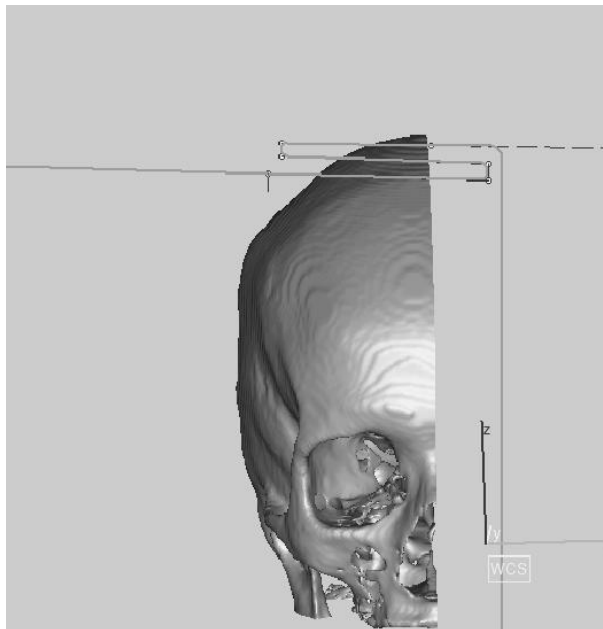
Αρχικά, κόπηκε το κομμάτι στη μέση και χωρίστηκε σε 2 μέρη, έτσι ώστε να τεμαχιστεί το ένα μέρος με κάθετες τομές(δεξί μέρος) και το άλλο με οριζόντιες(αριστερό μέρος).Οι εικόνες 5 6, 5 7 και 5 8 δείχνουν αντίστοιχα τις ενέργειες όπου αναφέρθηκαν παραπάνω.Οι γραμμές όπου φαίνονται στις εικόνες παρακάτω είναι το «μαχαίρι» και το πάχος της γραμμής είναι 0,2 [mm].



Εικόνα 5 4 Τομή στην μέση



Εικόνα 5 5 Κάθετες τομές



Εικόνα 5 6 Οριζόντιες τομές

## 5.4 Δημιουργία βάσεων στα κομμάτια

Στην συνέχεια, έπρεπε να δημιουργηθεί ένα είδους βάση μέσα σε κάθε φετα για να τοποθετηθεί εκεί η αντίστοιχη αξονική τομογραφία του κομματιού. Αυτό για να επιτευχθεί, χρειάστηκε να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Creo Parametric 2.0, όπου ανήκει στην εταιρεία PTC.

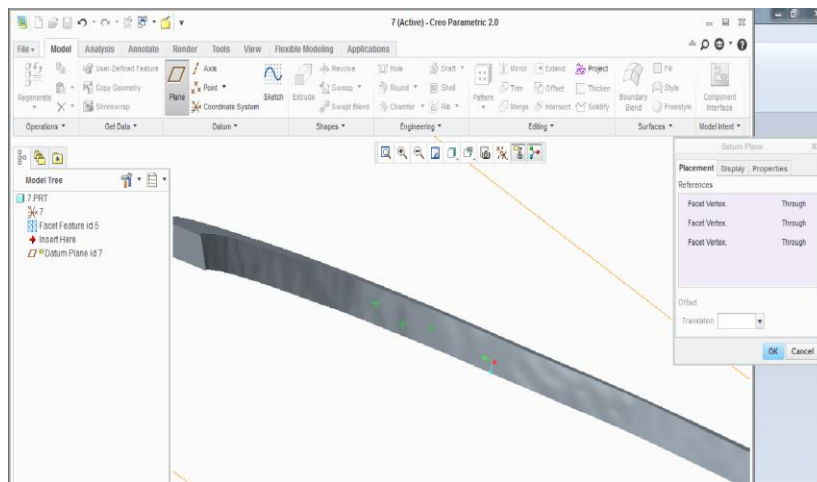
Πρόκειται για ένα CAD λογισμικό και όπως όλα τα CAD λογισμικά έτσι και αυτό δημιουργεί γραμμές, τόξα και κύκλους. Συνδυασμός αυτών των στοιχείων με τις διαστάσεις και τις σημειώσεις, δημιουργούν σχέδια για δομικό, αρχιτεκτονικό, ή μηχανικό σχεδιασμό. Όμως μία μικρή αλλαγή στα σχήματα μπορεί να αλλάξει όλο τον

σχεδιασμό διότι πρέπει να αλλάξουμε και όλα τα υπόλοιπα σχήματα του σχεδίου. Η έκδοση Parametric από την άλλη, συνδέει τις μεταβλητές διαστάσεις και την γεωμετρία έτσι ώστε όταν αλλάξει μια τιμή, αυτόματα γίνονται οι τροποποιήσεις στο μοντέλο. Μια παράμετρος είναι μια μεταβλητή με την οποία σχετίζονται άλλες μεταβλητές και αυτές οι άλλες μεταβλητές μπορούν να επιτευχθούν μέσω των παραμετρικών εξισώσεων. Με τον τρόπο αυτό, τροποποιήσεις του σχεδιασμού και της δημιουργίας μιας οικογένειας των τμημάτων μπορεί να γίνει σε εξαιρετικά σύντομο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με την επανασχεδίαση που απαιτούνται από τα παραδοσιακά CAD, παραλείποντας ακολουθίες ορισμένων πράξεων, οι οποίες είναι μονότονες και επαναλαμβανόμενες.

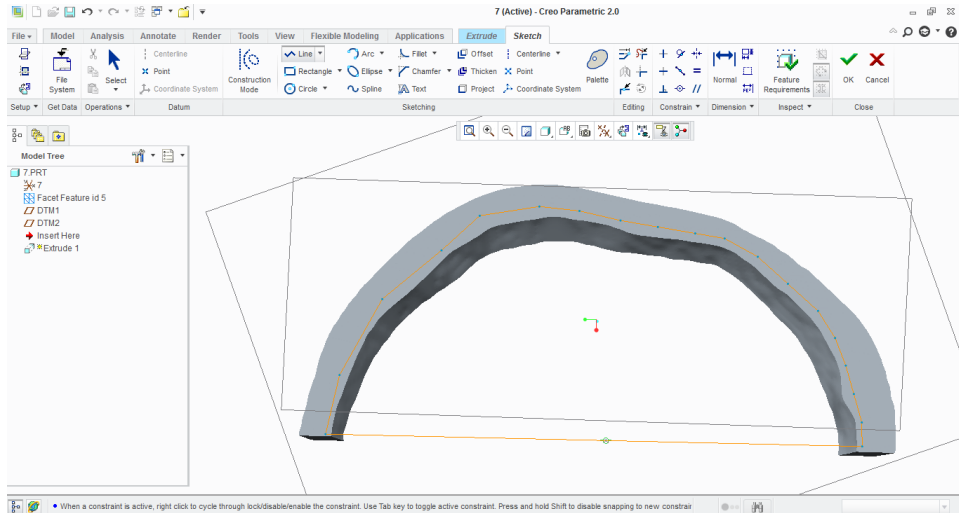
Για να κατασκευαστούν βάσεις μέσα σε κάθε φέτα, πρέπει πρώτα από όλα να δημιουργηθούν μέσα σε καθεμία από αυτές ένα plane, ή αλλιώς ένα επίπεδο, όπου θα είναι και το επίπεδο αναφοράς και εκεί θα επιτευχθεί η σχεδίαση. Για να γίνει αυτό, χρησιμοποιήθηκε η εντολή plane του Creo Parametric και στη συνέχεια ορίστηκαν 3 σημεία εσωτερικά της φέτας με αποτέλεσμα την δημιουργία του επιπέδου.

Στη συνέχεια με την εντολή line του Creo Parametric, που βρίσκεται στην εντολή Extrude, υλοποιήθηκε η σχεδίαση στο περίγραμμα της φέτας έτσι ώστε να είναι συμπαγές και ενωμένα τα κομμάτια, βάση και φέτα. Επίσης έπρεπε να γίνει προσεκτικός σχεδιασμός στην κάτω μεριά του κομματιού διότι θα πρέπει όλες οι φέτες να «πατάνε» στο ίδιο επίπεδο, για να μπορούν να ταιριάξουν μεταξύ τους και να βγει το επιθυμητό αποτέλεσμα, το κρανίο.

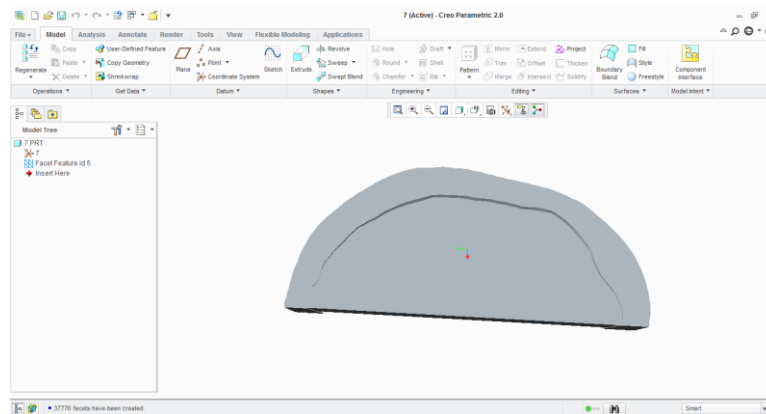
Οι παρακάτω εικόνες παρουσιάζουν πώς δημιουργήθηκε το επίπεδο (εικόνα 5 7) και πώς φτιάχτηκαν οι βάσεις εσωτερικά σε κάθε φέτα (εικόνες 5 8 και 5 9).



Εικόνα 5 7 Δημιουργία επιπέδου μέσω του Plane από το PTC Creo

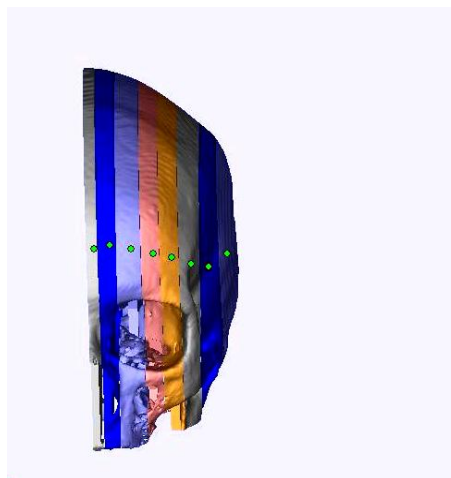


Εικόνα 5 8 Σχεδιασμός βάσης μέσω της εντολής line από το PTC Creo

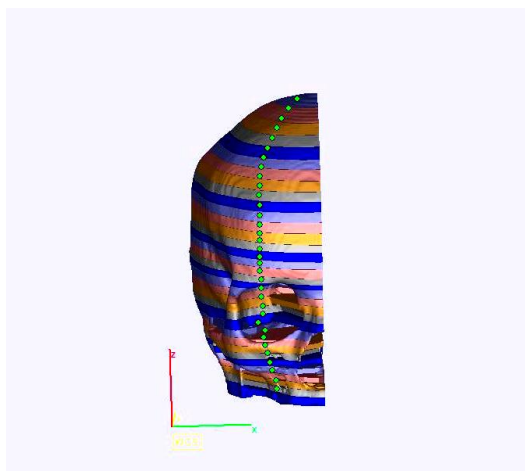


Εικόνα 5 9 Τελικό αποτέλεσμα

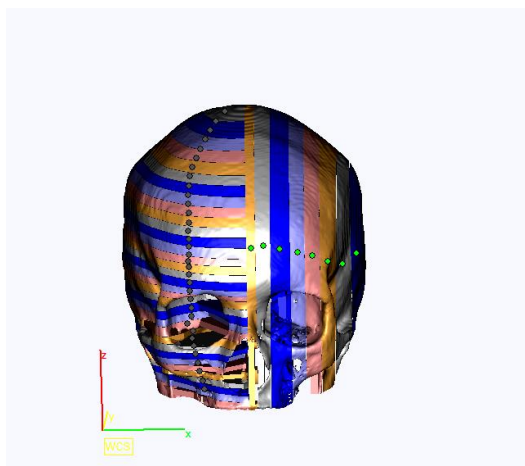
Τα τελικά αποτελέσματα σχεδίασης και κατασκευής του κρανίου φαίνονται στις τρεις παρακάτω εικόνες όπου προκύψανε μέσω του Magics 11.1.



Εικόνα 5 10 Δημιουργία και ένωση των κάθετων κομματιών



Εικόνα 5 11 Δημιουργία και ένωση των οριζόντιων κομματιών



Εικόνα 5 12 Τελικό αποτέλεσμα

## 5.5 Διαδικασία εκτύπωσης

Μετά την μετατροπή που έγινε στα Dicom και μετατράπηκαν σε 3D μοντέλο και επεξεργάστηκαν κατάλληλα έτσι ώστε να προκύψει σαν τελικό αποτέλεσμα ολόκληρο το κρανίο τεμαχισμένο. Σειρά έχει να εκτυπωθούν τα κομμάτια που σχεδιάστηκαν και στη συνέχεια να ενωθούν για να ολοκληρωθεί το κρανίο. Η εκτύπωση έγινε μέσω των 3D printer του ΤΕΙ Ηρακλείου, τον elite και τον bst 768, όπου και οι δύο εκτυπωτές είναι της εταιρείας Stratasys, σειρά Dimension.

Ο Dimension elite έχει τη δυνατότητα διαμόρφωσης του πάχους εκτύπωσης με επιλογή κλίμακας. Μεγαλύτερης ακρίβειας είναι 0.1778[mm] και η δεύτερη κλίμακα για γρηγορότερη εκτύπωση αλλά με μικρότερη ακρίβεια είναι 0.254[mm] και με υλικό εκτύπωσης ABS+. Ο δεύτερος εκτυπωτής με υλικό ABS δουλεύει με κλίμακες πάχους εκτύπωσης 0.254[mm] και 0.332[mm]. Το μειονέκτημα του bst 768 σε σχέση με τον elite είναι στο υλικό υποστήριξης. Το ABS support του bst 768 δεν μπορεί να



αφαιρεθεί με βρασμό ή διαλύτη, οπότε πρέπει να γίνεται έλεγχος της γεωμετρίας για να χρησιμοποιηθεί κατάλληλος εκτυπωτής.



**Εικόνα 5 13** 3D printers, elite (αριστερά) και bst 768 (δεξιά)

Κριτήρια επιλογής του κατάλληλου εκτυπωτή είναι η γεωμετρία του κομματιού, τα χαρακτηριστικά καμπυλότητας, η τραχύτητα επιθυμητής επιφάνειας, πόσο εύκολο είναι να αφαιρεθεί το υλικό υποστήριξης, η στατική κόπωση που δέχεται και η ελαστική παραμόρφωση. Επίσης το λογισμικό της Stratasys που μετατρέπει την .stl μορφή του αντικειμένου σε κώδικα της μηχανής έχει τη δυνατότητα ρύθμισης της πυκνότητας του στερεού μοντέλου. Οι επιλογές είναι δύο, solid και sparse.

Το solid (στερεό) κατασκευάζει το μοντέλο με πυκνά στρώματα καταλαμβάνοντας πάνω από το 90% του υλικού. Το λογισμικό έχει αφήσει μια μικρή ανοχή ανάμεσα στις στρώσεις γιατί το υλικό είναι ακόμα ρευστό κατά την χύτευση και δέχεται πίεση από την πάνω στρώση. Για αυτό η διαδρομή κάθε επίπεδου στρώσης ξεκίνα πρώτα από την περίμετρο της γεωμετρίας και μετά γεμίζει στο εσωτερικό της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το υλικό να απλώνεται εσωτερικά και επιτρέπει τη δημιουργία επιθυμητής γεωμετρίας.

Για την επιλογή sparse, όπου και αυτή ήταν η επιλογή που χρησιμοποιήθηκε, στόχος της είναι να κρατήσει την εξωτερική γεωμετρία αναλλοίωτη αλλά και να καταναλώσει όσο δυνατόν λιγότερο υλικό για το εσωτερικό. Επίσης αυξομειώνει το χάσμα, ανάμεσα στα περάσματα του υλικού, ανάλογα με την γεωμετρία.

Για την εκτύπωση των κομματιών χρησιμοποιήσαμε την εκτύπωση στο 80% του μήκους, διότι η πλακέτα του 3D printer δεν χωρούσε τις μεγαλύτερες φέτες του κρανίου.

Αξίζει να σημειωθεί εδώ, ότι λόγω της περίπλοκης γεωμετρίας, υπήρχαν προβλήματα κατά την εκτύπωση των κομματιών και έπρεπε να ξαναεκτυπωθούν, πράγμα το οποίο ήταν πολύ χρονοβόρο, διότι κατά μέσο όρο η διάρκεια εκτύπωσης μίας φέτας είναι 5 ώρες.

Άλλα προβλήματα όπου υπήρχαν ήταν η διακοπή παροχής υλικού από την κεφαλή καθώς και το ξεκόλλημα του μοντέλου από την βάση κατά την διάρκεια της εκτύπωσης, αυτά τα προβλήματα μπορούν να οφείλονται στη σκόνη που υπάρχει στο θάλαμο κατασκευής και στην μη τήρηση προδιαγραφών αναλώσιμων υλικών.

Προδιαγραφές της Stratasys για την συγκεκριμένη σειρά μηχανημάτων και κασετών που περιέχουν τα υλικά αναφέρει ότι η βάση είναι μιας χρήσεως και αλλοίωση της επιφάνειας επηρεάζει την σταθερότητα του μοντέλου κατά το χτίσιμο.

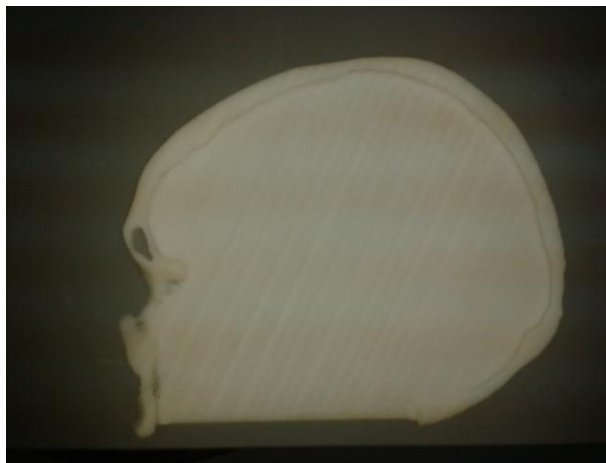
Τα υλικά ABS & ABS+ για να έχουν αρίστη απόδοση πρέπει να καταναλωθούν μέσα σε ένα χρόνο μετά την κατασκευή τους, με την αφαίρεση προστατευτικής σακούλας έχουν 3 μήνες πριν αρχίσουν να χάνουν τις ιδιότητες τους και το υλικό πρέπει να καταναλωθεί μέσα σε ένα μήνα στην περίπτωση επαφής με το οξυγόνο. Πρακτικά μετά την ημερομηνία λήξης το υλικό χάνει την ιδιότητα να λιώνει ολοκληρωτικά στους βαθμούς λειτουργίας της μηχανής δημιουργώντας έτσι κόκκους που επηρεάζουν την ροή του ρευστού πλαστικού και την ομαλή τοποθέτηση του. Τα αναλώσιμα υλικά είναι τυλιγμένα σε ρολό και βρίσκονται σε ανθεκτική θήκη ωστόσο υπάρχει πιθανότητα να σπάσει το νήμα αναλώσιμου υλικού, κόβοντας έτσι την παροχή προς την κεφαλή του εκτυπωτή. Η λύση για το πρόβλημα είναι χειροκίνητη αποκατάσταση της ροής που επιτυγχάνεται με άνοιγμα της κεφαλής και τοποθέτησης του νήματος, έτσι ώστε τα γρανάζια που είναι υπεύθυνα για την παροχή να μπορούν να τραβήξουν το πλαστικό ξανά. Είναι επιθυμητό να γίνει καλός καθαρισμός των γραναζιών επειδή το τμήμα που βρίσκονται τα γρανάζια ανεβάζει υψηλή θερμοκρασία, όπου και ο παραμικρός κόκκος μπορεί να ξαναπροκαλέσει το ίδιο πρόβλημα.

Επίσης η bst 768 δημιουργεί ένα support που όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, δεν αφαιρείται με βρασμό ή διαλύτη, κάποια κομμάτια που εκτυπώθηκαν λόγω του ότι το πάχος τους ήταν πολύ μικρό, καταστράφηκαν στην προσπάθεια αφαίρεσης του support και ξαναεκτυπώθηκαν. Η παρακάτω εικόνα εμφανίζει μια φέτα η οποία είναι εκτυπωμένη στην elite και παρουσιάζεται η λεπτομέρεια της φέτας στην κάτω μεριά, όπου και η εκτύπωση της φέτας στην bst 768, ήταν αδύνατη.



**Εικόνα 5 14** Εκτύπωση κάθετης φέτας μέσω elite

Ένα παράδειγμα εκτύπωσης μιας φέτας από το κρανίο παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (5 17), όπου προέρχεται από τον εκτυπωτή bst 768 και η φέτα ανήκει στις κάθετες τομές του κρανίου.



**Εικόνα 5 15** Εκτύπωση κάθετης φέτας

Στην συνέχεια παρουσιάζονται φέτες απο το κρανίο στην εικόνα (5 18), όπου προέρχονται από τον εκτυπωτή bst 768 και οι φέτες ανήκουν στις οριζόντιες τομές του κρανίου.



**Εικόνα 5 16** Εκτύπωση οριζόντιων κομματιών

## 5.6 Εκτύπωση αξονικών τομογραφιών

Πριν την συναρμολόγηση του κρανίου, έγινε η μετατροπή των Dicom σε αρχεία εικόνων και εκτυπώθηκαν έτσι ώστε η εκτυπωμένη αξονική τομογραφία να «ταιριάζει» ακριβώς με το περίγραμμα της αντίστοιχης φέτας.

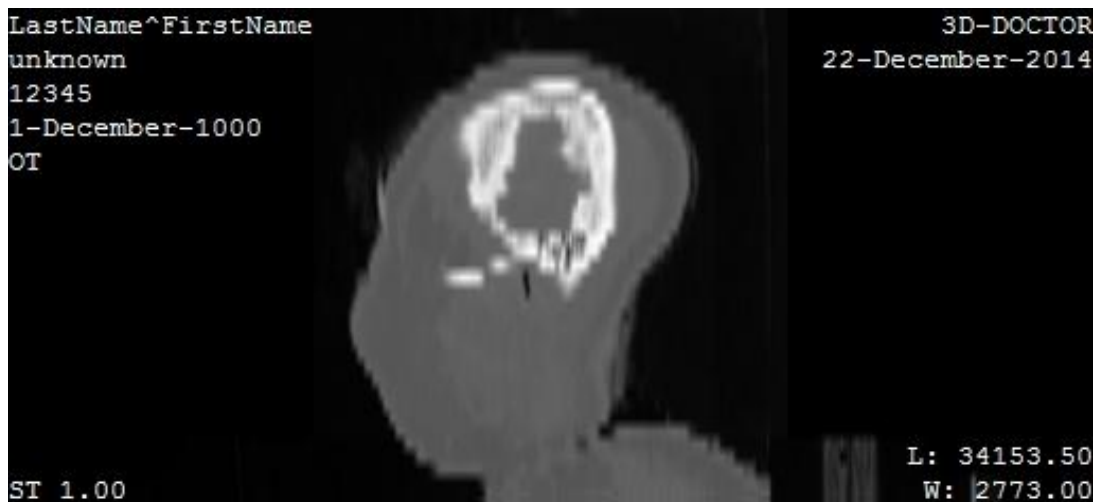
Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιήθηκε το MicroDicom, πρόκειται για ένα διαδεδομένο λογισμικό όπου είναι πολύ γνωστό και αποτελεί μία σημαντική προσπάθεια ανάπτυξης ελεύθερου λογισμικού. Παρόμοια ελεύθερα λογισμικά

---

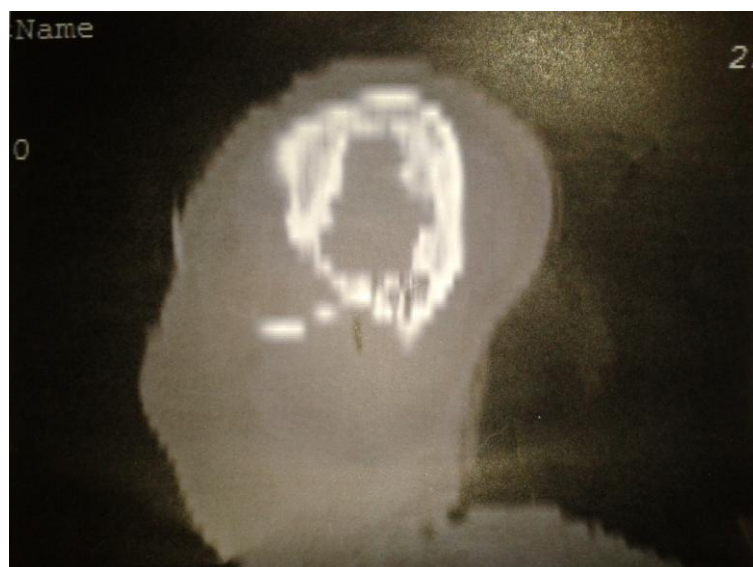
υστερούν σε λειτουργικότητα και δεν ήταν αρκετά πλήρη όπως είναι λογισμικά επί πληρωμή. Έτσι, το 2010 δημιουργήθηκε το MicroDicom και μέχρι και σήμερα είναι ένα από τα πιο αξιοσημείωτα λογισμικά στον τομέα της ιατρικής. Οι χρήστες τους έχουν την επιλογή να κάνουν κάποια δωρεά αντί να πληρώσουν την άδεια χρήσης τους, χωρίς να είναι αυτό υποχρεωτικό, για να στηρίξουν την προσπάθεια των δημιουργών του οι οποίοι συνεχίζουν να υποστηρίζουν και να αναπτύσσουν το λογισμικό αφίλοκερδός.

Με το MicroDicom λοιπόν, μετατράπηκαν οι αξονικές τομογραφίες σε αρχεία Jpeg, όπου ήταν εφικτή και η εκτύπωσή τους και δημιουργήθηκαν επίσης και δύο βίντεο όπου αντιπροσωπεύουν τις οριζόντιες και τις κάθετες τομογραφίες εγκεφάλου.

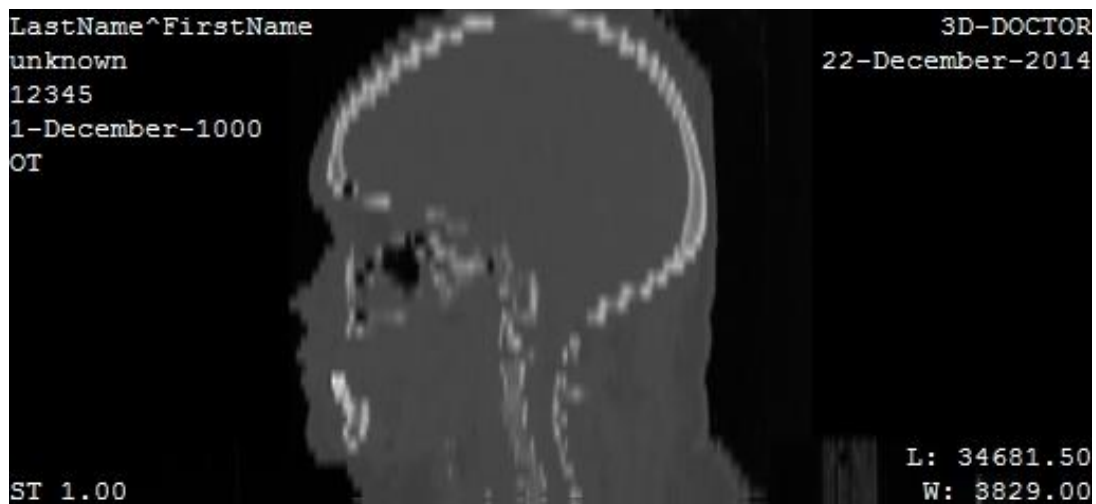
Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές αξονικές φωτογραφίες και πώς αυτές εκτυπώθηκαν και επεξεργάστηκαν κατάλληλα για να είναι το σχήμα τους ακριβώς όπως και η φέτα.



Εικόνα 5 17 Κάθετη αξονική τομογραφία μέσω MicroDicom



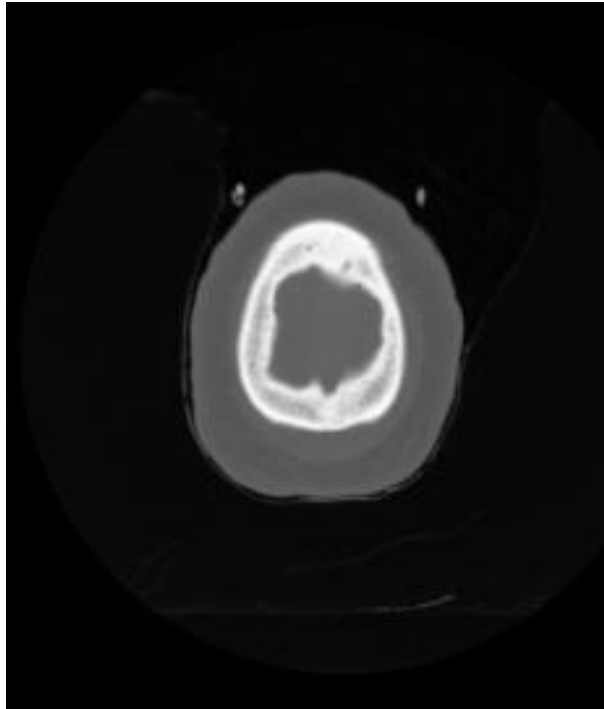
Εικόνα 5 18 Κάθετη αξονική τομογραφία εκτυπωμένη



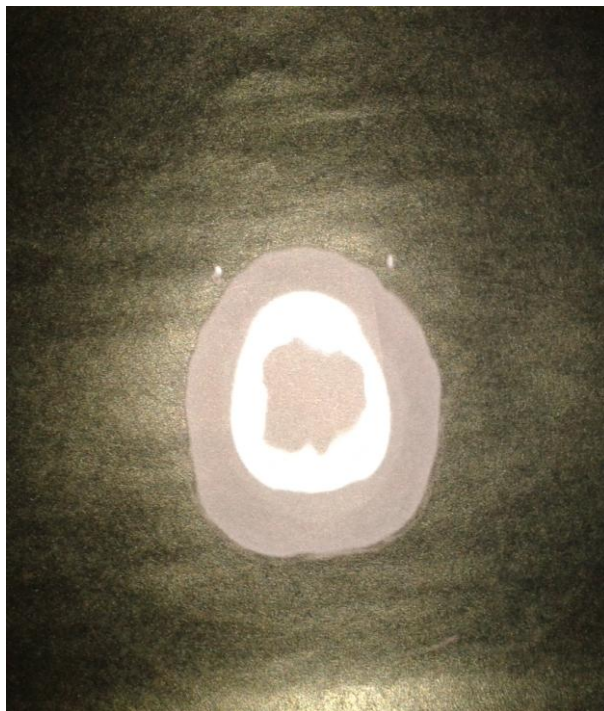
Εικόνα 5 19 Κάθετη αξονική τομογραφία μέσω MicroDicom (κέντρο κρανίου)



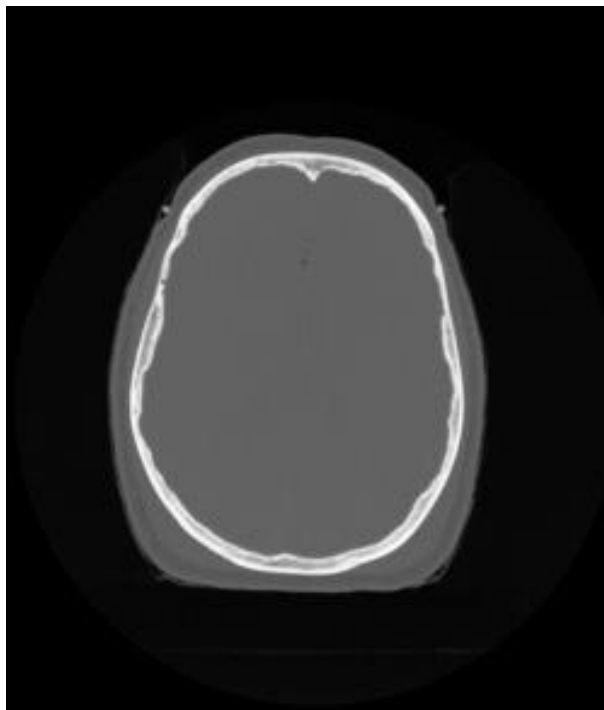
Εικόνα 5 20 Εκτυπωμένη κάθετη αξονική τομογραφία (κέντρο κρανίου)



**Εικόνα 5 21** Οριζόντια αξονική τομογραφία μέσω MicroDicom



**Εικόνα 5 22** Οριζόντια αξονική τομογραφία εκτυπωμένη



Εικόνα 5 23 Οριζόντια αξονική τομογραφία μέσω MicroDicom (κέντρο κρανίου)



Εικόνα 5 24 Οριζόντια αξονική τομογραφία εκτυπωμένη (κέντρο κρανίου)

## 5.7 Ένωση αξονικών τομογραφιών με τα κομμάτια-φέτες

Μετά την εκτύπωση των αξονικών τομογραφιών, σειρά έχει η ένωση τους με τα κομμάτια του κρανίου. Για να επιτευχθεί αυτό, κοπήκαν οι εκτυπωμένες αξονικές

---

τομογραφίες ανάλογα με το περίγραμμα της αντίστοιχης φέτας και κολλήθηκαν πάνω σε αυτές.

Παρακάτω εμφανίζονται μερικές εικόνες-παραδείγματα που επεξηγούν την διαδικασία.

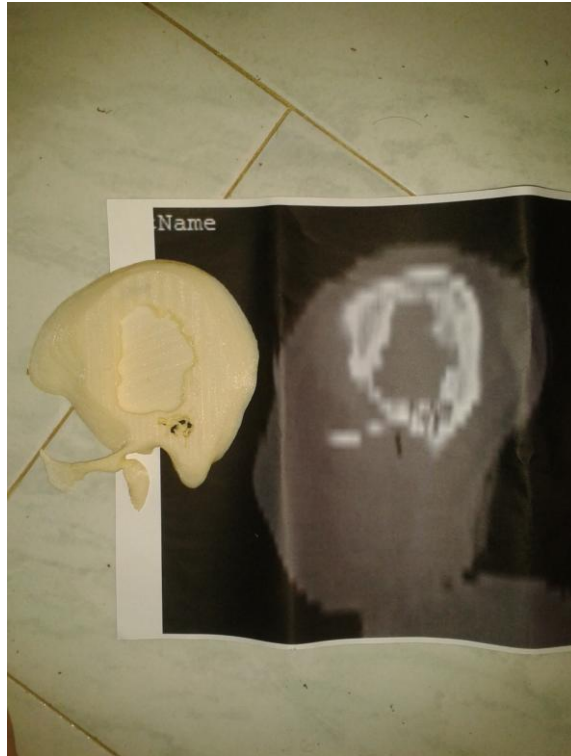


**Εικόνα 5 25** Περικοπή αξονικής τομογραφίας



**Εικόνα 5 26** Ένωση αξονικής τομογραφίας με την φέτα





**Εικόνα 5 27** Αξονική τομογραφία εκτυπωμένη και φέτα



**Εικόνα 5 28** Ένωση φέτας και αξονικής τομογραφίας



**Εικόνα 5 29** Τοποθέτηση κόλλας και ένωση κομματιών(κάθετες τομές)



**Εικόνα 5 30** Τοποθέτηση κόλλας και ένωση κομματιών(οριζόντιες τομές)

## 5.8 Συναρμολόγηση κρανίου

Η συναρμολόγηση των κομματιών έγινε αφού πρώτα ελέγχθηκαν τα κομμάτια και οι αξονικές τομογραφίες, καθώς και το μέγεθος, το σχήμα και η επιφάνεια που θα εφάπτεται. Ως διαδικασία ήταν πολύ χρονοβόρα διότι έπρεπε να πονταριστούν πρώτα σημεία για την δημιουργία τρυπών και στην συνέχεια θα κατασκευάζοντουσαν πείροι, μέσω του 3D printer, όπου θα έμπαιναν εκεί.

Για να δημιουργηθεί το κρανίο, πρέπει αρχικά να υπάρχει μία βάση, όπου εκεί απάνω θα τοποθετηθούν όλα τα κομμάτια. Για να επιτευχθεί αυτό, ενώθηκαν όλες οι φέτες του κρανίου και μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος του, για να βρεθεί η βάση με τις κατάλληλες διαστάσεις. Για βάση χρησιμοποιήθηκε ένα φύλλο λαμαρίνας πάχους 3 [mm].

Στην συνέχεια, έγινε συναρμολόγηση των κομματιών. Για τις οριόντιες φέτες, επιλέχτηκε τρύπανι πάχους 1 [mm] για την δημιουργία οπών και σύρμα από χαλκό εξίσου πάχους 1 [mm], όπου θα ήταν οι πείροι.



Εικόνα 5 31 Δημιουργία οπών με τρυπάνι πάχους 1[mm]



**Εικόνα 5 32** Τοποθέτηση κομματιών



**Εικόνα 5 33** Τελείωμα οριζόντιων κομματιών (πλάγια όψη)



**Εικόνα 5 34** Τελείωμα οριζόντιων κομματιών (μπροσινή όψη)

Για την δημιουργία του άλλου μισού του κρανίου, όπου είναι και οι κάθετες τομές, τοποθετήθηκε η βάση και στην συνέχεια με τρυπάνι χειρός και λάμα πάχους 2 [mm] δημιουργήθηκαν οπές και σαν πείροι χρησιμοποιήθηκε σύρμα χαλκού.



**Εικόνα 5 35** Επίδειξη βάσης και εργαλείων για την τοποθέτηση των κομματιών

Αρχικά, δημιουργήθηκαν οπές σε κάθε φέτα.



**Εικόνα 5 36** Δημιουργία οπών πάχους 2 [mm]

Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν όλες οι φέτες πάνω στην βάση για την επιλογή θέσης του κρανίου πάνω στην βάση και μετά άρχισε η εγκατάσταση.



**Εικόνα 5 37** Τοποθέτηση όλων των κομματιών (χωρίς πείρους)



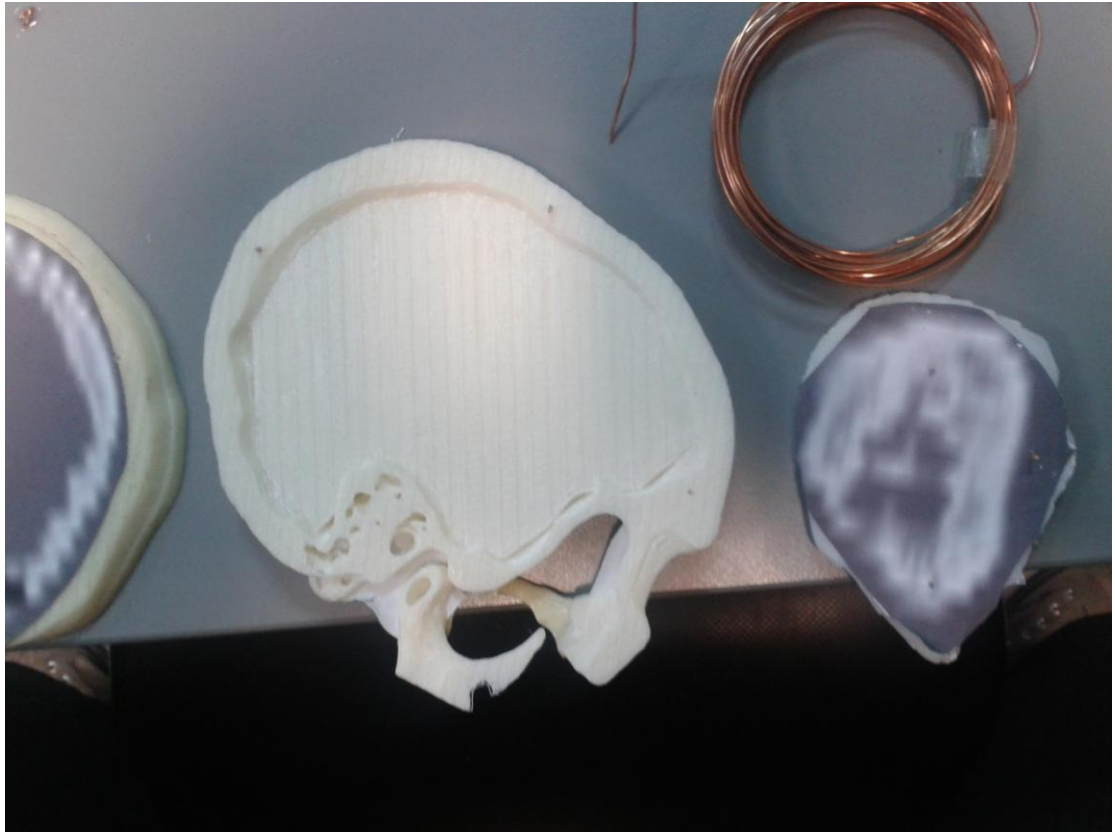
**Εικόνα 5 38** Τοποθέτηση των κάθετων κομματιών



**Εικόνα 5 39** Τοποθετημένα κομμάτια

Μετά την εγκατάσταση των κάθετων κομματιών, σειρά είχε η τοποθέτηση των τελευταίων φετών, όπου δεν ήταν εφικτή η τοποθέτησή τους στην βάση.

Για τον λόγο αυτό, οι φέτες «κουμπώθηκαν» στην τελευταία κάθετη φέτα. Οι παρακάτω φωτογραφίες επεξηγούν την παραπάνω διαδικασία.



**Εικόνα 5 40** Δημιουργία οπών στην περίμετρο της φέτας



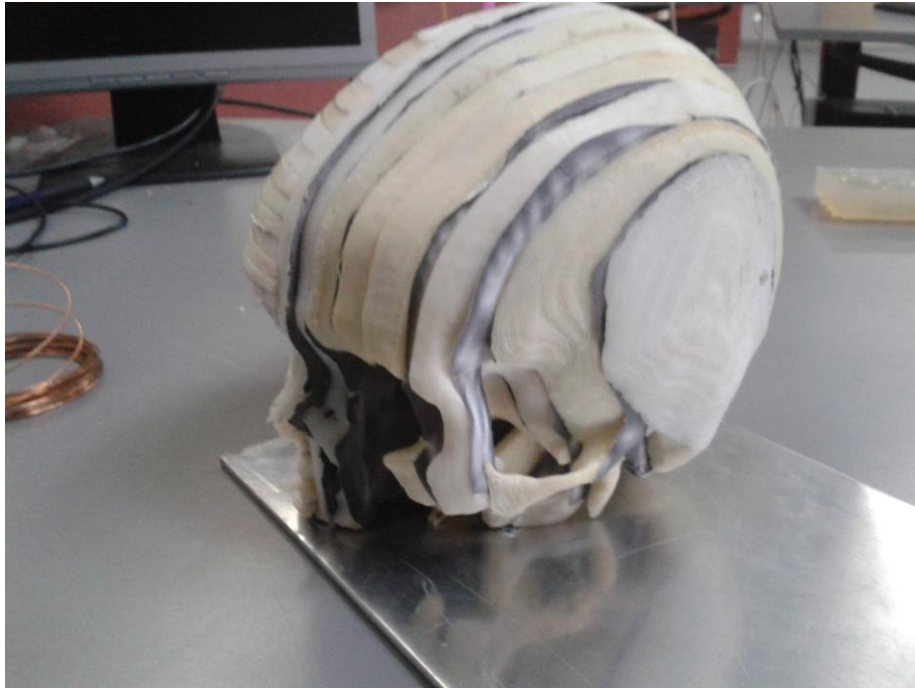


**Εικόνα 5 41 Ένωση κομματιών**

Το τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζεται στις παρακάτω φωτογραφίες.



**Εικόνα 5 42 Μπροστινή όψη**



**Εικόνα 5 43** Πλάγια όψη (Δεξιά)



**Εικόνα 5 44** Πλάγια όψη (Αριστερή)



**Εικόνα 45** Πίσω όψη



**Εικόνα 5 46** Πάνω όψη

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### Συμπεράσματα

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκαν αρχεία "DICOM" για την επίτευξη τρισδιάστατου μοντέλου μορφής CAD και πραγματοποιήθηκε η προτυποποίηση των ενός κρανίου-παζλ για την επίδειξη αξονικών τομογραφιών. Αξιολογώντας την διαδικασία που πραγματοποιήθηκε προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα. Η δυνατότητα απόδοσης τρισδιάστατης μορφής από αξονικές τομογραφίες "ανοίγει" καινούργιους ορίζοντες και δυνατότητες στην επεξεργασία της μορφολογίας, την κατανόηση της λειτουργικότητας, την παρέμβαση και αντιμετώπιση προβλημάτων των οστών κ.α.

Η προτυποποίηση των οστών πραγματοποιήθηκε με δύο σύγχρονες τεχνολογίες. Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μία εύκολη και γρήγορη τεχνολογία. Έδωσε την δυνατότητα επίτευξης των δύσκολων λόγω μορφολογίας επιφανειών των οστών με πολύ μεγάλη ακρίβεια.

Η τηλεϊατρική αναφέρεται στην εφαρμογή των σύγχρονων τεχνολογιών, των τηλεπικοινωνιών και της πληροφορικής, για να προσφέρει σε ασθενείς κλινική βοήθεια από απόσταση. Η τηλεϊατρική βοηθάει περισσότερο εκείνους που βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, όπως οι αγρότες ή όταν ο θεράπων ιατρός βρίσκεται σε άλλη περιοχή. Η χρήση των νέων τεχνολογιών επιτρέπει την εύκολη επικοινωνία του ιατρού με τον ασθενή μέσω της μετάδοσης ήχου και εικόνας.

Οι υπηρεσίες της τηλεϊατρικής αυξάνονται καθότι αυξάνονται και οι απαιτήσεις και αναπτύσσεται η τεχνολογία. Πλέον, είναι δυνατό οι DICOM Viewers να είναι προσβάσιμοι σε λειτουργικά σύγχρονων κινητών τηλεφώνων ή σε φορητές συσκευές 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 προβάλλει, 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.

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.

## Βιβλιογραφία

- 1) Διον. Κάβουρας,, Ph.D. «Σημειώσεις: Ιατρική Πληροφορική», Αθήνα Φεβρουάριος 2005
- 2) [http://en.wikipedia.org/wiki/Health\\_informatics](http://en.wikipedia.org/wiki/Health_informatics)
- 3) <https://en.wikipedia.org/wiki/DICOM>
- 4) [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BE%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE\\_%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BE%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1)
- 5) Ι. Παπαχαριλάου, «Πολυμεσικές εφαρμογές στην Υγεία- Σημειώσεις Θεωρίας», ΤΕΙ Κρήτης, Αύγουστος 2006
- 6) [http://en.wikipedia.org/wiki/Medical\\_imaging](http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_imaging)
- 7) Ανδριάννα Πρέντζα, ασκήσεις με θέμα «Βασικές τεχνικές απεικόνισης και επεξεργασίας ακτινολογικών εικόνων», Φεβρουάριος 2009
- 8) N. E. M. Association, Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Rosslyn, Virginia, 2001. DICOM 3.
- 9) [www.ptc.com](http://www.ptc.com)
- 10) [www.microdicom.com](http://www.microdicom.com)
- 11) [www.stratasys.com](http://www.stratasys.com)