



Πανεπιστήμιο Κρήτης
Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών

Επισκόπηση ψηφιακής αναπαράστασης ιατρικών εικόνων και δημιουργία διαδικτυακής εφαρμογής για την αποθήκευση, αναζήτηση και οπτικοποίηση εικόνων ιατρικού ενδιαφέροντος

Στυλιανή Βαρδάκη 3568

Επιβλέπων: Πιτικάκης Μάριος

Επόπτης: Τζιτζικας Ιωάννης

Μέλος της επιτροπής παρακολούθησης/αξιολόγησης: Πλεξουσάκης Δημήτριος

Χρονικό διάστημα: Εαρινό Εξάμηνο 2020-2021 έως Χειμερινό Εξάμηνο 2021-2022

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τους Έφη Γουγουρέλα, Αντώνη Σπανάκη, Βαγγέλη Μαλιαρουδάκη και Ιωακείμ Οικονόμου

Περιεχόμενα

1	Μέρος Α.....	5
1.1	Εισαγωγή.....	5
1.1.1	Γενική περιγραφή.....	5
1.2	Εξέλιξη.....	5
1.2.1	Χρονολόγιο.....	5
1.2.2	Γενικά Προτερήματα.....	6
1.3	Αρχές Λειτουργίας Απεικονιστικών Συστημάτων.....	6
1.3.1	Ακτίνες Χ.....	6
1.3.2	Ψηφιακή Ραδιολογία.....	7
1.3.3	Ακτινοσκόπηση.....	7
1.3.4	Πυρηνική Ιατρική.....	7
1.3.5	Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίου.....	8
1.3.6	Υπερηχογράφημα.....	9
1.3.7	Υπολογιστική Τομογραφία.....	12
1.3.8	Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού.....	13
1.4	Βασικές Έννοιες Επεξεργασίας Εικόνας.....	14
1.4.1	Εικονοστοιχεία.....	14
1.4.2	Βάθος Εικονοστοιχείων.....	15
1.4.3	Ογκομετρικά Εικονοστοιχεία.....	15
1.4.4	Ανάλυση Εικόνας.....	16
1.4.5	Raster Images και Vectors.....	17
1.4.6	Αντίθεση.....	17
1.4.7	Φωτομετρική Αναπαράσταση.....	18
1.4.8	Χρώματα Ιατρικής Εικόνας.....	18
1.4.9	Μεταδεδομένα.....	20
1.5	Πρότυπα Ιατρικών Εικόνων.....	20
1.5.1	Analyze.....	21
1.5.2	NIFTI.....	21
1.5.3	DICOM.....	22
1.5.4	HL7.....	26
1.5.5	.mhd , .mha και .vtk και άλλοι τύποι ιατρικών εικόνων.....	28
2	Μέρος Β.....	29
2.1	Γενική Περιγραφή.....	29
2.2	Σκοπός Συστήματος.....	30
2.3	Σενάρια Χρήσης και τύποι χρηστών.....	30
2.4	Απαιτήσεις Συστήματος.....	30

2.5	Αρχιτεκτονική Συστήματος και Εργαλεία.....	30
2.5.1	Vaadin framework.....	30
2.5.2	MySQL	31
2.5.3	Γενική Επισκόπηση Συστήματος	33
2.6	Δοκιμή Συστήματος.....	40
2.6.1	Αποτελέσματα Δοκιμών	41
2.7	Οδηγίες Χρήσεως του Συστήματος	45
2.8	Επίλογος.....	47
Πηγές.....		49

1 Μέρος Α

1.1 Εισαγωγή

Η Ιατρική Απεικόνιση αποτελεί τη διαδικασία οπτικοποίησης και αποτύπωσης, είτε ψηφιακά είτε αναλογικά, των εσωτερικών δομών του ανθρώπινου σώματος. Χρησιμοποιείται ευρέως στη διαδικασία διάγνωσης και στον εντοπισμό ανωμαλιών. Η Ιατρική Απεικόνιση χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα τέλη του 19^{ου} αιώνα μέσω χρήσης ακτίνων Χ. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας δεν θα μπορούσε παρά να οδηγήσει στην εξέλιξη και αυτού του κλάδου με τη δημιουργία νέων μέσων απεικόνισης. Με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών η Ιατρική Απεικόνιση δεν έχει γίνει απλά πιο ακριβής μειώνοντας την ανάγκη για χειρουργεία με σκοπό τη διερεύνηση πιθανών ανωμαλιών, αλλά χαρακτηρίζεται και από την εύκολη αποθήκευση και τη γρήγορη μεταφορά των δεδομένων.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να αποσαφηνίσει τις διαφορές μεταξύ των διαφόρων ειδών της Ψηφιακής Αναπαράστασης των Ιατρικών Εικόνων.

Η ανάλυση γίνεται στα πλαίσια της Πτυχιακής Εργασίας στο Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Κρήτης κατά το διάστημα του Εαρινού Εξαμήνου του Ακαδημαϊκού Έτους 2020-2021.

1.1.1 Γενική περιγραφή

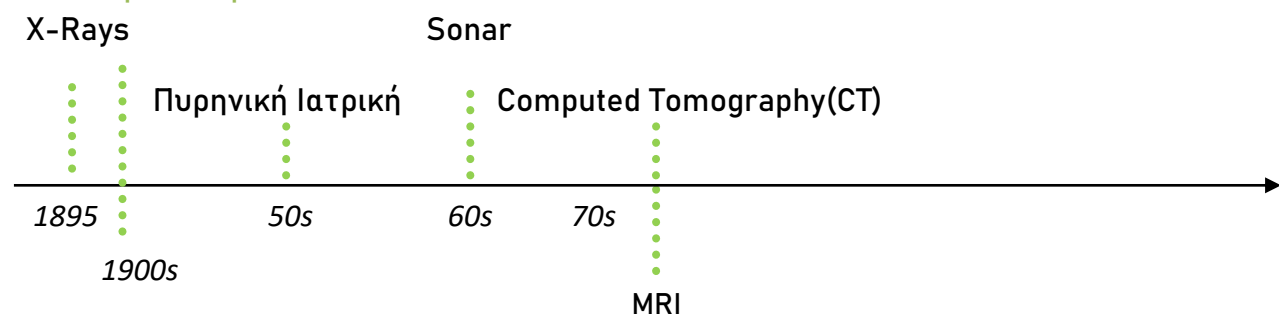
Η Πτυχιακή Εργασία χωρίζεται σε δύο κλάδους:

Α) Μελέτη και επισκόπηση 2D και 3D ιατρικών εικόνων και ψηφιακή αναπαράστασή τους, αρχές λειτουργίας των βασικότερων απεικονιστικών συστημάτων και πρότυπα βιοατρικών εικόνων.

Β) Ανάπτυξη διαδικτυακής εφαρμογής που θα στοχεύει στην αποθήκευση, οργάνωση και οπτικοποίηση ιατρικών εικόνων και αναλύεται στο Μέρος Β.

1.2 Εξέλιξη

1.2.1 Χρονολόγιο



1895: Δημιουργία των ακτίνων Χ από τον γερμανό φυσικό Wilhelm Rontgen

1950s: Έγχυση ασθενών με ραδιονουκλεοτίδια σε συνδυασμό με φαρμακευτικές ενώσεις και καταγραφή μέσω κάμερας γ-ακτινοβολίας

1960s: Προσαρμογή τεχνικών του Β' Παγκόσμιου Πολέμου για εντοπισμό πλοίων στην Ιατρική

1970s: Έντονη ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών που

οδήγησε στη δημιουργία νέων τεχνικών απεικόνισης



Figure 1 Η πρώτη ακτινογραφία: το χέρι της συζύγου του Roentgen. Τα λόγια της όταν είδε την εικόνα ήταν *"I have seen my death."*

1.2.2 Γενικά Προτερήματα

Η εξέλιξη και η ψηφιοποίηση των Ιατρικών Απεικονήσεων περιλαμβάνει τα εξής βασικά προτερήματα:

- μείωση σε έκθεση ακτινοβολίας
- ακρίβεια απεικόνισης
- δυνατότητα επεξεργασίας
- εύκολη μεταφορά
- γρήγορη αποθήκευση

1.3 Αρχές Λειτουργίας Απεικονιστικών Συστημάτων

Όπως φάνηκε στην Ενότητα 2, η Ιατρική Απεικόνιση είναι μία μέθοδος που ξεκίνησε να χρησιμοποιείται από τις αρχές του 1900 και εξελίχθηκε με την ψηφιοποίηση των εικόνων με χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Το επόμενο ερώτημα είναι από τη χαρακτηρίζεται η κάθε τεχνική απεικόνισης και σε τι την βοήθησε η χρήση των Η/Υ.

1.3.1 Ακτίνες Χ

Η διαδικασία της Ιατρικής Απεικόνισης μέσω των Ακτίνων Χ είναι εκείνη που περιλαμβάνει την έκθεση του σώματος σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται από έναν σωλήνα Ακτίνων Χ. Κατά τη διάρκεια της έκθεσης ένα μέρος από τις Ακτίνες, είτε απορροφώνται είτε διασκορπίζονται από τις εσωτερικές δομές του σώματος. Μια γενική αρχή είναι ότι όσο πιο πυκνή είναι μία δομή στο εσωτερικό του σώματος (όπως, για παράδειγμα, τα κόκαλα), τόσο περισσότερη ακτινοβολία απορροφά. Οι

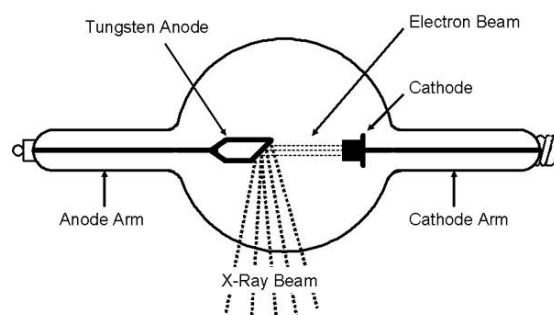


Figure 2 Εσωτερική όψη του Σωλήνα Ακτίνων Χ

εναπομείνουσες Ακτίνες διαπερνούν το σώμα και στην παραδοσιακή Ραδιολογία καταλήγουν σε μία πλάκα εμποτισμένη με φωτοευαίσθητο υλικό όπου γίνεται και η απεικόνιση.

1.3.2 Ψηφιακή Ραδιολογία

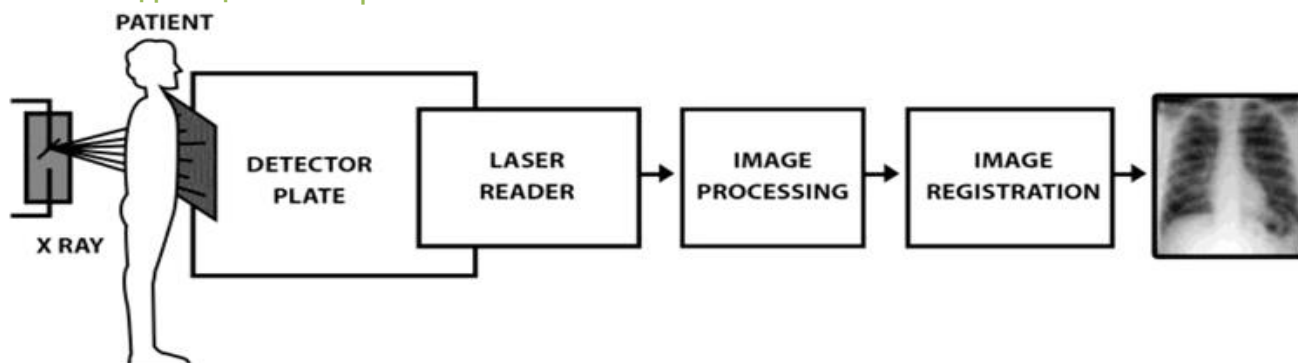


Figure 3 Εικονική αναπαράσταση της διαδικασίας απεικόνισης με Ακτίνες Χ

Στην ψηφιακή εκδοχή της Ιατρικής Απεικόνισης μέσω Ακτίνων Χ, η διαδικασία είναι η ίδια αλλά η τελική εικόνα διαμορφώνεται μέσω της δέσμευσης των ακτίνων Χ από έναν υπολογιστή. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται επιλογή εκτύπωσης της ακτινογραφίας, επιτρέπεται η ηλεκτρονική μεταφορά της, αποφεύγεται η έκθεση στα χημικά που χρησιμοποιούνται στις εμφανίσεις των παραδοσιακών Ακτινογραφιών και προσφέρεται μια πιο ακριβής και λεπτομερής τελική απεικόνιση.

1.3.3 Ακτινοσκόπηση

Η Ακτινοσκόπηση (ή Φθοροσκόπηση, ή Φθοριοσκόπηση) είναι ένα πιο εξελιγμένο σύστημα Απεικόνισης μέσω Ακτίνων Χ. Αν και στις κλασικές ακτινογραφίες το τελικό παράγωγο είναι μόνο μία εικόνα, στην Ακτινοσκόπηση μπορούμε να έχουμε τη συνεχή διαδοχή εικόνων όπως γίνεται και στις ταινίες. Συνήθως χορηγείται στο υπό-ακτινοσκόπηση άτομο ένα υλικό βαφής (για παράδειγμα Βάριο) ώστε να μπορεί να εντοπιστεί η κυκλοφορία του στο εσωτερικό του σώματος και πιο συγκεκριμένα στην υπό διερεύνηση δομή.

1.3.4 Πυρηνική Ιατρική

Στην Πυρηνική Ιατρική, που αποτελεί ολόκληρη ειδικότητα, πρωταγωνιστικό ρόλο έχει η μελέτη διαφόρων παθολογικών και φυσιολογικών διαδικασιών στο σώμα με τη χρήση ραδιοφαρμάκων. Τα ραδιοφάρμακα είναι βιομόρια, επισημασμένα με ίχνη ραδιοϊσοτόπων και διαφέρουν ανάλογα με την υπό διερεύνηση διαταραχή. Μια βασική ιδιότητα των ραδιοϊσοτόπων που χρησιμοποιούνται για την επισήμανση, είναι ότι αφήνουν ανεπηρέαστη τη συμπεριφορά των βιομορίων. Αυτό σημαίνει ότι το παραγόμενο ραδιοφάρμακο έχει τις ίδιες βιοχημικές ιδιότητες με το αρχικό βιομόριο.

Αφού χορηγηθούν τα κατάλληλα ραδιοφάρμακα, είτε με ενέσιμη μορφή είτε από το στόμα, ταξιδεύουν μέσα στο σώμα και εκπέμπουν ενέργεια με τη μορφή γ ακτίνων.

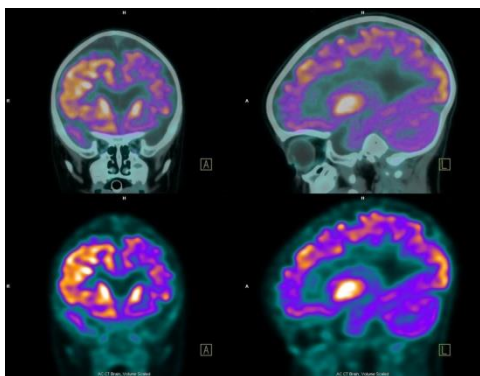


Figure 4 Παράδειγμα από PET scan

Εκείνη η ενέργεια στη συνέχεια, εντοπίζεται από κατάλληλες κάμερες που ονομάζονται γ-κάμερες οι οποίες σε συνδυασμό με έναν Η/Υ παράγουν εικόνες από το εσωτερικό του σώματος και επιτρέπουν λόγω της μεγάλης ακρίβειας να εντοπιστούν παθήσεις στα πρωταρχικά ακόμη στάδια. Συνήθως αναφερόμαστε στις εικόνες της Πυρηνικής Ιατρικής ως σπινθηρογραφήματα.

1.3.5 Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίου

Η Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίου (ή Positron Emission Tomography ή PET) ξεκίνησε να χρησιμοποιείται στις αρχές της δεκαετίας του 1950 και είναι μία απεικονιστική μέθοδος που παράγει εικόνες από το εσωτερικό του σώματος, προσφέροντας πληροφορίες σε λειτουργικό και μοριακό επίπεδο. Μέσα σε δύο δεκαετίες η Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίου σταμάτησε να χρησιμοποιείται μόνο στην έρευνα, προχωρώντας σε κλινικές μελέτες και εν τέλει έφτασε να αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία στη διαδικασία της ιατρικής διάγνωσης. Σε αυτό συνετέλεσαν τόσο η ανάπτυξη θεωρίας αλγορίθμων ανακατασκευής εικόνας όσο και η εξέλιξη στην τεχνολογία των ανιχνευτών.

Το ποζιτρόνιο είναι το πιο γνωστό σωματίδιο αντιύλης καθώς αποτελεί αντισωματίο του

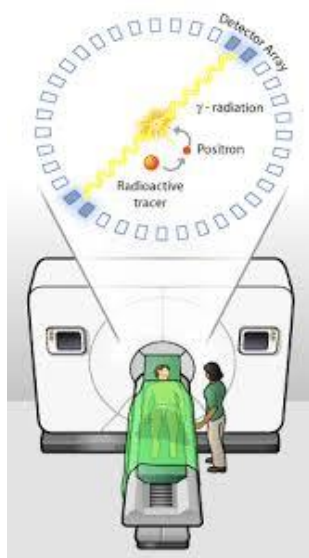


Figure 5 Σχεδιαγραμματική απεικόνιση της λειτουργίας του τομογράφου PET

Ανήκει στην ευρύτερη περιοχή της Πυρηνικής Ιατρικής καθώς βασίζεται στην έγχυση ραδιοφαρμάκων. Ένα χαρακτηριστικό που κάνει την PET να ξεχωρίζει είναι η ικανότητα της να απεικονίζει και τις φυσικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού. Αυτή της η ιδιότητα οφείλεται στα ραδιοφάρμακα που χρησιμοποιούνται, αφού η επισήμανση γίνεται ανάμεσα σε ραδιοϊσότοπα και ενώσεις που αποτελούν βασικά συστατικά του ανθρώπινου οργανισμού (για παράδειγμα οι πρωτεΐνες και τα αμινοξέα).

Σήμερα στην Ιατρική χρησιμοποιείται η Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίου που βασίζεται στην εξαϋλωση ποζιτρονίου-ηλεκτρονίου με δύο φωτόνια. Η συγκεκριμένη εξαϋλωση συμβαίνει όταν ένα ηλεκτρόνιο συναντηθεί με ένα ποζιτρόνιο με αποτέλεσμα τη μετατροπή τους σε ακτινοβολία γ και την παραγωγή φωτονίων υψηλής ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση σεσημασμένων χημικών ουσιών.

Η διαδικασία ξεκινάει με την έγχυση του ραδιοφαρμάκου (όπως συνηθίζεται στις μεθόδους της Πυρηνικής Ιατρικής) μέσω της ροής του αίματος. Στα ισότοπα εκείνων των ραδιοφαρμάκων κυριαρχεί μία συγκεκριμένη μορφή διάσπασης (β^+ διάσπαση) που καταλήγει σε εκπομπή ποζιτρονίων. Τα ποζιτρόνια ακολουθούν μια ακανόνιστη πορεία λόγω της επιβράδυνσης που προκαλείται από την αλληλεπίδραση με τους ιστούς του σώματος και σταδιακά χάνουν ενέργεια έως ότου φτάσουν σε θερμική ισορροπία με το μέσο, οπότε και εξαϋλώνονται με τα ηλεκτρόνια. Αυτή η διαδικασία εν τέλει παράγει φωτόνια που κινούνται σε αντιδιαμετρικές κατευθύνσεις. Λόγω εκείνης της αντίθετης φοράς εκπομπής των φωτονίων, οι ανιχνευτές αντιλαμβάνονται ότι συμβαίνει ένα γεγονός επάνω στην ευθεία που τους ενώνει. Εκείνη είναι η γραμμή απόκρισης. Λόγω των πολλών εξαϋλώσεων προκύπτουν πολλές γραμμές απόκρισης που αποθηκεύονται σε πίνακες («sinograms»). Το σύνολο των sinograms αποτελούν «εικόνες» που περιέχουν πληροφορίες για την κατανομή των ραδιοφαρμάκων σε μια συγκεκριμένη θέση. Από εκείνους του πίνακες είναι που μπορούμε μέσω των αλγορίθμων ανακατασκευής εικόνας να πάρουμε την τελική εικόνα της τομογραφίας PET που δείχνει την χωρική κατανομή του ραδιοφάρμακου στο σώμα του εξεταζόμενου.



Figure 6 PET scanner

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίου μπορεί να μας δώσει τόσο δισδιάστατες όσο και τρισδιάστατες εικόνες.

1.3.6 Υπερηχογράφημα

Το Υπερηχογράφημα είναι μια ανώδυνη διαδικασία ιατρικής απεικόνισης που, όπως δηλώνει και το όνομα της, βασίζεται στην εκπομπή υπερήχων προς το σώμα. Η ευρεία χρήση του ξεκίνησε τη δεκαετία του 1970, ενώ σαν μέθοδος αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου για τον εντοπισμό υποβρυχίων. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι ότι δεν επιβαρύνει τον ανθρώπινο οργανισμό και μπορεί να επαναληφθεί όσες φορές χρειαστεί σε οσοδήποτε μικρό χρονικό διάστημα. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν βασίζεται στη



Figure 7 Ηχοβολείς διαφορετικού τύπου

χρήση φαρμάκων για τον εντοπισμό ανωμαλιών, όπως σε άλλες τεχνικές) και δεν χρειάζεται οποιαδήποτε τομή για την εφαρμογή της μεθόδου.

Για να λειτουργήσει το Υπερηχογράφημα χρειάζεται να υπάρχει ένας Η/Υ, ένας ηχοβολέας και ένα ειδικό τζελ. Ο ηχοβολέας είναι ένα εργαλείο με διαφορετικό σχήμα και μέγεθος ανάλογα με τον τύπο του Υπερηχογραφήματος. Έχει το ρόλο τόσο του πομπού όσο και του δέκτη της διαδικασίας. Πιο αναλυτικά, πριν ξεκινήσει το υπερηχογράφημα ο επαγγελματίας υγείας απλώνει στην προς εξέταση περιοχή το ειδικό τζελ επάνω στο οποίο θα κινηθεί ο ηχοβολέας. Αυτό χρησιμοποιείται για να εξασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρχουν κενά με αέρα που εμποδίζουν την μετάδοση των υπερήχων ανάμεσα στον ηχοβολέα και το σώμα.

Ο ηχοβολέας περιέχει έναν κεραμικό πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο που επιτρέπει την παραγωγή ηχητικών κυμάτων παρουσία ηλεκτρικού πεδίου, αλλά και αντίστροφα, την παραγωγή ενός ηλεκτρικού πεδίου όταν ανιχνεύσει ένα ηχητικό κύμα. Αυτή η δυϊκότητα είναι που προσφέρει στον ηχοβολέα την δυνατότητα να λειτουργεί και σαν πομπός αλλά και σαν δέκτης. Με το ρόλο του ως πομπός, ο ηχοβολέας εκπέμπει ηχητικά κύματα μέσα στο σώμα. Τα ηχητικά κύματα είναι πολύ υψηλής συχνότητας και δεν μπορεί ανιχνεύονται από το ανθρώπινο αυτί. Η δέσμη των ηχητικών κυμάτων που εκπέμπονται μετατοπίζεται όσο κινείται ο ηχοβολέας, επιτρέποντας του έτσι να εστιάσει στη «φέτα» («slice») σώματος που διασχίζει την εκάστοτε στιγμή. Με το ρόλο του ως δέκτης, ο ηχοβολέας μπορεί να συλλέγει την αντανάκλαση των κυμάτων που έστειλε από το εσωτερικό του σώματος και να την μετατρέψει σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο, στη συνέχεια, θα μετατραπεί ηλεκτρονικά σε εικόνα και θα προβληθεί σε οθόνη ή θα εκτυπωθεί. Η παραγόμενη εικόνα απεικονίζει τα διάφορα όργανα σε τομές συνήθως επιμήκεις ή εγκάρσιες σε διάφορα επίπεδα ανάλογα με την τοποθέτηση (κίνηση) του ηχοβολέα από τον εξεταστή και είναι δισδιάστατη.

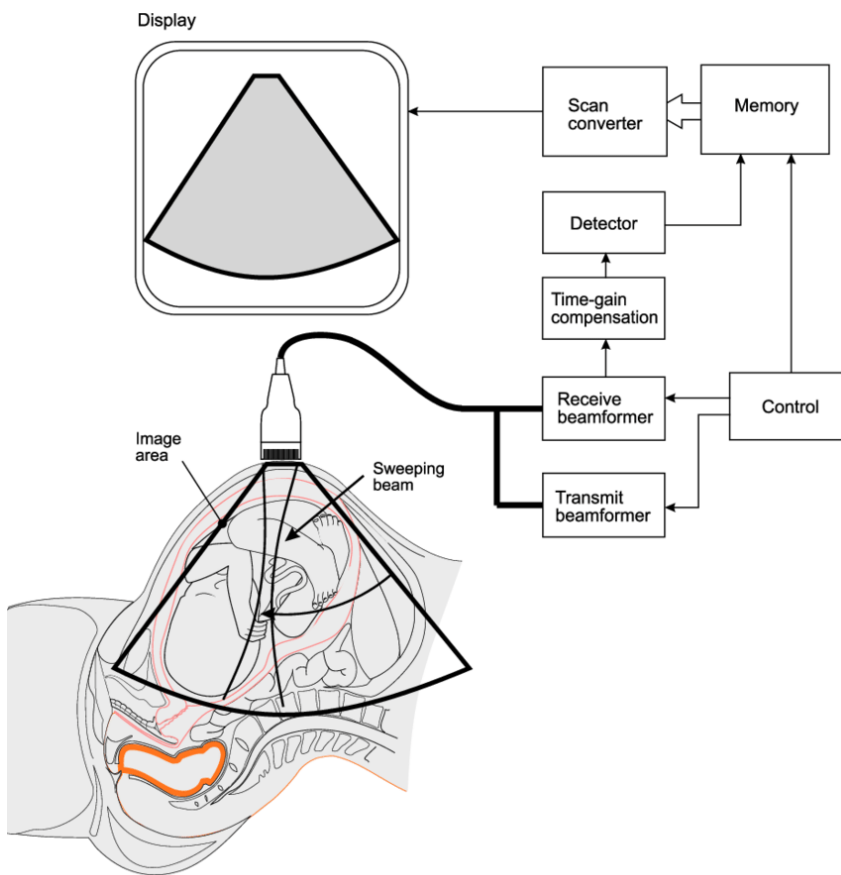


Figure 8 Σχεδιαγραμματική αναπαράσταση της διαδικασίας Απεικόνισης με Υπερηχογράφημα

Να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια δίνεται η δυνατότητα για 3D ή ακόμα και 4D αναπαράσταση μέσω υπερηχογραφήματος. Αυτές οι τεχνικές απεικόνισης λειτουργούν με βάση τις ίδιες αρχές του απλού υπερηχογραφήματος, αλλά προϋποθέτουν την λήψη πολλών εικόνων από διαφορετικές γωνίες που στη συνέχεια συνενώνονται σε μία τρισδιάστατη εικόνα. Αυτό προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια στον εντοπισμό ανωμαλιών. Χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, στους υπερήχους εγκυμοσύνης κάνοντας εφικτό τον εντοπισμό συμπτωμάτων μη τυπικής ανάπτυξης (π.χ. σύνδρομο του 21). Η διαφορά ανάμεσα στις τρισδιάστατες και στις τετραδιάστατες εικόνες είναι ότι οι δεύτερες επιτρέπουν την αναπαραγωγή του τρισδιάστατου υλικού σε πραγματικό χρόνο.

1.3.7 Υπολογιστική Τομογραφία

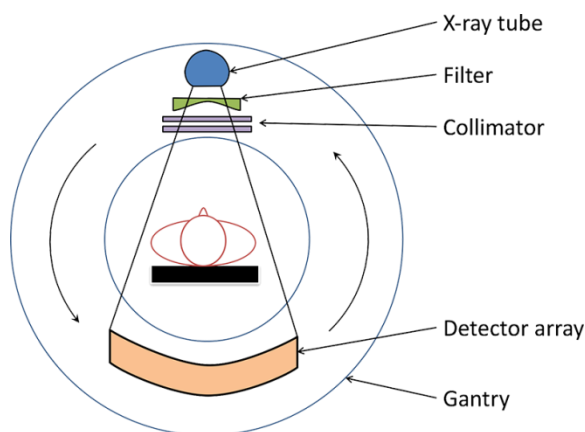


Figure 9 Σχεδιαγραμματική απεικόνιση της Υπολογιστικής Τομογραφίας

Για να κατανοήσουμε την Υπολογιστική Τομογραφία (ή Αξονική Τομογραφία ή Computed Tomography ή CT ή Computerized Axial Tomography ή CAT) χρειάζεται να έχουμε στο μυαλό μας τον τρόπο λειτουργίας των ακτινογραφιών (βλ. παράγραφο 1.3.1), αφού βασίζεται στην εκπομπή ακτίνων X και στην απεικόνιση με βάση την απορρόφηση τους από το σώμα. Επίσης, πρέπει να ξεκαθαριστεί ότι η συγκεκριμένη τεχνική απεικόνισης βασίζεται στην ανακατασκευή της εσωτερικής μορφολογίας των οργάνων του σώματος με τη σύνθεση πολλαπλών προβολών εγκάρσιων τομών του οργάνου (όπως άλλωστε

υποδηλώνεται και από το όνομα της). Κάθε μία από εκείνες τις τομές έχει πάχος από 1 έως 10 χιλιοστόμετρα ανάλογα με τον τομογράφο που χρησιμοποιείται.

Πιο αναλυτικά για την μέθοδο λειτουργίας της Υπολογιστικής Τομογραφίας, μία λυχνία ακτίνων X εκπέμπει μία λεπτή δέσμη ακτινοβολίας σε μία τομή τους σώματος ενώ παράλληλα κινείται γύρω του. Κάθε μία από τις τομές υποδιαιρείται σε μία μήτρα με μέγιστο πλήθος voxels 1024×1024 . Τα voxels είναι, εν συντομία, μία μονάδα γραφικών πληροφοριών που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση ενός σημείου στον τρισδιάστατο χώρο. Η εκπομπή της δέσμης γίνεται ανά συγκεκριμένη γωνιακή απόσταση από το σώμα που αντιστοιχεί σε 1 μοίρα. Η δέσμη ακτινοβολίας φτάνει στο σώμα και απορροφάται σε ένα βαθμό αντίστοιχο της πυκνότητας των ιστών που συνάντησε στη διαδρομή της.

Στην πλευρά εξόδου βρίσκονται ανιχνευτές που είναι τοποθετημένοι αντιδιαμετρικά της λυχνίας ακτίνων X. Η λυχνία μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή σχηματίζοντας πλήρη κύκλο και γι' αυτό το λόγο οι ανιχνευτές είναι τοποθετημένοι παντού γύρω από τον ασθενή σε έναν σταθερό δακτύλιο. Κατά τη διάρκεια της σάρωσης πολλά φωτόνια διαπερνούν τα voxels και η ένταση της διερχόμενης ακτινοβολίας μετριέται από τους ανιχνευτές. Από την καταγραφή αυτής της έντασης υπολογίζεται η πυκνότητα του ιστού σε κάθε σημείο της

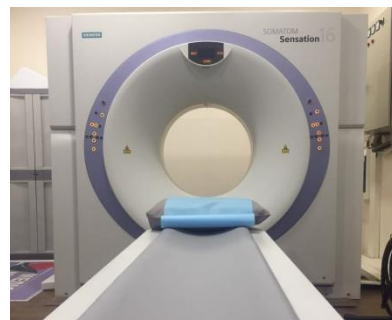


Figure 10 Αξονικός Τομογράφος

τομής. Έπειτα, οι ανιχνευτές μετατρέπουν την δέσμη ακτινοβολίας σε ηλεκτρικά σήματα που μεταφέρονται στον

Η/Υ σε κωδικοποιημένη μορφή κι εκεί μπορεί να γίνει η ανασύνθεση της πληροφορίας και η μήτρα να ανακατασκευαστεί στην αντίστοιχη δισδιάστατη αναπαράσταση (pixels). Το κάθε ένα pixel κατέχει μία αριθμητική τιμή που αποτελεί τη μέση τιμή όλων των

τιμών εξασθένησης που περιέχονται στο αντίστοιχο voxel. Αυτή η αριθμητική τιμή καταγράφεται στην κλίμακα Hounsfield και αντιστοιχεί σε μία σκιά στην κλίμακα του γκριζου (gray scale). Έτσι η τελική εικόνα αποτελείται από ένα σύνολο διαβαθμίσεων του γκριζου. Περιοχές του σώματος με υψηλό συντελεστή εξασθένησης, όπως τα οστά, εμφανίζονται λευκές, ενώ περιοχές με μικρότερο συντελεστή εξασθένησης, όπως οι μαλακοί ιστοί παρουσιάζονται γκριζες ή μαύρες. Για να βελτιωθεί η αντίθεση απεικόνισης μεταξύ των ιστών, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν σκιαγραφικά διαφόρων τύπων.

Εν ολίγοις, στο τέλος της διαδικασίας έχουμε καταφέρει να βρούμε μια δισδιάστατη και ασπρόμαυρη αναπαράσταση ενός τμήματος του χώρου (σώματος). Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές, παράγοντας πολλές δισδιάστατες εικόνες, επιτρέποντας έτσι στον κλινικό ιατρό να έχει μια πληρέστερη εικόνα του εσωτερικού του σώματος και των δομών του και όχι να βλέπει μονάχα μία δισδιάστατη εικόνα που προσπαθεί να χωρέσει ολόκληρο το μέγεθος του τρισδιάστατου σώματος.

1.3.8 Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού

Η Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (ή ΑΜΣ ή Magnetic Resonance Imaging ή MRI) είναι μία ανώδυνη απεικονιστική μέθοδος που βασίζεται στις ιδιότητες των μαγνητικών πεδίων και των ραδιοσυχνοτήτων. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα που έχει σε σύγκριση με άλλες μεθόδους απεικόνισης είναι ότι δεν χρειάζεται ο εξεταζόμενος να υποβληθεί σε ακτίνες Χ ή ραδιενεργές ουσίες (όπως για παράδειγμα στην Πυρηνική Ιατρική). Η συγκεκριμένη μέθοδος εστιάζει κυρίως στην απεικόνιση των σημείων του σώματος που διακρίνονται για τον μαλακό ιστό τους, όπως είναι το νευρικό σύστημα, οι αρθρώσεις κ.ο.κ. .

Κατά τη διάρκεια της Απεικόνισης Μαγνητικού Συντονισμού, ο εξεταζόμενος πρέπει να παραμένει ξαπλωμένος σε ένα κρεβάτι που μετακινείται μέσα στον σαρωτή. Είναι σημαντικό να παραμένει ακίνητος για να εξασφαλιστεί ότι η τελική εικόνα θα έχει την καλύτερη δυνατή ποιότητα.

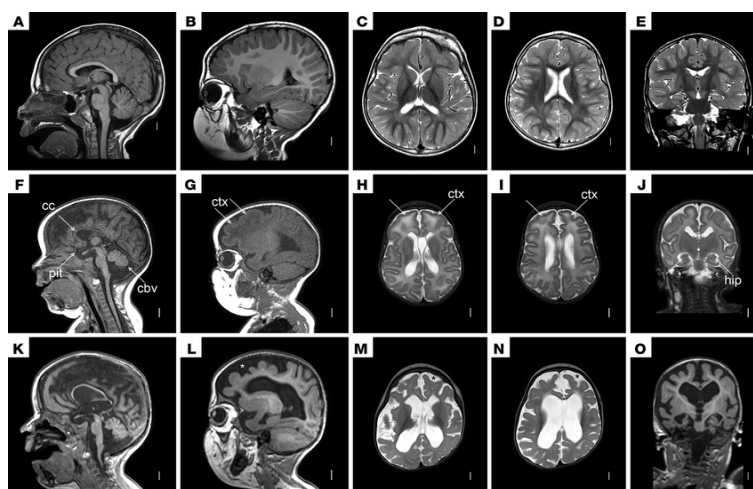


Figure 11 Παράδειγμα Μαγνητικής Τομογραφίας Εγκεφάλου ενός 3χρονου αγοριού

Ο τομογράφος χρησιμοποιεί πολύ ισχυρούς μαγνήτες δημιουργώντας έτσι ένα μαγνητικό πεδίο πολλές χιλιάδες φορές δυνατότερο από το μαγνητικό πεδίο της Γης. Το σώμα αποτελείται στο μεγαλύτερο μέρος του από νερό και κατά συνέπεια από άτομα Υδρογόνου και Οξυγόνου. Στους πυρήνες των ατόμων βρίσκονται ακόμα πιο μικρά σωματίδια, τα πρωτόνια που είναι ευαίσθητα στα μαγνητικά πεδία. Οι μαγνήτες του τομογράφου προκαλούν την ευθυγράμμιση των πρωτονίων με το μαγνητικό πεδίο. Μετά την ευθυγράμμιση, εκπέμπονται ραδιοκύματα σε περιοχές του σώματος, «αναστατώνοντας» τα πρωτόνια για όσο διαρκεί αυτή εκπομπή. Όταν τελειώσει, τα πρωτόνια προσπαθούν να επανευθυγραμμιστούν με το μαγνητικό πεδίο, εκπέμποντας έτσι ενέργεια μέσω ραδιοκυμάτων που εντοπίζεται από τους ανιχνευτές του Μαγνητικού Τομογράφου. Τα ραδιοκύματα που εκπέμπουν τα πρωτόνια κατά την επανευθυγράμμιση τους παρέχουν πληροφορίες για την ακριβή θέση των πρωτονίων στο σώμα. Η ταχύτητα επανευθυγράμμισης των πρωτονίων, από την άλλη, βοηθάει στον καθορισμό του είδους του ιστού αφού τα πρωτόνια κάθε είδους έχουν διαφορετικούς ρυθμούς. Τέλος, τα εκατομμύρια σήματα που εντοπίζονται από τους ανιχνευτές του Μαγνητικού Τομογράφου συνδυάζονται και σχηματίζουν την τελική εικόνα.

Στην Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού δίνεται η επιλογή για χορήγηση σκιαγραφικού πριν την εξέταση ώστε να επισπευσθεί η επανευθυγράμμιση των πρωτονίων με το μαγνητικό πεδίο. Ο γενικός κανόνας είναι ότι όσο γρηγορότερα επιτυγχάνεται η επανευθυγράμμιση, τόσο φωτεινότερη είναι η τελική εικόνα.

1.4 Βασικές Έννοιες Επεξεργασίας Εικόνας

Προτού μπορέσουμε να συζητήσουμε τα Πρότυπα Ιατρικών Εικόνων, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τη σημασία ορισμένων βασικών εννοιών της ψηφιακής αναπαράστασης και επεξεργασίας της εικόνας. Πιο συγκεκριμένα, ερωτήματα που θα μας απασχολήσουν έχουν να κάνουν με το τι δομεί μια ψηφιακή εικόνα, ποιες είναι οι διαστάσεις της, η ανάλυση κλπ. .

1.4.1 Εικονοστοιχεία

Τα εικονοστοιχεία (ή εικονοκύτταρα ή pixels ή picture elements) είναι η ελάχιστη δομική μονάδα μιας εικόνας, όπως εκείνη αναπαρίσταται σε ψηφιακή μορφή σε ένα υπολογιστικό σύστημα. Κάθε εικόνα αποτελείται από έναν αριθμό «σημείων» που εξαρτάται από την ανάλυση της, όπου κάθε ένα από εκείνα τα σημεία αναπαρίσταται από ένα pixel. Τα pixels συνήθως έχουν τετράγωνο σχήμα, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις που το σχήμα τους είναι ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, όπως για παράδειγμα στο αναμορφικό πρότυπο ευρείας οθόνης για ψηφιακό βίντεο.

Μέχρι ετούτη τη στιγμή μπορούμε να φανταστούμε μια ψηφιακή εικόνα ως ένα σύνολο από τετράγωνα σε μία οθόνη. Το επόμενο λογικό ερώτημα είναι το «Τι αποτελεί ένα εικονοστοιχείο;». Είναι αναμενόμενο ότι μια εικόνα οποιουδήποτε τύπου αποτελεί ένα στιγμιότυπο κάποιου πραγματικού αντικειμένου που είδε ο φακός. Για να μπορούμε να ξεκαθαρίσουμε τι είδε ο φακός και τι βλέπουμε εμείς στην εικόνα, χρειαζόμαστε χρώμα.

Μπορούμε, λοιπόν, να έχουμε στο μυαλό μας τα pixels ως κουβάδες από χρώμα. Ανάλογα με τη μορφή της εικόνας, εάν δηλαδή είναι ασπρόμαυρη ή έγχρωμη, το κάθε pixel αποτελείται από διαφορετικό αριθμό bits. Για μία ασπρόμαυρη εικόνα αρκεί 1 μόλις bit που θα παίρνει τιμές για 0 και 1. Στις έγχρωμες εικόνες χρησιμοποιούνται συνήθως από 8 έως 24 bits. Εκείνος ο αριθμός τον bits ανά pixel αποτελεί το **Βάθος** του **Εικονοστοιχείου**.

Μπορούμε να αναφερθούμε σε ένα συγκεκριμένο pixel με βάση τις συντεταγμένες του μέσα στην εικόνα.

1.4.2 Βάθος Εικονοστοιχείων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας αποτελείται από bits και ο αριθμός των bits που χρειάζονται για να κωδικοποιηθούν το εικονοστοιχείο, αποτελεί το Βάθος του Εικονοστοιχείου (ή Pixel Depth). Κάθε ψηφιακή εικόνα αποθηκεύεται σε μία μονάδα μνήμης, όπου υπάρχει σαν ένα σύνολο από bytes ($8 \text{ bits} = 1 \text{ byte}$). Για παράδειγμα, εάν έχουμε μια τετράγωνη εικόνα μεγέθους 256×256 pixels και Βάθος Εικονοστοιχείου 12 bits, τότε ο Η/Υ θα χρειαζότανε 2 bytes για την αποθήκευση του κάθε pixel και, εν τέλει, συνολικά θα απαιτούνταν μνήμη ίση με $256 * 256 * 2 = 131,072 \text{ bytes}$ για την αποθήκευση ολόκληρης της εικόνας. Να σημειωθεί ότι αυτό δεν θα άλλαζε εάν το Βάθος των Εικονοστοιχείων ήτανε 16 bits, μιας και πάλι ο Η/Υ θα χρησιμοποιούσε 2 bytes για την αποθήκευση του κάθε Εικονοστοιχείου. Για Βάθος Εικονοστοιχείων ίσο με 2 bytes ($= 16 \text{ bits}$), υπάρχει δυνατότητα αναπαράστασης και αποθήκευσης συνολικά έως και $2^{16} = 65,535$ ακέραιων αριθμών.

Το Institute of Electrical and Electronics Engineer (IEEE) με τη δημιουργία του standard IEEE-754, αντιμετωπίζει το πρόβλημα αναπαράστασης των αριθμών κινητής υποδιαστολής με τη δημιουργία δύο διαφορετικών προτύπων κωδικοποίησης. Ένα πρότυπο απλής ακρίβειας (single precision) με 32 bits και ένα διπλής ακρίβειας (double precision) με 64 bits. Με ετούτο τον τρόπο εξασφαλίζεται η ακρίβεια με την οποία το σύνολο που προκύπτει από τον συνδυασμό από μία αλληλουχία n bits ($2^n - 1$), αποτελεί αναπαράσταση ενός συνεχούς διαστήματος πραγματικών αριθμών.

1.4.3 Ογκομετρικά Εικονοστοιχεία

Όπως είδαμε σε προηγούμενη ενότητα (βλ. **Ενότητα 1.3.7**) τα Ογκομετρικά Εικονοστοιχεία (ή voxels) αποτελούν μία μονάδα γραφικών πληροφοριών που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση ενός σημείου στον τρισδιάστατο χώρο. Εάν, δηλαδή, μπορούσαμε να φανταστούμε τα απλά εικονοστοιχεία ως τετράγωνα που καθορίζονται από δύο διαστάσεις x και y , τότε μπορούμε να φανταστούμε τα Ογκομετρικά Εικονοστοιχεία ως κύβους που κάθε ζεύγος x, y χρησιμεύει για να καθορίσει ένα σημείο στην επιφάνεια του κύβου και χρειαζόμαστε και μία τρίτη διάσταση z που καθορίζει ένα σημείο μέσα στον κύβο από εκείνη την πλευρά. Θεωρούμε λοιπόν ότι το voxel είναι το αντίστοιχο του pixel στον τρισδιάστατο χώρο και αποτελεί το ελάχιστο διακριτό μέγεθος ενός τρισδιάστατου γραφικού στοιχείου. Ας υπενθυμίσουμε εδώ ότι οι

Ακτινογραφίες και οι Ακτινοσκοπήσεις αποτελούν δισδιάστατη πληροφορία, ενώ η Υπολογιστική και η Μαγνητική Τομογραφία καθώς και ο κάποιες κατηγορίες Υπερήχου τρισδιάστατη.

1.4.4 Ανάλυση Εικόνας

Η ανάλυση μιας εικόνας έχει να κάνει με τη λεπτομέρεια που διατηρεί η εικόνα. Είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στην Ιατρική Απεικόνιση, αφού είναι σαφές ότι όσο περισσότερες λεπτομέρειες είναι ευδιάκριτες σε μία εικόνα τόσο πιο ακριβής και πιθανά επιτυχής μπορεί να είναι η διαδικασία της διάγνωσης.

Μια συνηθισμένη μέτρηση για την ανάλυση είναι τα PPI (pixels per inch) που αναφέρεται όπως φαίνεται από το όνομα, στον αριθμό των pixels ανά μία ίντσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός PPI τόσο περισσότερα pixels έχουμε ανά ίντσα και τόσο καλύτερη είναι η ανάλυση της φωτογραφίας. Επίσης, να αναφέρουμε ότι ο αριθμός PPI είναι αντιστρόφως ανάλογος του μεγέθους των pixels. Αυτό σημαίνει ότι όταν αυξάνεται το PPI τότε το μέγεθος των εικονοστοιχείων μικραίνει, προσθέτοντας έτσι στην ακρίβεια της αναπαράστασης του εικονοστοιχείου αφού αντιστοιχεί σε ένα μικρότερο σημείο με λιγότερες λεπτομέρειες. Αντίστοιχα ισχύει και το αντίστροφο. Για να το καταλάβουμε καλύτερα μπορούμε να σκεφτούμε σαν παράδειγμα:

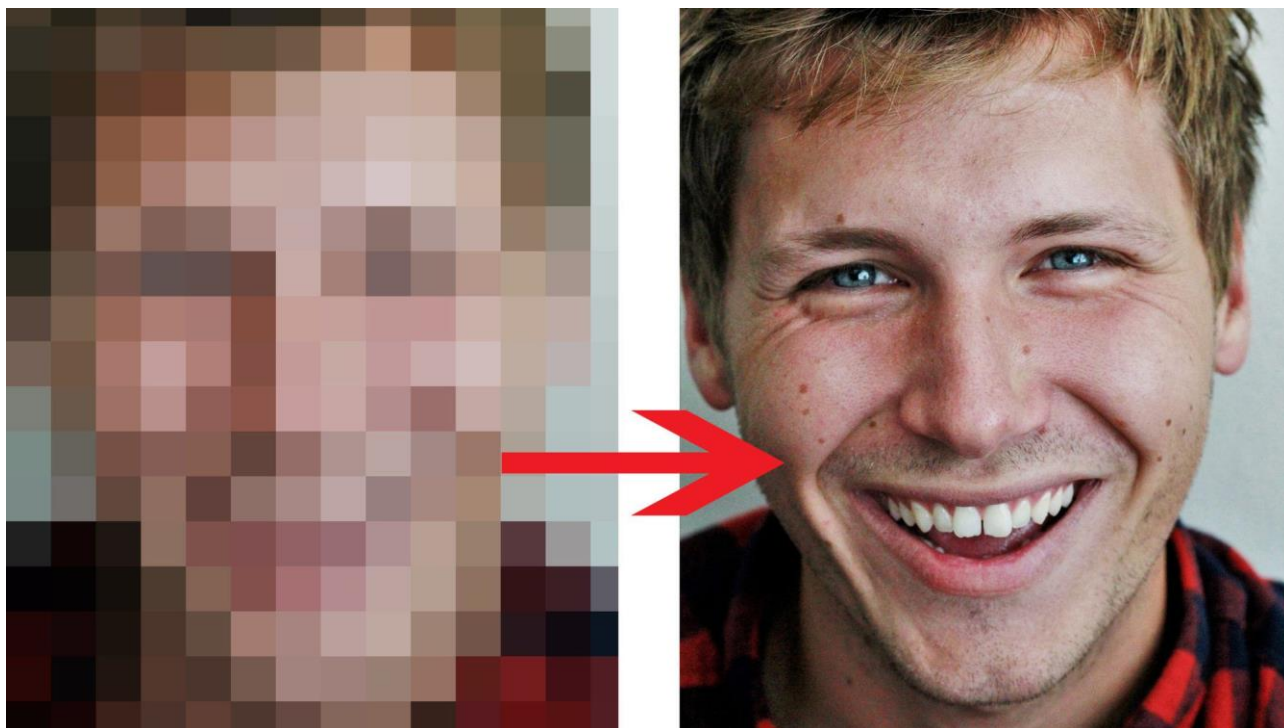


Figure 12 Παράδειγμα Ανάλυσης Εικόνας

Στην παραπάνω εικόνα μπορούμε να δούμε στα αριστερά ότι για μικρότερο αριθμό εικονοστοιχείων (οπότε για εικονοστοιχεία μεγαλύτερου μεγέθους) μας είναι πιο δύσκολο να ξεκαθαρίσουμε το τι βλέπουμε. Αντίθετα στην εικόνα δεξιά το πλήθος των εικονοστοιχείων είναι μεγαλύτερο και το μέγεθος τους μικρότερο. Δεδομένου ότι και στις δύο περιπτώσεις προσπαθήσαμε να απανθαντίσουμε το ίδιο πορτραίτο με

διαφορετικό αριθμό PPI, μπορούμε εύκολα να δούμε ότι τα εικονοστοιχεία μεγαλύτερου μεγέθους θα πρέπει να αντιστοιχίζονται σε μεγαλύτερο τμήμα της πραγματικής εικόνας. Ένα pixel που αντιστοιχεί στην εικόνα δεξιά μπορεί, για παράδειγμα, να αναπαριστά ένα σημείο μιας τρίχας ενώ στην εικόνα δεξιά, το pixel μπορεί να αναπαριστά μια ολόκληρη τούφα από μαλλιά! Δεδομένου ότι το pixel καθορίζεται μόνο από το χρώμα του, στα μεγαλύτερα pixels δεν μπορούμε να διακρίνουμε γραμμές και λεπτομέρειες και το χρώμα αποτελεί μία ενδιάμεση τιμή των χρωμάτων του πραγματικού αντικειμένου που απεικονίζεται.

1.4.5 Raster Images και Vectors

Η Ανάλυση της Εικόνας, όπως είδαμε στην προηγούμενη Ενότητα, αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα όταν μιλάμε για ψηφιακές εικόνες. Αν και η έννοια των Εικονοστοιχείων και της Ανάλυσης της εικόνας βασισμένη σε εκείνα είναι πλέον ξεκάθαρος, μπορούμε επίσης να διακρίνουμε και το πρόβλημα σε εικόνες χαμηλής Ανάλυσης. Για εκείνο το λόγο υπάρχουν και τύποι εικόνων που δεν βασίζονται στην Ανάλυση. Συγκεκριμένα μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις εικόνες σε δύο μεγάλες Ενότητες: Εικόνες Raster και Vectors.

Οι Εικόνες Raster (ή bitmap) είναι η πλέον συχνή μορφή αναπαράστασης εικόνων. Σε ετούτη την κατηγορία μπορούμε να φανταστούμε την εικόνα ως ένα πλέγμα από εικονοστοιχεία, που με τη σειρά τους, καθορίζονται από ένα χρώμα. Μπορούμε να φανταστούμε ότι όσα περισσότερα Εικονοστοιχεία έχει το πλέγμα, τόσο μεγαλύτερη και πιο ακριβής είναι και η Ανάλυση της εικόνας.

Οι Vectors είναι μία κατηγορία εικόνων ανεξάρτητη της Ανάλυσης. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να μεγεθύνουμε και να κόψουμε όσες φορές θέλουμε ένα vector όσες φορές θέλουμε χωρίς να χάσουμε πληροφορία. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι επειδή οι vectors ουσιαστικά αποτελούν γεωμετρικές εικόνες, δηλαδή εικόνες που πραγματοποιούν την αναπαράσταση μέσω της αναγνώρισης γεωμετρικών προτύπων, όπως είναι τα σημεία, οι γραμμές και τα σχήματα. Ο εγκέφαλος λειτουργεί με αντίστοιχο τρόπο, αφού αναγνωρίζει αντικείμενα με βάση το σχήμα και το μοτίβο τους.

1.4.6 Αντίθεση

Η Αντίθεση (ή contrast) είναι η διαφορά στη φωτεινότητα ή το χρώμα που καθιστά ένα αντικείμενο διακριτό και το ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα αντικείμενα στο ίδιο οπτικό πεδίο. Αποτελεί όρο που αφορά όλο τον κόσμο της Απεικόνισης και όχι μόνο της Ιατρικής Εικόνας.

Στην Ιατρική Εικόνα η Αντίθεση είναι πολύ σημαντική αφού όσο μεγαλύτερη είναι τόσο πιο ευδιάκριτοι είναι οι διαφορετικοί ιστοί του σώματος. Έτσι είναι πιο εύκολη η διαδικασία της διάγνωσης. Για να επιτευχθεί η καλύτερη Αντίθεση στις Ιατρικές Εικόνες, συχνά απαιτείται η χορήγηση Σκιαγραφικού όπως είδαμε και σε προηγούμενες ενότητες. Το Σκιαγραφικό χορηγείται είτε από το στόμα είτε σε ενέσιμη μορφή και διαφέρει ανάλογα με τον τρόπο Απεικόνισης.

Σε μεθόδους Απεικόνισης όπως οι Ακτίνες Χ και η Υπολογιστική Τομογραφία που χρησιμοποιούν ιονίζουσα ακτινοβολία τα Σκιαγραφικά συνήθως περιέχουν Ιωδίνη (I) και Θειικό Βάριο (BaSO_4). Αυτές οι ουσίες παρεμβάλουν τη διέλευση της ακτινοβολίας και κατά συνέπεια αλλάζουν το πως φαίνεται η τελική εικόνα.

Στη Μαγνητική Τομογραφία τα Σκιαγραφικά που χρησιμοποιούνται συνήθως περιέχουν το στοιχείο Γαδολίνιο (Gd). Το Γαδολίνιο χορηγείται σε ενέσιμη μορφή πριν τη Μαγνητική Τομογραφία και προκαλεί τη γρήγορη «χαλάρωση» των μορίων του νερού γύρω από το Σκιαγραφικό, συμβάλλοντας έτσι στην ενίσχυση της ποιότητας της τελικής εικόνας. Σχεδόν το 1/3 του συνόλου των Μαγνητικών Τομογραφιών χρησιμοποιούν Σκιαγραφικό ως κομμάτι της διαδικασίας της Ιατρικής Απεικόνισης για ακριβέστερη διάγνωση. Με τη χρήση των σκιαγραφικών είναι ευκολότερο να εντοπιστούν νευρολογικές ανωμαλίες και να παρατηρηθούν οι δομές της καρδιάς.

1.4.7 Φωτομετρική Αναπαράσταση

Η Φωτομετρική Ερμηνεία (ή Photometric Interpretation) είναι εκείνη που καθορίζει εάν τα Εικονοστοιχεία της Εικόνας που θέλουμε να δούμε στην οθόνη του Η/Υ είναι μονόχρωμα (Βλ. Ενότητα 1.4.8.1) ή έγχρωμα (Βλ. Ενότητα 1.4.8.2). Για τη διευκρίνιση της πληροφορίας του χρώματος που είναι αποθηκευμένη σε ένα Εικονοστοιχείο, εισάγεται ο όρος samples per pixel (δείγματα ανά εικονοστοιχείο). Ο ίδιος όρος είναι γνωστός και αλλιώς ως number of channels. Για ένα μονόχρωμο Εικονοστοιχείο δεν υπάρχει πληροφορία χρώματος αποθηκευμένη και έχει μόνο ένα sample per pixel, δηλαδή μονάχα ένα κανάλι χρώματος. Η τελική εικόνα είναι σε Διαβαθμίσεις του Γκρι. Αντίστοιχα για ένα έγχρωμο Εικονοστοιχείο ο αριθμός των καναλιών είναι μεγαλύτερος και υπάρχει πληροφορία χρώματος.

Στην επόμενη ενότητα θα δούμε πιο αναλυτικά τις δύο βασικές χρωματικές αναπαραστάσεις των Ιατρικών Εικόνων.

1.4.8 Χρώματα Ιατρικής Εικόνας

Αν και οι αναλογικοί μέθοδοι απεικόνισης ξεκίνησαν με ασπρόμαυρη αναπαράσταση στιγμιοτύπων, πλέον η έγχρωμη αναπαράσταση είναι η πιο συνηθισμένη μορφή αναπαράστασης που συναντάμε. Η κάμερα βλέπει ένα αντικείμενο που υπάρχει στο χώρο λόγω των ακτίνων φωτός που πέφτουν στο αντικείμενο και αντανακλώνται πίσω προς τον φακό και στη συνέχεια στον αισθητήρα της κάμερας όπου γίνεται η καταγραφή (έτσι δικαιολογείται και το όνομα της Φωτογραφίας αφού γράφει το φως). Τα χρώματα των επιφανειών οφείλονται στην ικανότητα τους να απορροφούν φως συγκεκριμένου χρώματος και να αντανακλούν όλα τα υπόλοιπα χρώματα. Έτσι, τόσο το ανθρώπινο μάτι όσο και ο αισθητήρας της κάμερας αντιλαμβάνεται το χρώμα των αντικειμένων με βάση τα χρώματα που αντανακλούν.

Τι συμβαίνει όμως στο εσωτερικό του σώματος όπου δεν υπάρχει φως και η διαδικασία της απεικόνισης επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ακτινοβολίας;

Είδαμε στην προηγούμενη ενότητα την έννοια της Φωτομετρικής Ερμηνείας για το εάν ή όχι μια εικόνα περιέχει στα Εικονοστοιχεία της χρωματική πληροφορία. Με εκείνη την έννοια στο μυαλό, μπορούμε να αναλύσουμε περισσότερο τις έννοιες της ασπρόμαυρης και της έγχρωμης απεικόνισης.

1.4.8.1 Διαβαθμίσεις του Γκρι

Μια Ιατρική Εικόνα μπορεί να αναπαρασταθεί σε διαβαθμίσεις του γκρι (ή gray scale) που σημαίνει ότι τα χρώματα που περιέχει είναι λευκό, μαύρο και κάποιες αποχρώσεις του γκρι. Η Μονοχρωματικές Εικόνες έχουν μόνο ένα sample per pixel και δεν περιέχουν πληροφορίες για το χρώμα αλλά για τη φωτεινότητα του κάθε Εικονοστοιχείου. Ο αριθμός των Διαβαθμίσεων του γκρι που χρησιμοποιούνται στην Εικονική Αναπαράσταση των ιστών ποικίλει ανάλογα με τον αριθμό των bits που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση του sample per pixel. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το sample per pixel ταυτίζεται με το Βάθος του Εικονοστοιχείου (Βλ. Ενότητα 1.4.2). Για παράδειγμα, εάν η εικόνα αποτελείται από pixels που το καθένα περιέχει 8 bits τότε η τελική αναπαράσταση καθορίζεται από μία τιμή μεταξύ 0 και 255 που έχει να κάνει με τη φωτεινότητα.

Η τελική διαβάθμιση του γκρι που επιλέγεται για την εικονική αναπαράσταση ενός ιστού έχει να κάνει με την πυκνότητα του. Ως μαύρα απεικονίζονται τα σημεία που έχουν μικρή πυκνότητα, όπως για παράδειγμα ο τελείως κενός χώρος γύρω από το κομμάτι του σώματος προς απεικόνιση, ενώ ως λευκά απεικονίζονται τα σημεία του σώματος με υψηλά επίπεδα πυκνότητας, όπως για παράδειγμα τα οστά.

Οι Εικόνες που παράγονται μέσω Ακτινογραφίας, Υπολογιστικής Τομογραφίας και Απεικόνισης Μαγνητικού Συντονισμού είναι συνήθως σε Διαβαθμίσεις του Γκρι.

1.4.8.2 Ψευδοχρώμα

Η επεξεργασία και παραγωγή μίας εικόνας με Ψευδοχρώμα έχει να κάνει με την αντιστοίχιση των διαβαθμίσεων του γκρι μιας αρχικής εικόνας σε άλλα χρώματα. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η διαδικασία της διάγνωσης καθώς οι περιοχές ενδιαφέροντος και οι ανωμαλίες διακρίνονται πιο αποτελεσματικά αφού το ανθρώπινο μάτι διακρίνει περισσότερα χρώματα απ' ότι τόνους του γκρι. Επιπλέον, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο χρωματισμός με Ψευδοχρώμα συμβάλλει στην ενίσχυση των Ιατρικών Εικόνων μιας και οι παραγόμενες εικόνες σε gray scale έχουν χαμηλή αντίθεση και οι ψευδο-χρωματισμοί βοηθούν στη βελτίωση της ευκρίνειας και συνεπώς στην καλύτερη κατανόηση της περιοχής προς εξέταση.

Η αντιστοίχιση των Διαβαθμίσεων του Γκρι σε άλλα χρώματα γίνεται με τη χρήση ενός Χρωματικού Πίνακα (ή color map) που είναι καθορισμένος εκ των προτέρων. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι η πληροφορία για το χρώμα που εμφανίζεται εν τέλει στην οθόνη, δεν

περιέχεται στο ίδιο το Εικονοστοιχείο και συνεχίζουμε να έχουμε μόνο ένα sample per pixel. Αντίθετα αποτελεί προϊόν επεξεργασίας της αρχικής μονόχρωμης Εικόνας.

Οι μέθοδοι Ψευδοχρωματισμού ποικίλουν ανάλογα με το βαθμό ανάμειξης του ανθρώπινου παράγοντα στη διαδικασία του χρωματισμού και διαχωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: τη διαδραστική, την ημι-αυτόματη και την πλήρως αυτόματη. Στη διαδραστική διαδικασία, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει την πηγαία εικόνα όπως και να συμμετέχει στη διαδικασία μεταφοράς χρωμάτων. Στην ημι-αυτόματη παραγωγή Ιατρικής Εικόνας με Ψευδοχρώμα ο χρήστης απλώς συμμετέχει στην επιλογή της πηγαίας εικόνας. Τέλος, στην πλήρως αυτόματη διαδικασία χρωματισμού η μετατροπή γίνεται εξ ολοκλήρου από τον Η/Υ και δεν απαιτείται συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα.

Οι Εικόνες που παράγονται στην Πυρηνική Ιατρική είναι συνήθως έγχρωμες.

1.4.9 Μεταδεδομένα

Τα Μεταδεδομένα αποτελούν ένα σύνολο στοιχείων που περιγράφουν μία εικόνα. Γενικότερα στο χώρο της Απεικόνισης, τα Μεταδεδομένα χρησιμεύουν στην αναπαραγωγή των εικόνων, επιτρέποντας στις εφαρμογές του συστήματος να αναγνωρίσουν το πρότυπο του αρχείου και να το ανοίξουν σωστά. Μέσα στα συνηθισμένα στοιχεία που περιέχονται στο σύνολο των Μεταδεδομένων περιέχονται οι διαστάσεις της εικόνας, το Βάθος των Εικονοστοιχείων και η Φωτομετρική Αναπαράσταση.

Σε πολλές περιπτώσεις, στα Μεταδεδομένα μπορούμε να βρούμε στοιχεία για τη διαδικασία Απεικόνισης. Για παράδειγμα, τραβώντας μια ψηφιακή φωτογραφία με μία DSLR (μονοοπτική ρεφλέξ φωτογραφική μηχανή), μπορούμε στα Μεταδεδομένα να δούμε με τι ταχύτητα κλείστρου, το ISO και το διάφραγμα που χρησιμοποιήθηκε. Στην περίπτωση της Ιατρικής Απεικόνισης, τα Μεταδεδομένα περιέχουν πληροφορίες για τον τρόπο που έγινε η εξέταση και η καταγραφή της εικόνας. Για παράδειγμα στην περίπτωση της Μαγνητικής Τομογραφίας μπορούμε να βρούμε πληροφορίες για την αλληλουχία των παλμών που χρησιμοποιήθηκαν ή στην περίπτωση της Πυρηνικής Ιατρικής αναγράφεται ο τύπος του ραδιοφάρμακου.

Τα Μεταδεδομένα συνήθως βρίσκονται σε ένα header στην αρχή του αρχείου για να εξασφαλίζεται η σωστή αναπαραγωγή της εικόνας.

1.5 Πρότυπα Ιατρικών Εικόνων

Ένα σημαντικό στοιχείο των ψηφιακών εικόνων είναι η δυνατότητα της αποθήκευσης. Αυτό το στοιχείο είναι ιδιαίτερα σημαντικό στον τομέα της Ιατρικής Απεικόνισης, αφού επιτρέπει την ανασκόπηση και τη μεταφορά των παραγόμενων εικόνων του προς εξέταση ατόμου. Η αποθήκευση βοηθάει στη διατήρηση ενός λεπτομερούς ιατρικού ιστορικού και η μεταφορά επιτρέπει τη διακίνηση των εικόνων τόσο ανάμεσα σε ιατρούς

σε μία μεμονωμένη ιατρική μονάδα όσο και ανάμεσα σε ιατρούς ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης στον κόσμο.

Με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας είναι αναμενόμενη η ανάπτυξη προτύπων στο χώρο της Υγείας που έχουν ως επίκεντρο τον εξεταζόμενο. Τα πρότυπα εκείνα έχουν ως σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα σε νοσοκομεία, κέντρα υγείας, ιδιωτικά θεραπευτήρια, ιδιώτες ιατρούς, ασφαλιστικούς φορείς και μεμονωμένα άτομα.

Οι παραπάνω ανάγκες συντέλεσαν στην ανάπτυξη προτύπων μεταφοράς και αποθήκευσης από την αρχή της δεκαετίας του 1980 και στην εξέλιξη τους με την πάροδο των ετών και την εξέλιξη της τεχνολογίας. Ακολουθεί μία επισκόπηση μερικών από τους πιο χρησιμοποιημένους τύπους Προτύπων.

1.5.1 Analyze

Το Analyze 7.5 δημιουργήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και αποτελεί το πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό Analyze του Mayo Clinic in Rochester, MN, USA. Για περίπου μία δεκαετία ήταν το κυρίαρχο πρότυπο αναπαράστασης και σε αυτό συνετέλεσε η ιδιότητα του να αναπαριστά πολυδιάστατη πληροφορία.

Ένα πρότυπο τύπου Analyze 7.5 φέρει δύο αρχεία: μια κεφαλίδα (header) και την ίδια την εικόνα. Το αρχείο της κεφαλίδας με κατάληξη “.hdr” έχει σταθερό μέγεθος στα 348 bytes και περιέχει τα Μεταδεδομένα που έχουν να κάνουν με τον τύπο των δεδομένων, τον αριθμό και το μέγεθος των Ογκομετρικών Εικονοστοιχείων. Για την περιγραφή της κεφαλίδας χρησιμοποιείται ένα structure σε C με πληροφορίες για τις διαστάσεις και το ιστορικό των Δεδομένων των Εικονοστοιχείων. Για την κεφαλίδα χρειάζονται 3 σύνθετες υπο-δομές σε C: το header_key για την περιγραφή του header, το image_dimension για την περιγραφή των διαστάσεων της εικόνας και το data_history που είναι προαιρετικό. Το αρχείο της εικόνας έχει κατάληξη “.img” και περιέχει τα ασυμπιεστά δεδομένα των Ογκομετρικών Εικονοστοιχείων.

Στα αρνητικά του προτύπου Analyze 7.5 βρίσκεται η αδυναμία υποστήριξης συγκεκριμένων βασικών τύπων δεδομένων, όπως είναι για παράδειγμα οι τα μη προσημασμένα 16 bits, όπως και η εξίσου σημαντική αδυναμία αποθήκευσης επαρκών πληροφοριών για τον καθορισμό του προσανατολισμού της τελικής εικόνας.

1.5.2 NIfTI

Το NIfTI (ή Neuroimaging Informatics Technology Initiative) δημιουργήθηκε στις αρχές του 2000 στο National Institute of Health με Βασικό στόχο την Απεικόνιση του εγκεφάλου. Ουσιαστικά αποτέλεσε μία επέκταση του Analyze 7.5, διατηρώντας τα πλεονεκτήματα του ενώ παράλληλα προσπάθησε να επιλύσει τα μειονεκτήματα. Όπως και το Analyze 7.5, επιτρέπει την αποθήκευση σε δύο ξεχωριστά αρχεία: κεφαλίδα και δεδομένα, αλλά συνήθως η αποθήκευση γίνεται σε ένα μόνο αρχείο που τα περιέχει όλα και έχει κατάληξη “.nii”. Στην πρώτη περίπτωση η κεφαλίδα αποτελείται από 348 bytes ενώ στη δεύτερη από 352 bytes. Τα 4 επιπλέον bytes στο ενιαίο αρχείο χρησιμοποιούνται

για τη μετατροπή του μεγέθους του αρχείου σε πολλαπλάσιο του 16 και είναι κενά. Για τη πλήρη αξιοποίηση των 4 bytes, υπάρχει και η δυνατότητα αποθήκευσης περισσότερων μεταδεδομένων, οπότε δεν είναι κενά. Σε απάντηση στο Analyze 7.5, το NIfTI υποστηρίζει και τύπους δεδομένων που δεν υποστηρίζονταν, όπως οι μη προσημασμένοι 16-bit αριθμοί.

Βασικό του χαρακτηριστικό είναι ότι εκμεταλλεύεται ορισμένα αχρησιμοποίητα ή υποχρησιμοποιούμενα πεδία στο αρχείο της κεφαλίδας του Analyze 7.5 με σκοπό την αποθήκευση επιπλέον πληροφοριών που έχουν να κάνουν με τον προσανατολισμό της εικόνας. Υπάρχουν δύο τρόπου που επιτυγχάνεται ο ακριβής καθορισμός του προσανατολισμού. Η πρώτη μέθοδος περιλαμβάνει την αντιστοίχιση μεταξύ συντεταγμένων των Ογκομετρικών Εικονοστοιχείων και του σαρωμένου πλαισίου. Η δεύτερη μέθοδος αποθηκεύει 12 παραμέτρους μιας πιο γενικής και γραμμικής μετατροπής, η οποία καθορίζει την ευθυγράμμιση των τρισδιάστατων στοιχείων σε ένα καθορισμένο σύστημα συντεταγμένων.

1.5.3 DICOM

Το πρότυπο DICOM δημιουργήθηκε από το American College of Radiology και το National Electric Manufacturers Association το 1993. Έχει να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα όχι μόνο στην αποθήκευση των αρχείων, αλλά και στη μεταφορά αφού αποτελεί ένα πλήρες σύστημα διαχείρισης και προβολής ιατρικών εικόνων. Σαν αρχεία, τα DICOM έρχονται με την κατάληξη ".dcm". Τόσο τα μεταδεδομένα όσο και τα δεδομένα των Εικονοστοιχείων βρίσκονται μέσα στο .dcm και δεν αποτελούν ξεχωριστά αρχεία.

Είναι σημαντικό να ξεκαθαρίσουμε ότι μια εικόνα τύπου DICOM περιέχει στη κεφαλίδα της λεπτομερή περιγραφή για τον εξεταζόμενο (Όνομα, Ημερομηνία γέννησης, Ύψος, Βάρος κλπ) όπως και για την εξέταση που έλαβε χώρα (Τύπος Εξέτασης, Σκιαγραφικό που χρησιμοποιήθηκε κι εάν χρησιμοποιήθηκε, Διάρκεια κλπ). Για το λόγο εκείνο αντιμετωπίζει ως αντικείμενα όλα τα πραγματικά δεδομένα. Θα μπορούσαμε, δηλαδή, να φανταστούμε τον τρόπο αναπαράστασης και κατηγοριοποίησης των στοιχείων ως οντότητες του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού, όπου για παράδειγμα, ο «Εξεταζόμενος» είναι μία Οντότητα με πεδία τα «Αναγνωριστικό», «Όνομα», «Επίθετο», «Ηλικία» κλπ από την οποία μπορούμε να θεωρήσουμε ανεξάρτητα στιγμιότυπα με ξεχωριστές τιμές για το πεδίο «Αναγνωριστικό» για να εξασφαλίσουμε τη μοναδικότητα των δεδομένων και τη σωστή κατηγοριοποίηση τους. Σε επέκταση αυτού, το ίδιο το πρότυπο DICOM παρέχει ένα σύνολο τυπικών στοιχείων (που έχουν το ρόλο των διαφορετικών πεδίων σε μια οντότητα) με σκοπό την εξασφάλιση της συνοχής στις ονομασίες τους. Τα στοιχεία αυτά είναι περισσότερα από 2000 και ο τύπος του κάθε ενός από εκείνα υπαγορεύεται από έναν εκ των 28 διαθέσιμων VRs (Value Representation) που έχουν το ρόλο του τύπου δεδομένων.

Πίνακας 1 Οι 28 τύποι VR του DICOM

Τύπος VR	Ορισμός	Μέγεθος
AE – Application Entity	String χαρακτήρων που ορίζει το Application Entity	16 bytes μέγιστο μέγεθος
AS – Age String	Με format nnnD ή nnnW ή nnnM ή nnnY, που ορίζει τον αριθμό (nnn) σε Μέρες, Εβδομάδες, Μήνες ή Χρόνια αντίστοιχα	4 bytes
AT – Attribute Tag	Διατεταγμένο ζεύγος 16μπιτων αριθμών για την τιμή του πεδίου/στοιχείου της Οντότητας	4 bytes
CS – Code String	Ακολουθία χαρακτήρων	16 bytes μέγιστο μέγεθος
DA – Date	Ακολουθία χαρακτήρων σε format YYYYMMDD με Υ:Έτος, Μ:Μήνας, D:Ημέρα	8 bytes
DS – Decimal String	Ακολουθία χαρακτήρων για την αναπαράσταση αριθμών κινητής και σταθερής υποδιαστολής	16 bytes μέγιστο μέγεθος
DT – Date Time	Ακολουθία χαρακτήρων σε format YYYYMMDDHHMMSS.FFFFFFFF&ZZXX με Υ:Έτος, Μ:Μήνας, D:Ημέρα, H:ώρες, M:Λεπτά, S:Δευτερόλεπτα, F:Κλάσματα Δευτερολέπτου, &ZZXX: προεραϊτικό πεδίο σαν offset στο UTC	26 bytes μέγιστο μέγεθος
FL – Floating Point Single	Δυναδικός αριθμός κινητής υποδιαστολής με μονή ακρίβεια	4 bytes
FD – Floating Point Double	Δυναδικός αριθμός κινητής υποδιαστολής με διπλή ακρίβεια	8 bytes
IS – Integer String	Ακολουθία Χαρακτήρων που αναπαριστά έναν ακέραιο αριθμό στο δεκαδικό σύστημα	12 bytes μέγιστο μέγεθος
LO – Long String	Ακολουθία χαρακτήρων που μπορεί να ξεκινάει ή/και να τελειώνει με κενά	64 chars μέγιστο μέγεθος
LT – Long Text	Ακολουθία χαρακτήρων που μπορεί να περιέχει μία ή περισσότερες παραγράφου	10240 chars μέγιστο μέγεθος
OB – Other Byte String	Ακολουθία από bytes των οποίων η κωδικοποίηση των περιεχομένων περιγράφεται από το Transfer Syntax	Γίνεται με βάση το Transfer Syntax
OD – Other Double String	Ακολουθία από 64-bit IEEE 754:1985 λέξεις	2^{32} -8 bytes μέγιστο μέγεθος
OF – Other Float String	Ακολουθία από 32-bit IEEE 754:1985 λέξεις	2^{32} -4 bytes μέγιστο μέγεθος

OW – Other Word String	Ακολουθία από 16μπιτες λέξεις των οποίων η κωδικοποίηση των περιεχομένων περιγράφεται από το Transfer Syntax	Γίνεται με βάση το Transfer Syntax
PN – Person Name	Ακολουθία χαρακτήρων	64 chars μέγιστο μέγεθος
SH – Short String	Ακολουθία χαρακτήρων που μπορεί να ξεκινάει ή/και να τελειώνει με κενά	16 chars μέγιστο μέγεθος
SL – Signed Long	Προσημασμένος δυαδικός ακέραιος με 32-bits	4 bytes
SQ – Sequence of Items	Ακολουθία από 0 ή περισσότερα Αντικείμενα	-
SS – Signed Short	Προσημασμένος δυαδικός ακέραιος με 16-bits σε συμπλήρωμα του 2	2 bytes
ST – Short Text	Ακολουθία Χαρακτήρων που μπορεί να περιέχει μία ή περισσότερες παραγράφους	1024 chars μέγιστο μέγεθος
TM – Time	Ακολουθία χαρακτήρων σε format HHMMSS.FFFFFFFF με H:ώρες, M:Λεπτά, S:Δευτερόλεπτα, F:Κλάσματα Δευτερολέπτου	16 bytes μέγιστο μέγεθος
UI – Unique Identifier	Ακολουθία χαρακτήρων που χρησιμοποιούνται σαν αναγνωριστικό κλειδί σε ένα Αντικείμενο	64 bytes μέγιστο μέγεθος
UL – Unsigned Long	Μη-προσημασμένος δυαδικός ακέραιος με 32 bits	4 bytes
UN – Unknown	Ακολουθία bytes με άγνωστη κωδικοποίηση	Οποιοδήποτε μέγεθος είναι έγκυρο για τα υπόλοιπα VRs του DICOM
US – Unsigned Short	Μη-προσημασμένος δυαδικός ακέραιος με 16 bits	2 bytes
UT – Unlimited Text	Ακολουθία Χαρακτήρων που μπορεί να περιέχει μία ή περισσότερες παραγράφους	$2^{32}-2$ bytes μέγιστο μέγεθος

Μετά την μετατροπή των πραγματικών γνωρισμάτων σε δεδομένα γνωρισμάτων DICOM, μπορεί να γίνει η μεταφορά και η επεξεργασία τους όχι μόνο σε ένα Η/Υ, αλλά σε όλα τα μέλη-Η/Υ που συμμετέχουν του συστήματος. Το σύνολο όλων των αντικειμένων και των γνωρισμάτων μορφοποιημένα και μοντελοποιημένα με βάση τα VRs του DICOM αποτελούν το λεξικό DICOM. Για την οργάνωση και ταξινόμηση της πληθώρας αυτής γνωρισμάτων, τα τελευταία διαχωρίζονται πρώτα σε αριθμημένες συλλογές με βάση γενικές ομοιότητες. Οι συλλογές αυτές αποτελούνται από τα μεμονωμένα στοιχεία/γνωρίσματα. Έτσι, σε κάθε αντικείμενο (γνώρισμα ή στοιχείο) αντιστοιχεί ένα μοναδικό ζεύγος τιμών που έχει τη μορφή (group, element) (γνωστό και ως

αναγνωριστικό-tag). Αυτός ο διαχωρισμός των Οντοτήτων και των Αντικειμένων έχει γίνει με σκοπό να απλουστευτεί όσο το δυνατόν περισσότερο η αναπαράσταση των πραγματικών δεδομένων με σκοπό την πιο αποτελεσματική αναπαράσταση και διαχείριση τους.

Αφού έχει επιτευχθεί ο κατακερματισμός των δεδομένων στα απλούστερα δυνατά κομμάτια, έχει μεγάλη σημασία να υπάρχει μια βασική ιεράρχηση ανάμεσα. Το DICOM χρησιμοποιεί την ιεράρχηση Ασθενής – Μελέτη – Σειρά – Εικόνα (Patient – Study – Series – Image). Τα 4 επίπεδα της ιεράρχησης ακολουθούν τις εξής παραδοχές:

- Ένας ασθενής μπορεί να πραγματοποιήσει πολλές μελέτες
- Κάθε μελέτη μπορεί να αποτελείται από πολλές Σειρές Εικόνων
- Κάθε Σειρά Εικόνων μπορεί να αποτελείται από πολλές Εικόνες

Για τις Οντότητες σε κάθε επίπεδο από τα 4 που είδαμε, υπάρχει ένα Αναγνωριστικό κλειδί για να τις ξεχωρίζουμε μεταξύ τους. Έτσι, ο Εξεταζόμενος με Αναγνωριστικό PersonID μπορεί να έχει συμμετάσχει 2 Μελέτες με StudyID1 και StudyID2, οι οποίες περιείχαν τις Εικόνες ImageID1A και ImageID1B για το StudyID1 και τις ImageID2A για το StudyID2.

Μέχρι στιγμής, έχουμε μιλήσει για δεδομένα χωρίς να βλέπουμε κάπου ξεκάθαρη αποθήκευση Εικόνας. Όλα τα στοιχεία που καθορίζουν μια Εικόνα και που τα είδαμε αναλυτικά στην προηγούμενη ενότητα (δηλαδή οι Διαστάσεις, η Ανάλυση, το Βάθος των Εικονοστοιχείων, η Φωτομετρική Αναπαράσταση κλπ), βρίσκονται κωδικοποιημένα με βάση το κατάλληλο VR μέσα στο λεξικό DICOM. Βλέποντας το σημαντική σύνδεση ανάμεσα σε δεδομένα των Εικονοστοιχείων και την υπόλοιπη περιγραφή των Μεταδεδομένων, μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε πως δεν υπάρχει κάποιο νόημα στο διαχωρισμού τους.

Τέλος οφείλουμε να υπογραμμίσουμε ότι το DICOM δεν αναφέρεται εξ ολοκλήρου σε αρχεία τα οποία ήταν εξ αρχής ορισμένα σε αυτό. Για την ακρίβεια, το πρωτόκολλο παρέχει εικόνες σε δύο διαθέσιμες μορφές. Στην πρώτη μορφή έχουμε τις εικόνες που δημιουργήθηκαν και ορίστηκαν στο ίδιο το DICOM. Αυτές είναι οι DICOM-specific εικόνες και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά από το πρότυπο. Σχηματίστηκαν με τη δημιουργία του προτύπου. Στην δεύτερη μορφή υπάρχουν οι εικόνες σε διαφορετικές μορφές, όπως είναι οι εικόνες JPEG, RLE, JPEG2000, ZIP, JPEG-LS, οι οποίες είναι αποδεκτές από το DICOM. Η σημασία της χρήσης εκείνων των μορφών εικόνας έγκειται στις τεχνικές συμπίεσης που χρησιμοποιούν και συμβάλλουν στην εξοικονόμηση μνήμης. Όταν χρησιμοποιούνται οι διαφορετικές μορφές εικόνας, το DICOM ενθυλακώνει μέσα σε ένα «περίβλημα» την ίδια την εικόνα και την καθιστά αναγνωρίσιμη από ολόκληρο το σύστημα.

1.5.4 HL7

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας HL7 αναπτύχθηκε από τον ομώνυμο οργανισμό (Health Level 7) και αποτελεί ένα πρότυπο ανταλλαγής πληροφοριών ανάμεσα σε μονάδες υγείας ή μονάδες διαχείρισης των υπηρεσιών υγείας κάθε χώρας.

Οι περισσότεροι πάροχοι υγείας χρησιμοποιούν μια ποικιλία εφαρμογών για να καλύψουν θέματα σχετικά με την τιμολόγηση έως και την ανανέωση των στοιχείων των πελατών τους. Η επικοινωνία ανάμεσα σε όλες εκείνες τις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται, είναι πολλές φορές δύσκολο να επιτευχθεί. Ένα ακόμη πρόβλημα προκύπτει όταν διαφορετικοί πάροχοι υγείας χρειάζεται να έχουν επίκαιρα ιατρικά δεδομένα για έναν κοινό πελάτη (π.χ. όταν κάποιος χρειαστεί να επισκευθεί τα Τμήματα Επειγόντων Περιστατικών πρέπει να υπάρχει κάπου ένα πλήρες ιστορικό του διαθέσιμο ώστε να αποφευχθούν δυσσάρεστες εξελίξεις). Το HL7 είναι εκείνο που αναλαμβάνει την ομοιόμορφη μεταφορά δεδομένων ανάμεσα σε όλα εκείνα τα ετερογενή πληροφοριακά συστήματα μέσω των μηνυμάτων τύπου HL7.

Τα μηνύματα HL7 διαχωρίζονται σε τμήματα (segment) σχετικών πληροφοριών που διαχωρίζονται από ένα χαρακτήρα αλλαγής γραμμής (Carriage Return, CR). Τα segments είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικά μηνύματα και σε διάφορες ακολουθίες του προτύπου HL7. Μπορεί να είναι υποχρεωτικά για ένα συγκεκριμένο μήνυμα ή μπορεί να είναι προαιρετικά. Στην αρχή του κάθε segment υπάρχει ένας μοναδικός τριψήφιος κωδικός που λέγεται Segment ID και καθορίζει το κάθε segment. Μερικοί από τους πιο συνηθισμένους κωδικούς είναι οι:

- DG1 – Diagnosis
- EVN – Event type
- GT1 – Guarantor
- IN1 – Insurance
- MSH – Message header
- NK1 – Next of kin/associated parties
- NTE – Notes and comments
- OBR – Observation request
- OBX – Observation result
- ORC – Common order
- PID – Patient identification
- FT1 (for DFT messages) – Financial transaction
- PV1 – Patient Visit

Ένα παράδειγμα μηνύματος τύπου HL7 μπορούμε να δούμε εδώ:

```
MSH|^~\&|SENDING_APPLICATION|SENDING_FACILITY|RECEIVING_APPLICATION|RECEIVING_FACILITY|8044061308
1417||ADT^A04|294576460110672083618|P|2.3|
EVN|A04|20110613083617|
PID|1||135769||WATSON^JAMES^|19281118|M||123 Main St.^RIVER SAN MARINA^FL^32830||(506)523-
6289^^^jameswatson@dummy.com||||1719|55331188|
PV1|1|O||||7^John^Carter^^MD^^^|
```

Το κάθε μήνυμα περιγράφει ένα γεγονός. Για να καταλάβει κανείς περί τίνος γεγονότος πρόκειται αρκεί να κοιτάξει το header segment(MSH) του μηνύματος. Συνήθως το ένατο πεδίο του MSH καθορίζει τον τύπο του γεγονότος. Για παράδειγμα, στο παραπάνω μήνυμα το ένατο πεδίο περιέχει το ADT^A04 που χρησιμοποιείται για την καταγραφή του ασθενή. Στο παραπάνω παράδειγμα μπορούμε να διακρίνουμε άλλα τρία segments. Το EVN segment για το event type. Το PID segment για τα στοιχεία του ατόμου που αφορά το μήνυμα και το PV1 segment για στοιχεία επίσκεψης του ασθενή. Μέσα από το παραπάνω μήνυμα λοιπόν, μπορούμε να καταλάβουμε ότι καταγράφεται ένας νέος ασθενής με όνομα John Watson καταγράφηκε και επισκέφθηκε τον ιατρό John Carter. Αντίστοιχα μέσω μηνύματος θα μπορούσε να διευκολυνθεί και η επικοινωνία μεταξύ του Μικροβιολογικού Εργαστηρίου ενός Ιατρικού Κέντρου και του ιατρού του πελάτη. Σε μια τέτοια περίπτωση ο παρασκευαστής θα μπορεί να δέχεται απευθείας εντολές και οδηγίες εξετάσεων από τον κλινικό ιατρό και να διανέμει τα αποτελέσματα τους στο τμήμα που τις χρειάζεται. Έτσι υποβοηθιέται σημαντικά ένας κλινικός γιατρός αφού απαλλάσσεται από το φόρτο της χειρωνακτικής διαχείρισης τεράστιου όγκου ιατρικής πληροφορίας, που απορροφά σημαντικό χρόνο και τον αποσπά από τον πρωταρχικό σκοπό του, τη διάγνωση και θεραπεία του ασθενή του.

Όλα τα εκείνα τα στοιχεία που μεταφέρονται και ανανεώνονται μέσω των μηνυμάτων του πρωτοκόλλου HL7, αποθηκεύονται εν τέλει σε ένα σύστημα EHR (Electronic Health Recort) που αποτελεί τη ψηφιακή μορφή των στοιχείων ενός ατόμου. Το σύστημα EHR περιέχει τα δεδομένα του κάθε ατόμου και προσφέρει ανανέωση σε πραγματικό χρόνο και με ασφάλεια σε εξουσιοδοτημένο προσωπικό. Είναι κατασκευασμένο ώστε να καλύπτει όχι μόνο τις πληροφορίες σχετικές με τη ιατρική ιστορική, αλλά και δεδομένα ασφάλισης, προηγούμενες θεραπείες, προηγούμενες επισκέψεις σε ιατρούς, ιατρικές εικόνες κ.α. .

Για να λειτουργήσει το πρότυπο HL7 δεν απαιτείται νέος εξοπλισμός. Μπορεί να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει στα ήδη υπάρχοντα πληροφορικά συστήματα, και στον ήδη υπάρχοντα ιατροτεχνολογικό εξοπλισμό. Δεν απαιτεί καμία αλλαγή και διασυνδέει τα συστήματα και τα μηχανήματα κάθε κατασκευαστή. Ό,τι είναι ήδη εγκατεστημένο σε ένα νοσοκομείο ή μια μονάδα υγείας, από πλευράς τεχνολογικού εξοπλισμού, κάθε είδους, με την χρήση του προτύπου HL7 συνδέεται και με τον ολόκληρο το υπόλοιπο εξοπλισμό.

1.5.5 .mhd , .mha και .vtk και άλλοι τύποι ιατρικών εικόνων

Τα αρχεία με κατάληξη .mhd αποτελούν αρχεία τύπου MetaImage Header του ITK. Τα αρχεία είναι text-based και χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση εικόνων κυρίως στο ITK. Στο ITK χρησιμοποιούνται και τα .mha αρχεία. Το Insight Segmentation and Registration Toolkit (ITK) είναι ένα λογισμικό ανοικτού κώδικα για την επεξεργασία, καταγραφή (registration) και τη διάτμηση (segmentation) πολυδιάστατων επιστημονικών εικόνων. Η διάτμηση είναι διαδικασία κατά την οποία ταυτοποιούνται και κατηγοριοποιούνται τα δεδομένα που συλλέγονται από την ψηφιακή αναπαράσταση ενός μέρους του σώματος. Τυπικά η ψηφιακή αναπαράσταση αποτελεί τις ιατρικές εικόνες που παράγονται κατά τη διάρκεια εξετάσεων όπως η Μαγνητική ή η Αξονική Τομογραφία. Η καταγραφή αντιστοιχεί στη διαδικασία κατά την οποία επιδιώκεται η ευθυγράμμιση και αντιστοίχιση μεταξύ των δεδομένων. Για παράδειγμα θα μπορούσαν να συνδυαστούν τα δεδομένα μιας Αξονικής και μιας Μαγνητικής Τομογραφίας ώστε συλλογικά να παρέχεται μια πιο πλήρης περιγραφή της εσωτερικής δομής.

Τα αρχεία με κατάληξη .vtk χρησιμοποιούνται κυρίως από το VTK ή το ParaView που είναι χτισμένο επάνω στο VTK. Το Visualization Toolkit (VTK) είναι ένα λογισμικό ανοικτού κώδικα για τη διαχείριση και την οπτικοποίηση επιστημονικών δεδομένων. Περιέχει και χρησιμοποιεί περίπλοκους εξελιγμένους αλγόριθμους για αναδόμηση επιφανειών και αναπαράσταση τρισδιάστατων γραφικών.

Άλλοι τύποι ιατρικών εικόνων που μπορεί κανείς να συναντήσει είναι οι .obj, .raw του ITK, .nrrd και .nhdr του Nearly Raw Raster Data, .mnc και .MNC του MINC, .gipl και .gipl.gz του Guys Image Processing Lab (GIPL), .mrc, .rec, .pic, .PIC κυρίως στη Μικροσκοπία.

2 Μέρος Β

2.1 Γενική Περιγραφή

Στα πλαίσια της Πτυχιακής Εργασίας αναπτύχθηκε διαδικτυακή εφαρμογή Inside με σκοπό την αποθήκευση, την αναζήτηση και την οπτικοποίηση ιατρικών εικόνων. Συγκεκριμένα η εφαρμογή επιτρέπει στους χρήστες να αποθηκεύουν μέσω φόρμας τα προσωπικά τους στοιχεία σε συνδυασμό με μία εικόνα τύπου DICOM από τις ιατρικές τους εξετάσεις (ακτινογραφία, υπέρηχο, MRI, PET-CT). Η αποθήκευση γίνεται σε Βάση Δεδομένων με αναγνωριστικό χρήστη την προσωπική διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του χρήστη που θεωρείται μοναδική. Για την εισαγωγή στοιχείων δεν απαιτείται σύνδεση στην εφαρμογή και τα δεδομένα είναι διαθέσιμα στο κοινό.

Παρέχεται η δυνατότητα για αναζήτηση συγκεκριμένου χρήστη καθώς και η ταξινόμηση της λίστας χρηστών. Για κάθε χρήστη υπάρχει μια λίστα στην οποία περιέχονται όλες οι ήδη αποθηκευμένες ιατρικές εικόνες. Με την επιλογή της κάθε εικόνας από τη λίστα, ο χρήστης μπορεί να δει τόσο την εικόνα όσο και τα περιεχόμενα του header του DICOM αρχείου.

Οι χρήστες της εφαρμογής αναμένεται να είναι:

- ασθενείς και μη που θέλουν να έχουν αποθηκευμένες τις εξετάσεις τους σε ένα διαδικτυακό αποθετήριο με σκοπό τη διατήρηση ιατρικού ιστορικού και την γρήγορη πρόσβαση από τον ιατρό τους
- θεράποντες ιατροί που χρειάζονται πρόσβαση στις εξετάσεις των πελατών τους
- ιατρικό προσωπικό μονάδων υγείας για τη διαχείριση και ανανέωση των στοιχείων των πελατών τους σε περίπτωση που είναι επιθυμητό

Σημειώνεται ότι για την ώρα η εφαρμογή δεν διαθέτει σύστημα σύνδεσης χρηστών οπότε τα στοιχεία είναι ορατά σε όλους.

2.2 Σκοπός Συστήματος

Το λογισμικό του συστήματος που θα αναπτυχθεί θα εξυπηρετήσει τις ανάγκες για εύκολη πρόσβαση σε εξετάσεις μέσω ιατρικής απεικόνισης. Μέσω του συστήματος θα παρέχονται οι δυνατότητες για:

- i) εύκολη εισαγωγή και αποθήκευση ιατρικών εικόνων σε μια βάση δεδομένων
- ii) αναζήτηση των αποθηκευμένων δεδομένων
- iii) διαδικτυακή απεικόνιση των ιατρικών εικόνων

Με αυτό τον τρόπο θα διευκολυνθεί ο τρόπος διαχείρισης των ιατρικών δεδομένων από τους ιατρούς και δεν θα υπάρχει ανάγκη για διατήρηση και μεταφορά φυσικών αντιτύπων των εξετάσεων.

2.3 Σενάρια Χρήσης και τύποι χρηστών

Η εφαρμογή απευθύνεται σε ιατρικό προσωπικό και σε απλούς χρήστες που είτε θέλουν να αποθηκεύσουν είτε θέλουν να αναζητήσουν ή να δουν και να επεξεργαστούν τις καταχωρήσεις τους στην εφαρμογή Inside. Για τη χρήση της εφαρμογής δεν απαιτείται η ύπαρξη συγκεκριμένων γνώσεων ή επαφή με παρόμοια λογισμικά.

2.4 Απαιτήσεις Συστήματος

Η εφαρμογή απαιτεί σύνδεση με το Διαδίκτυο. Οποιαδήποτε συσκευή που διαθέτει Φυλλομετρητή Ιστού θα έχει πρόσβαση στην εφαρμογή και θα μπορεί να τη χρησιμοποιήσει. Δεν διατίθεται εκδοχή μεμονωμένα για έξυπνες συσκευές Android/iOS.

Καθώς η εφαρμογή δεν διαθέτει σύστημα σύνδεσης χρήστη και εξακρίβωσης στοιχείων, έγκειται στα χέρια των χρηστών να σέβονται τις εισαγωγές τρίτων και να μην παραποιούν τα στοιχεία τους. Αυτό αναγνωρίζεται ως βασικό μειονέκτημα της εφαρμογής και ανήκει στα σχέδια του μέλλοντος να διορθωθεί.

Απαιτούνται επίσης:

- Προεγκατεστημένος Apache Tomcat Server
- MySQL 8 και MySQL Workbench ή Shell
- Πρόσβαση σε Browser
- Διαθεσιμότητα του port για τη λειτουργία της εφαρμογής

2.5 Αρχιτεκτονική Συστήματος και Εργαλεία

2.5.1 Vaadin framework

Το Vaadin framework είναι ένα Ajax Web Application framework για την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών με Java που υποστηρίζει τα μοντέλα του server-side και client-side προγραμματισμού. Ειδικότερα μέσα από τη δυνατή server-side πλευρά του, επιτρέπει στο χρήστη να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη του User Interface και της λειτουργικότητας της εφαρμογής χωρίς να χρειάζεται η άμεση ενασχόληση της επικοινωνίας με το διαδίκτυο. Παρέχει μια μεγάλη ποικιλία έτοιμων εργαλείων που

επιτρέπουν την ανάπτυξη της εφαρμογής και επιτρέπουν τη σύνδεση και διαχείριση των Components της HTML μέσω της Java. Επιτρέπει, επίσης, τη προσθήκη θεμάτων (είτε έτοιμα είτε custom made) για τη μορφοποίηση του User Interface.

Το Vaadin επιλέχθηκε για:

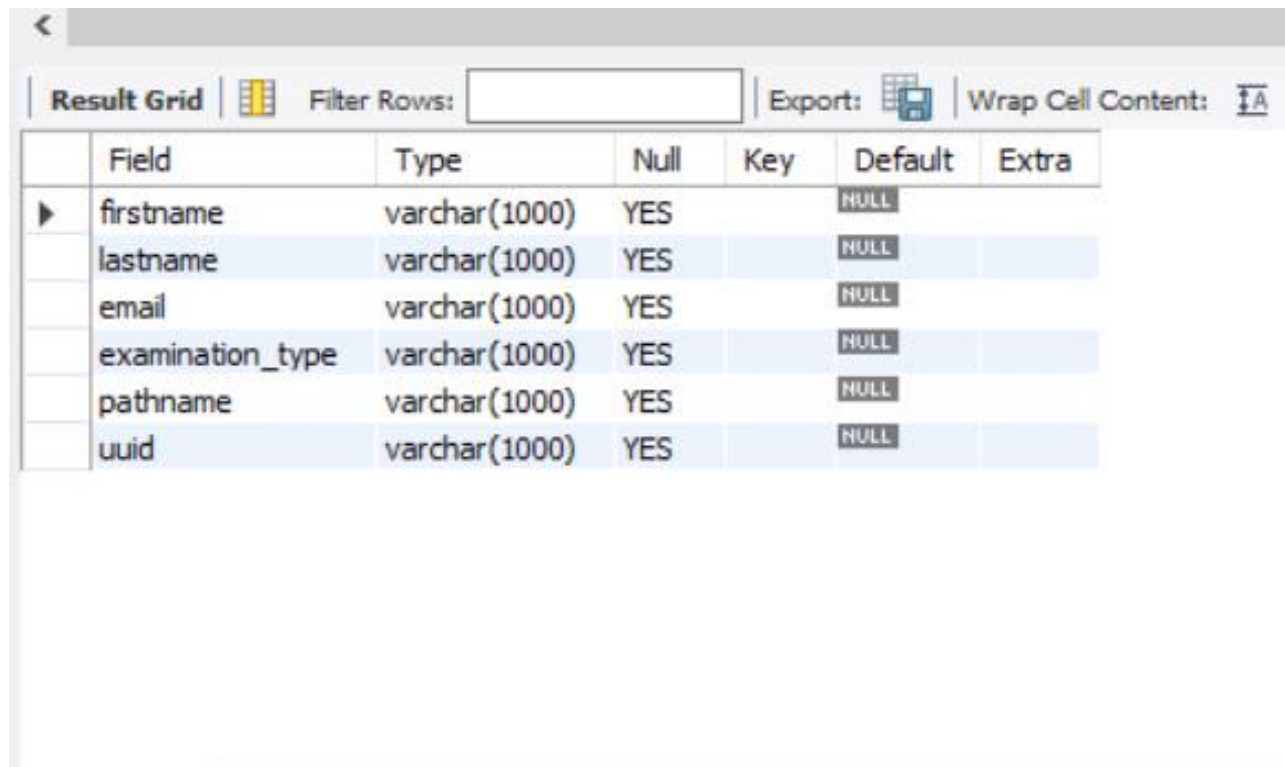
- την ευκολία χρήσης του και το ευρύ Documentation. Θεωρήθηκε στοιχείο-κλειδί ότι το Vaadin είναι δοκιμασμένο και η ίδια η εταιρεία παρείχε μια πληθώρα από tutorials, βίντεο και forum για τη διευκόλυνση και καθοδήγηση του χρήστη
- τη δυνατότητα ανάπτυξης της εφαρμογής χρησιμοποιώντας κυρίως Java, χωρίς να απαιτείται ο συντονισμός της client-side και της server-side πλευράς του
- την ευκολία σύνδεσης και διαχείρισης της Βάσης Δεδομένων με την εφαρμογή

2.5.2 MySQL

Για την υλοποίηση της Βάσης Δεδομένων επιλέχθηκε η MySQL για λόγους συμβατότητας με τους υπολογιστές του εργαστηρίου στους οποίους αναμένεται να δοκιμαστεί. Επίσης η MySQL παρέχει ένα ευρύ φάσμα εργαλείων, όπως το workbench και το shell, που κάνουν τη διαχείριση των δεδομένων γρήγορη και εύκολη.

Για τη λειτουργία της εφαρμογής δημιουργήθηκε μια Βάση Δεδομένων με το όνομα dummydata η οποία περιέχει δύο πίνακες.

Ο users πίνακας χρησιμοποιείται για την αποθήκευση του κάθε χρήστη που εισάγεται μέσω της Φόρμας Εισαγωγής Στοιχείων.



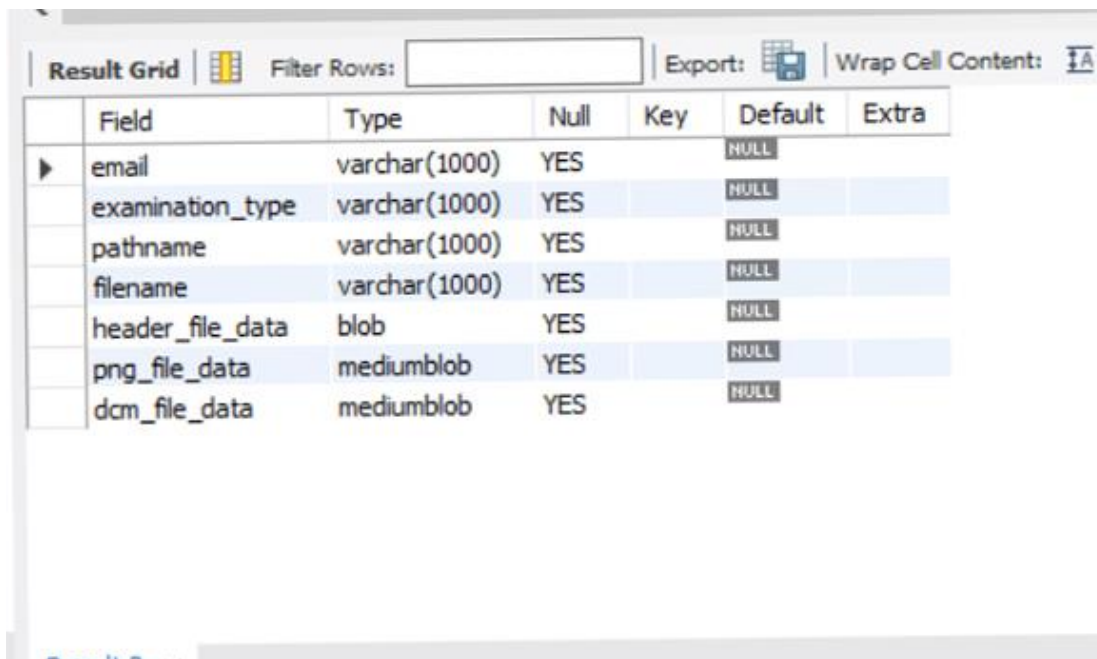
	Field	Type	Null	Key	Default	Extra
▶	firstname	varchar(1000)	YES		NULL	
	lastname	varchar(1000)	YES		NULL	
	email	varchar(1000)	YES		NULL	
	examination_type	varchar(1000)	YES		NULL	
	pathname	varchar(1000)	YES		NULL	
	uuid	varchar(1000)	YES		NULL	

Figure 13 Πίνακας users

Τα πεδία `firstname`, `lastname`, `examination_type`, `email` είναι και τα πεδία που εισάγει ο χρήστης όταν κάνει μία καταχώρηση στην εφαρμογή και μέσω του Binder που παρέχει το Vaadin framework αντιστοιχίζονται αυτόματα στα πεδία της κλάσης `User.java` και καταχωρούνται εν τέλει στη Βάση Δεδομένων.

Τα πεδία `uuid` και `pathname` έχουν διατηρηθεί από προηγούμενη έκδοση του προγράμματος όπου η αποθήκευση εικόνων γινότανε στο filesystem και δε χρησιμοποιούνται. Δεν έχουν διαγραφεί με σκοπό να χρησιμοποιηθούν σε επόμενη έκδοση εάν κριθεί απαραίτητη η αποθήκευση των εικόνων εκτός Βάσης Δεδομένων.

Ο `image_data` πίνακας χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των ιατρικών εικόνων του κάθε χρήστη.



Field	Type	Null	Key	Default	Extra
email	varchar(1000)	YES		NULL	
examination_type	varchar(1000)	YES		NULL	
pathname	varchar(1000)	YES		NULL	
filename	varchar(1000)	YES		NULL	
header_file_data	blob	YES		NULL	
png_file_data	mediumblob	YES		NULL	
dcm_file_data	mediumblob	YES		NULL	

Figure 14 Πίνακας `image_data`

Το πεδίο `email` αντιστοιχεί στη διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του χρήστη όπως την εισήγαγε στη Φόρμα Εισαγωγής Στοιχείων και αποτελεί το συνδεδετικό κρίκο ανάμεσα στους δύο πίνακες. Το `email` θεωρείται μοναδικό για κάθε χρήστη και για εκείνο το λόγο λειτουργεί ως προσωπικό αναγνωριστικό.

Το πεδίο `examination_type` είναι το αντίστοιχο που εισάγει ο χρήστης στη Φόρμα Εισαγωγής Στοιχείων.

Το πεδίο `pathname`, όπως αναφέρθηκε και στον πίνακα `users`, έχει διατηρηθεί από προηγούμενη έκδοση της εφαρμογής.

Το πεδίο `filename` αντιστοιχεί στο όνομα αρχείου που ανέβασε ο χρήστης.

Τα πεδία `header_file_data`, `png_file_data`, `dcm_file_data` αντιστοιχούν στα δεδομένα της κάθε εικόνας που έχει ανεβάσει ο χρήστης. Συγκεκριμένα, το `dcm_file_data` περιέχει τα

bytes ολόκληρου του αρχείου που ανέβασε ο χρήστης, το `png_file_data` περιέχει τα bytes μετά την αποκωδικοποίηση της εικόνας σε png και header και το `header_file_data` περιέχει τα bytes του header έπειτα από την αποκωδικοποίηση του αρχικού αρχείου.

Η διαχείριση της Βάσης Δεδομένων γίνεται μέσω του `UserService.java`. Εκεί παρέχονται όλες οι συναρτήσεις για αποθήκευση, αναζήτηση και διαγραφή στοιχείων. Η δημιουργία της Βάσης Δεδομένων γίνεται ξεχωριστά μέσω του MySQL Workbench ή Shell. Για να διασφαλιστεί η ακεραιότητα των δεδομένων και για να αποφευχθούν θέματα ασφαλείας, δημιουργήθηκε ένας νέος χρήστης για τη Βάση Δεδομένων με όνομα `username` και κωδικό `password`. Ο νέος χρήστης έχει όλα τα δικαιώματα για τη διαχείριση της Βάσης Δεδομένων `dummysdata` που χρησιμοποιεί η εφαρμογή. Τα στοιχεία του έχουνε μπει στο αρχείο `application.properties` για να εξασφαλιστεί η σύνδεση με τη βάση δεδομένων.

2.5.3 Γενική Επισκόπηση Συστήματος

Το σύστημα κατά βάση χωρίζεται σε τρεις βασικές ενότητες όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

1. **Views:** Τα βασικά tabs που βλέπει και μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης. Περιέχεται μία καρτέλα ως `Welcome Page` (η πρώτη εικόνα του χρήστη όταν μπαίνει στη σελίδα), μία καρτέλα `Examinations` (που αποτελεί το βασικό κομμάτι λειτουργίας της εφαρμογής) και μία καρτέλα `About Us` (με γενικές πληροφορίες για το λόγο ύπαρξης της εφαρμογής και των συντελεστών της). Το `MainView` λειτουργεί ως κέλυφος για τα υπόλοιπα Views.
2. **Backend:** Όλη η λειτουργικότητα της σελίδας για το πως επικοινωνεί με τη βάση δεδομένων και πως διαχειρίζεται τα δεδομένα.
3. **Database:** Η ίδια η Βάση Δεδομένων.

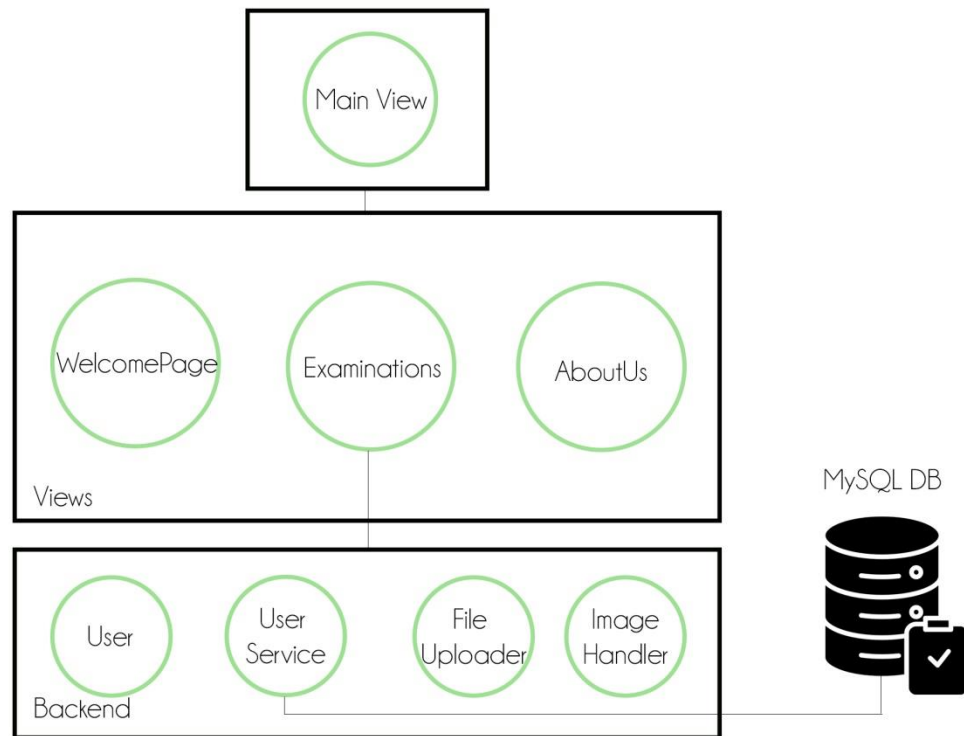


Figure 15 Γενική Εικόνα Υλοποίησης

2.5.3.1 MainView.java

Λειτουργεί ως placeholder για τα βασικά views της εφαρμογής. Εδώ δημιουργείται το μενού πλοήγησης στη σελίδα και όλες οι καρτέλες που είναι διαθέσιμες στο χρήστη.

2.5.3.2 WelcomePageView.java

Το Home Page της εφαρμογής. Δεν αποτελεί τη βάση της λειτουργικότητας της σελίδας αλλά προσφέρει συντομεύσεις για τις υπόλοιπες καρτέλες και ένα φιλικό περιβάλλον για το χρήστη.

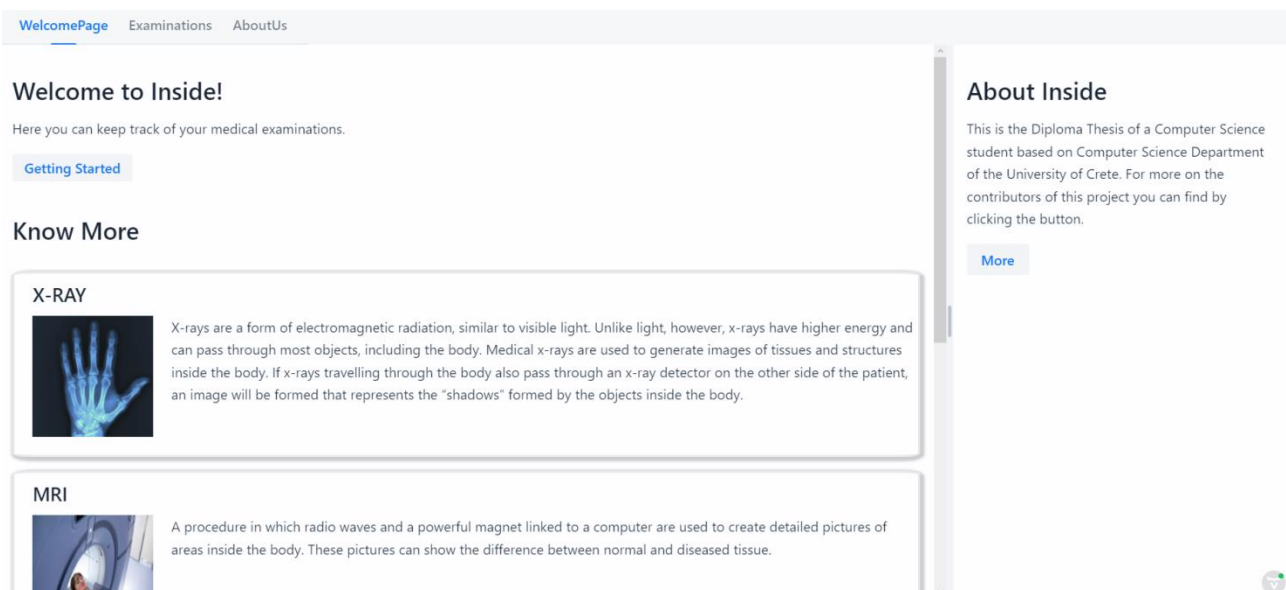


Figure 16 WelcomePageView

Το `WelcomePageView` αποτελείται από ένα `SplitLayout`. Στο `Primary Section` του `SplitLayout` περιέχεται ένα `VerticalLayout` που με τη σειρά του χωρίζεται σε δύο τμήματα. Το πρώτο τμήμα περιέχει μια σύντομη περιγραφή για το σκοπό της σελίδας και ένα κουμπί πλοήγησης στη λίστα χρηστών. Το δεύτερο κομμάτι περιέχει μερικές γενικές πληροφορίες για τον τύπο εξετάσεων που παράγουν ιατρικές εικόνες.

Στο `Secondary Section` περιέχονται μερικές γενικές πληροφορίες για το σκοπό ανάπτυξης της εφαρμογής καθώς και ένα κουμπί πλοήγησης στη σχετική σελίδα για περισσότερες πληροφορίες.

2.5.3.3 *ExaminationsView.java*

Το `Examinations View` αποτελεί το βασικό και λειτουργικό κομμάτι της εφαρμογής. Εδώ ο χρήστης μπορεί να εισάγει, να επεξεργαστεί και να διαγράψει τα δεδομένα και τα στοιχεία που επιθυμεί. Παρακάτω φαίνεται ένα στιγμιότυπο όταν ο χρήστης μεταβαίνει στο `ExaminationsView`.

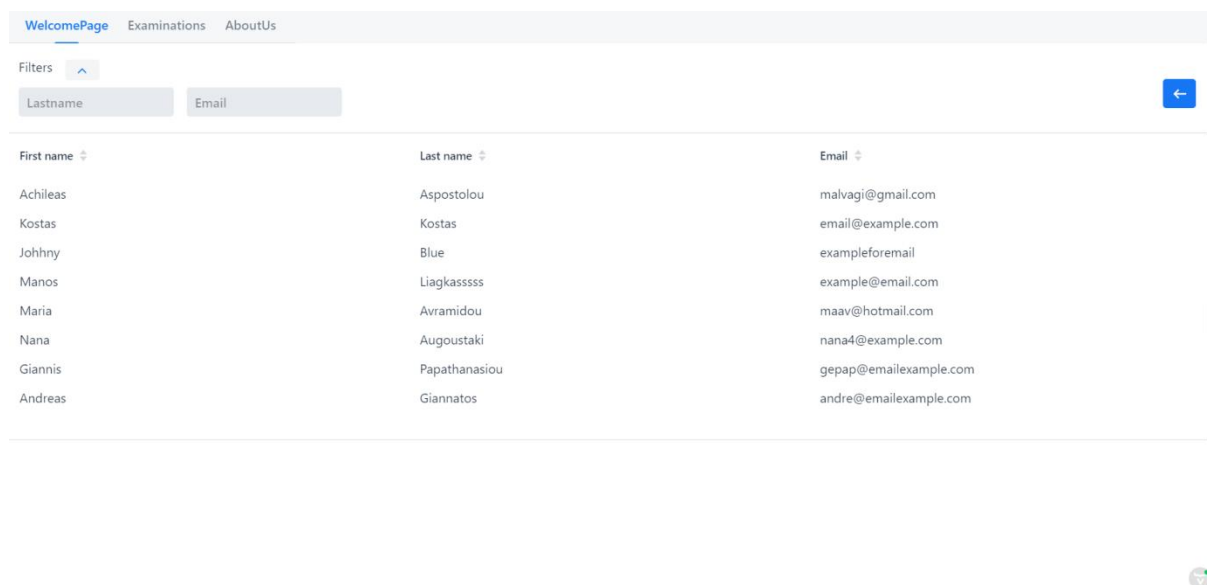


Figure 17 `ExaminationsView` αρχική μορφή

Στη συγκεκριμένη καρτέλα φαίνεται η λίστα των διαθέσιμων καταχωρήσεων από τους χρήστες με μορφή `Grid`. Τα κελιά είναι `responsive` και κατά την επιλογή τους στα δεξιά της σελίδας εμφανίζεται μια φόρμα με πεδία που περιέχουν τα στοιχεία του κάθε χρήστη. Η φόρμα επιτρέπει την επεξεργασία των στοιχείων του κάθε χρήστη και την εισαγωγή επιπλέον ιατρικών εικόνων. Η επεξεργασία και η αποθήκευση των νέων στοιχείων και εικόνων γίνεται μέσω των σχετικών `Buttons` στο κάτω μέρος της φόρμας. Επίσης, κατά την επιλογή ενός κελιού από το `Grid` των χρηστών εμφανίζεται στο κάτω μέρος μια λίστα με τις ιατρικές εικόνες του χρήστη και τον τύπο της εξέτασης. Τα παραπάνω φαίνονται στο Figure 16.

Filters →

First name	Last name	Email
Johhny	Blue	exampleforemail
Manos	Liagkassss	example@email.com
Maria	Avramidou	maav@hotmail.com
Nana	Augoustaki	nana4@example.com
Giannis	Papathanasiou	gepap@emailexample.com
Andreas	Giannatos	andre@emailexample.com

Image Examination Type

I201	PET-CT
I142	PET-CT

First name:

Last name:

Email:

Examination Type:

Figure 18 Επιλογή Χρήστη

Στη συνέχεια, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια εικόνα από τη Λίστα Εικόνων που εμφανίστηκε και να δει τόσο εκείνη όσο και τα περιεχόμενα του header του DICOM αρχείου στη θέση της φόρμας όπως φαίνεται παρακάτω. Αν και πιθανά ένας μέσος χρήστης να μην μπορεί να αξιοποιήσει ολόκληρο το περιεχόμενο του, αναμένεται ότι πολλές από τις πληροφορίες είναι απαραίτητες για το προσωπικό υγείας. Για να αποφευχθεί, λοιπόν, η περίπτωση τα στοιχεία του header που επέλεξα να είναι ελλιπή, αποφάσισα να διατηρήσω το header ολόκληρο.

Filters →

First name	Last name	Email
Johhny	Blue	exampleforemail
Manos	Liagkassss	example@email.com
Maria	Avramidou	maav@hotmail.com
Nana	Augoustaki	nana4@example.com
Giannis	Papathanasiou	gepap@emailexample.com
Andreas	Giannatos	andre@emailexample.com

Image Examination Type

I201	PET-CT
I142	PET-CT

0002,0000 ---: 224
 0002,0002 Media Storage SOP Class UID:
 1.2.840.10008.5.1.4.1.1.4
 0002,0003 Media Storage SOP Inst UID:
 1.3.6.1.4.1.5962.99.1.884003771.700686472.1
 362388669371.525.0
 0002,0010 Transfer Syntax UID:
 1.2.840.10008.1.2.1
 0002,0012 Implementation Class UID:
 1.3.6.1.4.1.5962.99.2
 0002,0013 Implementation Version Name:
 PIXELMEDJAVA001
 0002,0016 Source Application Entity Title:
 XGVIGECO463_1111
 0008,0008 Image Type:

Figure 19 Επιλογή Εικόνας

Όταν αποεπιλέγεται η εικόνα τότε ξαναεμφανίζεται η φόρμα στοιχείων. Όταν αποεπιλέγεται το όνομα του χρήστη τότε η φόρμα κλείνει και το ExaminationsView επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

Ο χρήστης έχει την επιλογή αναζήτησης καταχώρησης μέσω των φίλτρων. Η αναζήτηση γίνεται είτε με βάση το επίθετο είτε με βάση την διεύθυνση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Για την επιτυχή αναζήτηση ο χρήστης χρειάζεται να εισάγει ολόκληρη την πληροφορία και όχι μέρος της.

Για την εισαγωγή νέου χρήστη χρειάζεται να ανοίξει η Φόρμα Εισαγωγής Στοιχείων από το κουμπί επάνω δεξιά. Με το πάτημα του εμφανίζεται η φόρμα κενή και έτοιμη για την εισαγωγή νέων στοιχείων και εικόνας. Εάν το email που θα δώσει ο χρήστης υπάρχει ήδη στη Βάση Δεδομένων τότε η εικόνα αυτόματα θα αποθηκευτεί στον ήδη υπάρχων χρήστη και δεν θα δημιουργηθεί καινούριος.

2.5.3.4 AboutUSView.java

Το AboutUsView.java περιέχει μερικές πληροφορίες για του συντελεστές της εφαρμογής και το σκοπό της χωρίς να προσθέτει κάτι στη λειτουργικότητα της σελίδας.

2.5.3.5 ImageViewerTab.java

Το ImageViewerTab διαχειρίζεται την εμφάνιση κατά την οπτικοποίηση της εικόνας. Όταν μια εικόνα επιλέγεται από τη Λίστα Εικόνων, τότε στη θέση της Φόρμας Εισαγωγής Στοιχείων εμφανίζεται η εικόνα και το header της. Ο ImageViewer παίρνει το όνομα και τα δεδομένα για την εικόνα και το header του αρχείου όπως ήδη είναι αποθηκευμένα στη βάση με μορφή bytes. Τα bytes που αντιστοιχούν στο png αρχείο της εικόνας καταχωρούνται σε ένα Image και το header σε ένα μη-επεξεργάσιμο Text Area.

2.5.3.6 User.java

Το αρχείο User.java περιέχει τα βασικά πεδία που χρειάζεται ένας χρήστης όπως φαίνονται παρακάτω.

```
private String firstname;
private String lastname;
private String examination_type;
private String email;
private String pathname;
private String uuid;
private String filename;
public ByteArrayOutputStream dicom;
private byte[] png_file_data;
private byte[] dcm_file_data;
private byte[] header_file_data;
```

Τα πεδία firstname, lastname, examination_type, email είναι και τα πεδία που εισάγει ο χρήστης όταν κάνει μία καταχώρηση στην εφαρμογή και αντιστοιχίζονται με τα ίδια πεδία της Βάσης Δεδομένων.

Τα πεδία filename, dicom, png_file_data, dcm_file_data, header_file_data χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των εικόνων.

Τα πεδία uuid και pathname έχουν διατηρηθεί από προηγούμενη έκδοση του προγράμματος όπου η αποθήκευση εικόνων γινότανε στο filesystem και δε

χρησιμοποιούνται. Δεν έχουν διαγραφεί με σκοπό να χρησιμοποιηθούν σε επόμενη έκδοση εάν κριθεί απαραίτητη η αποθήκευση των εικόνων εκτός Βάσης Δεδομένων.

2.5.3.7 UserService.java

Εκείνο είναι το κομμάτι κώδικα που διαχειρίζεται τη επικοινωνία με τη Βάση Δεδομένων. Να σημειωθεί ότι δεν δημιουργεί αυτόματα τη Βάση Δεδομένων και προαπαιτείται η ύπαρξη της όπως και των πινάκων που διαχειρίζεται η εφαρμογή. Εδώ περιέχονται οι συναρτήσεις για αναζήτηση, αποθήκευση και διαγραφή πεδίων από τους πίνακες.

2.5.3.8 ImageHandler.java και FileUploader.java

Εκείνες οι δύο κλάσεις αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και είναι υπεύθυνες για τη διαχείριση των εικόνων. Αρχικά ο FileUploader μέσω του receiver στο ExaminationsView επιλέγει που θα γράψει την εικόνα. Εάν ο χρήστης δεν υπάρχει ήδη τότε θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας νέος buffer για να γραφτεί η εικόνα. Ο buffer επιστρέφεται από τον receiver και σε εκείνον θα γραφτεί η εικόνα που ανέβηκε. Πλέον αναλαμβάνει ο ImageHandler.

Ο ImageHandler είναι ο υπεύθυνος για την αποκωδικοποίηση των αρχείων DICOM σε png και text file μέσω της συνάρτησης pipeline. Από το ExaminationsView παίρνει τον buffer που δημιούργησε ο FileUploader και περιέχει μέσα την εικόνα. Τα bytes από τον buffer μέσω της έτοιμης κλάσης DICOM αποκωδικοποιούνται σε image bytes και header bytes. Στη συνέχεια τα image bytes μετατρέπονται σε ένα png αρχείο και τα header bytes περιέχουνε όλα τα metadata του header του αρχικού DICOM αρχείου. Τέλος, αποκωδικοποιημένα δεδομένα αποθηκεύονται μέσω του UserService στα Βάση Δεδομένων.

Παρακάτω παρατίθεται ένα σχεδιάγραμμα που περιγράφει την αλληλεπίδραση και τη λειτουργία των δύο κλάσεων σε συνδυασμό με το ExaminationsView και το UserService.

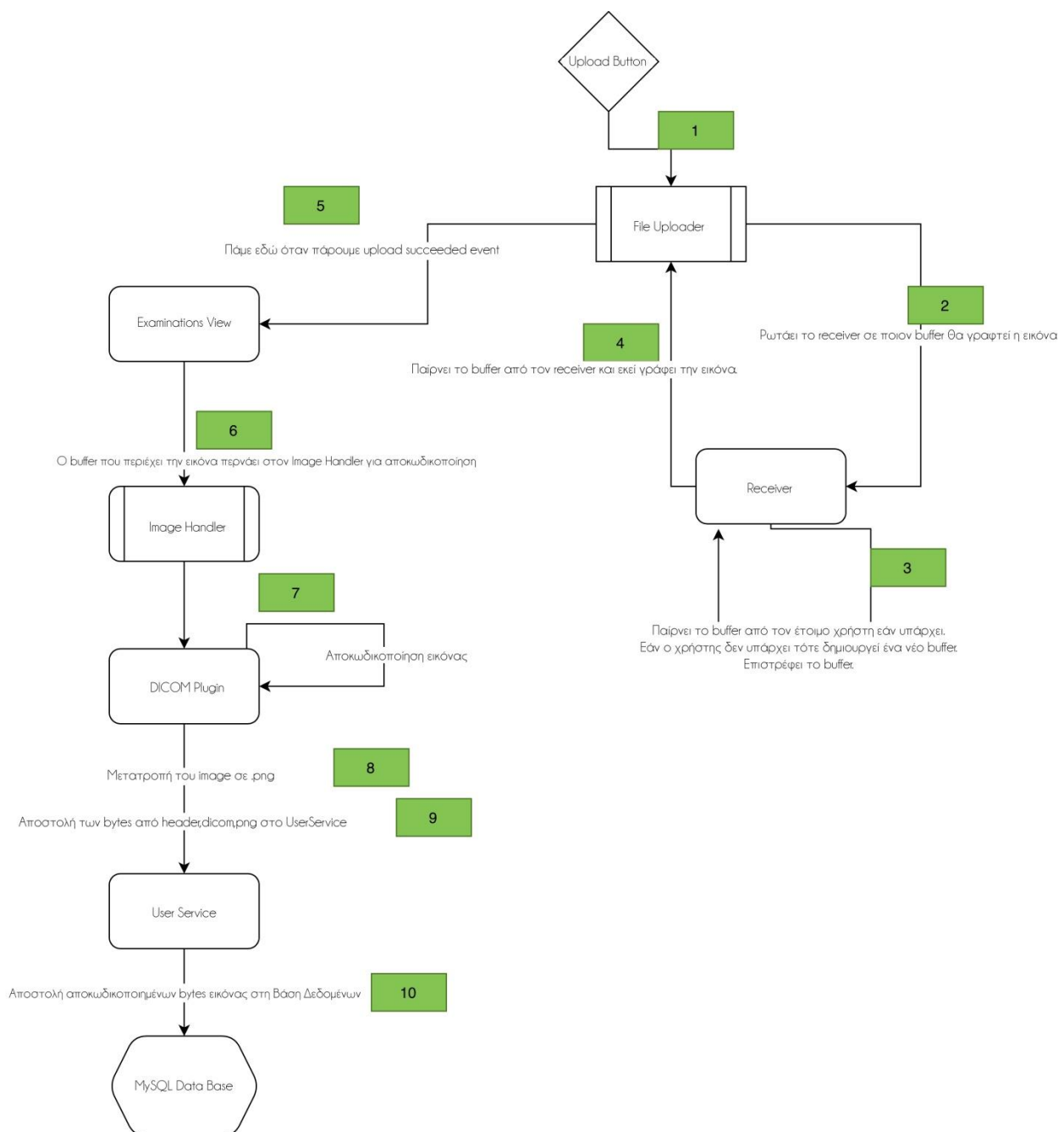


Figure 20 Διαχείριση εικόνων

Η παραπάνω διαδικασία γίνεται για την εισαγωγή ενός αρχείου εικόνας τη φορά και όχι για πολλαπλά αρχεία. Αν και σε προηγούμενες εκδόσεις της εφαρμογής όπου οι εικόνες αποθηκεύονταν στο filesystem με βάση το χρήστη, εν τέλει επιλέχθηκε η αποθήκευση να γίνεται απευθείας στη Βάση Δεδομένων με μορφή Bytes. Αρχικά η επιλογή εκείνη έγινε λόγω προβλημάτων στην ασύγχρονη αποθήκευση των εικόνων όταν γινότανε στο file system, εν τέλει διατηρήθηκε και για λόγους φορητότητας της εφαρμογής και για την ευκολία στην αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων.

2.6 Δοκιμή Συστήματος

Στο διάστημα 17/02-1988/02 η εφαρμογή δόθηκε για δοκιμή σε μια μικρή ομάδα ανθρώπων. Οι συμμετέχοντες δοκίμασαν την εφαρμογή ξεχωριστά ο καθένας και με παρεχόμενο εξοπλισμό από εμένα με σκοπό να είναι όσο το δυνατόν ευκολότερη και γρηγορότερη η διαδικασία της δοκιμής.

Με βάση τους διαφορετικούς ρόλους που μπορεί να έχει ένας χρήστης αναπτύχθηκαν τα παρακάτω σενάρια για τη δοκιμαστική λειτουργία της εφαρμογής ώστε να καλύψουν όσον το δυνατόν περισσότερες λειτουργίες τις σελίδας.

ΣΕ1: Μόλις κάνετε μια Μαγνητική (MRI). Έπειτα απο συνεννόηση με τον ιατρό σας θέλετε να ανεβάσετε στην εφαρμογή Inside την εικόνα από την εξέταση ώστε να μπορέσει να τη μελετήσει χωρίς να χρειαστεί να πάτε εκεί. Ανοίγεται τη Φόρμα Εισαγωγής Στοιχείων. Εισάγετε τα προσωπικά σας στοιχεία καθώς και τον τύπο της εξέτασης. Στη συνέχεια επιλέγετε την εικόνα από τη λίστα εικόνων. Όταν είστε έτοιμοι μπορείτε να πατήσετε το σχετικό κουμπί για την αποθήκευση της καταχώρησης σας. Τέλος, επιλέγετε το όνομα σας από τη λίστα χρηστών για να επιβεβαιώσετε ότι έχει μπει σωστά η εικόνα και την επιλέγεται για να την δείτε. Όταν τελειώσετε, αποεπιλέγετε το όνομα σας από τη λίστα.

ΣΕ2: Είστε ιατρός. Μόλις κάνετε ένα νέο υπερηχογράφημα (Ultrasound) σε έναν ασθενή σας. Έπειτα από συνεννόηση με τον πελάτη σας θέλετε να αποθηκεύσετε την εικόνα του υπερήχου στην εφαρμογή Inside. Ο πελάτης σας είναι ήδη καταχωρημένος στη λίστα χρηστών. Τον αναζητείται και τον επιλέγεται. Στη συνέχεια καταχωρείτε τα στοιχεία για τη νέα εικόνα και την αποθηκεύετε. Επιβεβαιώνετε ότι η αποθήκευση έγινε σωστά και ότι η εικόνα εμφανίζεται όταν την επιλέξετε.

ΣΕ3: Έχετε πρόσφατα αποθηκεύσει μια εικόνα στην εφαρμογή Inside με το email tester@emailexample.com και θέλετε να τη δείτε. Αναζητείται τη διεύθυνση του ηλεκτρονικού ταχυδρομίου σας και συνειδητοποιείτε ότι έχετε γράψει το επίθετο σας λάθος. Επεξεργάζεστε τα στοιχεία σας και αλλάζετε το λάθος στο επίθετο σας. Αποθηκεύετε τις αλλαγές.

ΣΕ4: Έχετε πρόσφατα κάνει μια Ακτινογραφία(XRAY) την οποία έχετε ήδη αποθηκεύσει στην εφαρμογή Inside και θέλετε να τη δείτε. Αναζητείτε τη διεύθυνση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σας tester@emailexample.com και επιλέγετε την καταχώρηση. Απο τη λίστα εικόνων που είναι διαθέσιμη επιλέγετε την ακτινογραφία που θέλετε να δείτε. Αποφασίζετε να ρίξετε μια ματιά και στις προηγούμενες εξετάσεις σας.

ΣΕ5: Τα τελευταία χρόνια αποθηκεύετε τις εικόνες των εξετάσεων σας στην εφαρμογή Inside. Έχετε αποφασίσει ότι θέλετε να διαγράψετε τα στοιχεία σας από την εφαρμογή. Αναζητείτε τη διεύθυνση του ηλεκτρονικού σας ταχυδρομείου tester@emailexample.com. Όταν βρείτε την καταχώρηση σας τη διαγράφετε.

Στα παραπάνω σενάρια οι συμμετέχοντες καλύψανε και τους διαφορετικούς ρόλους που θα μπορούσε να έχει ένας χρήστης της σελίδας. Για την εισαγωγή και αναζήτηση

στοιχείων παρέχονται ήδη τα απαιτούμενα αρχεία. Όπου απαιτείται η εισαγωγή ή αναζήτηση συγκεκριμένων στοιχείων τότε εκείνα γνωστοποιούνται εξ αρχής στο χρήστη.

Συμμετείχαν οι:

Συμμετέχοντες	Ιδιότητα
A. Σ.	Προγραμματιστής
B. Μ.	Προγραμματιστής
Α. Ν.	Νοσηλεύτρια
Σ. Κ.	Ειδ. ιατρός
Κ. Σ.	Μουσικός

Οι συμμετέχοντες επιλέχθηκαν με βάση τις ιδιότητες τους. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν:

- 2 προγραμματιστές ως ειδικοί του χώρου. Η άποψη τους κρίνεται βασική σε θέματα λειτουργικότητας της εφαρμογής τόσο σε θέματα User Interface όσο και σε θέματα ταχύτητας και λειτουργικότητας της σελίδας.
- 2 εργαζόμενοι του χώρου υγείας. Η άποψη τους κρίνεται βασική σε θέματα λειτουργικότητας της σελίδας καθώς αναμένεται να είναι από τους βασικούς χρήστες της εφαρμογής
- 1 άτομο τελείως ανεξάρτητο με το χώρο της πληροφορικής και το χώρο της υγείας. Η άποψή του κρίνεται βασική καθώς αντικατοπτρίζει ένα μέσο χρήστη

2.6.1 Αποτελέσματα Δοκιμών

Έπειτα το τέλος των δοκιμών οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν αναφορικά με την ευχρηστία της εφαρμογής και σημειώθηκαν τα παρακάτω προβλήματα:

- Εύρημα 1
 - 4/5 συμμετέχοντες φάνηκε να μπερδεύονται όταν κλήθηκαν να ανοίξουν την Φόρμα Εισαγωγής Στοιχείων. Αν και η πλοήγηση έγινε κανονικά στη σελίδα των εξετάσεων τους ήτανε δύσκολο να συσχετίσουν το κουμπί που άνοιγε τη Φόρμα με την ενέργεια την οποία εξυπηρετούσε.
 - Το πρόβλημα θα επιλύονταν εάν η ταμπέλα του κουμπιού ήτανε πιο περιγραφική ή εάν η εισαγωγή των στοιχείων γινότανε σε ανεξάρτητη καρτέλα. Για τη λύση επιλέχθηκε η πιο περιγραφική ταμπέλα κουμπιού. Το κουμπί πλέον ονομάζεται "Add Image". Η εφαρμογή διαμορφώθηκε ως εξής:

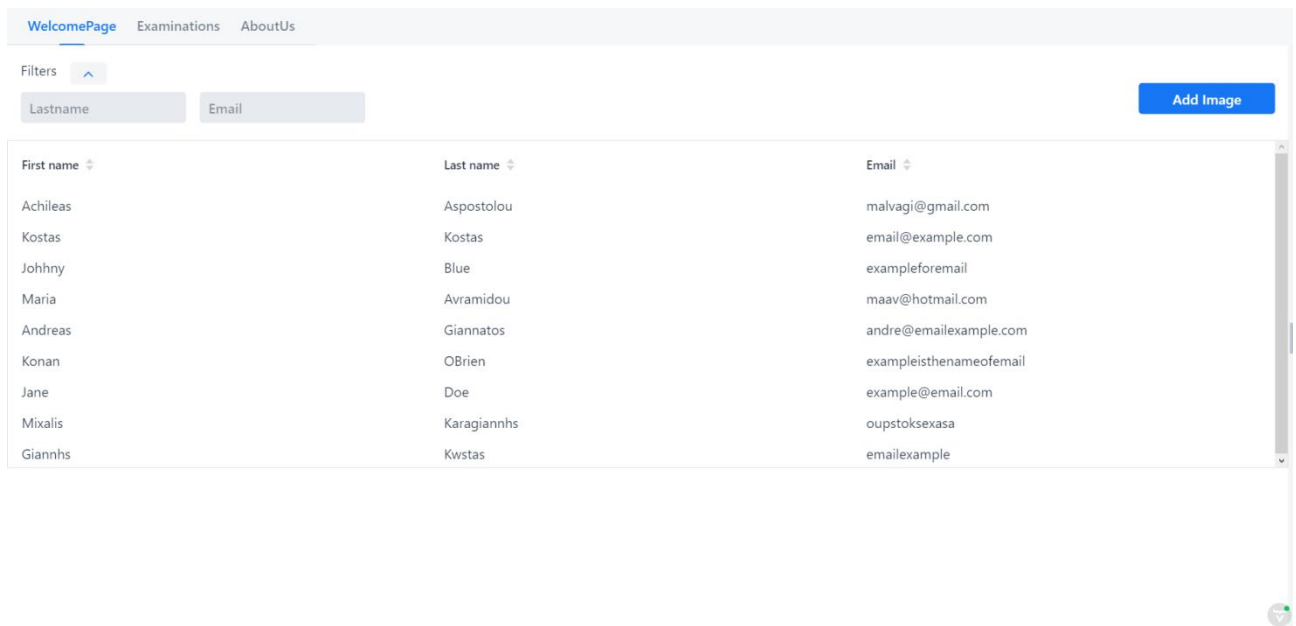


Figure 21 Νέο κουμπί για άνοιγμα Φόρμας Εισαγωγής Στοιχείων

• Εύρημα 2

- οι συμμετέχοντες επισήμαναν ότι κατά τη διάρκεια αναζήτησης ενός χρήστη μέσω των φίλτρων, θα προτιμούσαν να μη χρειάζεται η πληκτρολόγηση ολόκληρης της διεύθυνσης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή του επιθέτου ώστε να εμφανιστεί το αποτέλεσμα της αναζήτησης.
- Το πρόβλημα επιλύθηκε με την τροποποίηση των queries του αρχείου UserService.java που απευθύνονται στη Βάση Δεδομένων για αναζήτηση δεδομένων ώστε να δέχεται και τμήματα λέξεων και όχι ολόκληρο το πεδίο. Η εφαρμογή διαμορφώθηκε ως εξής:

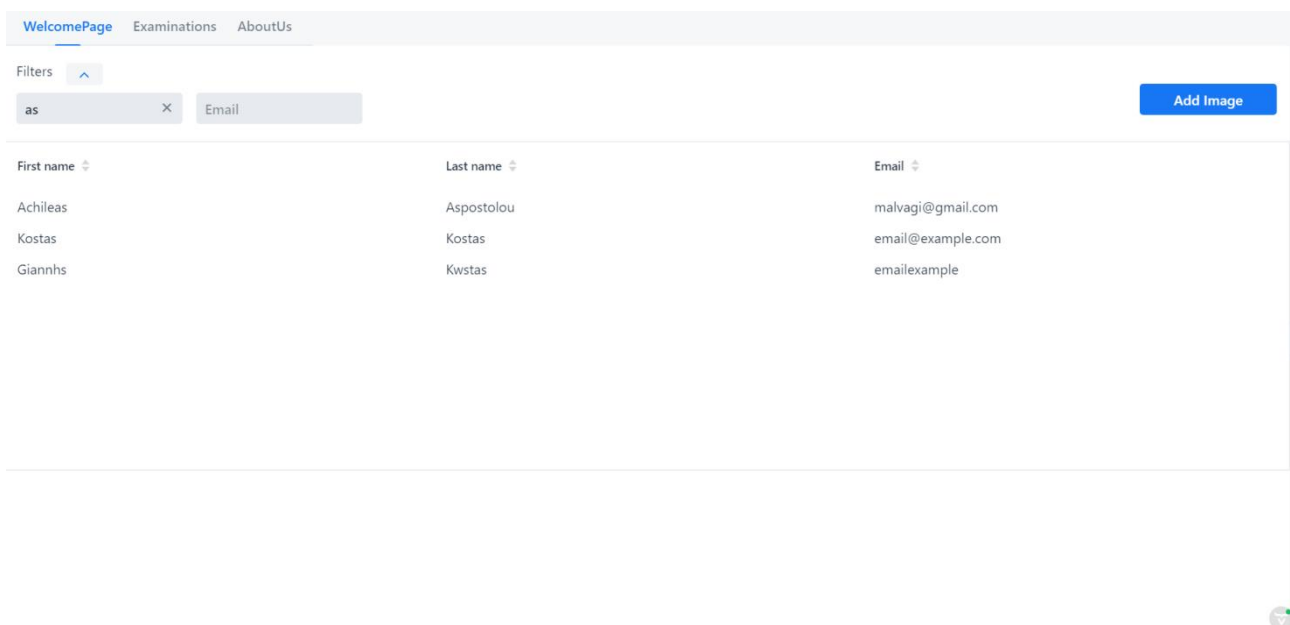


Figure 22 Βελτιωμένα φίλτρα - Εισαγωγή μέρους του ονόματος

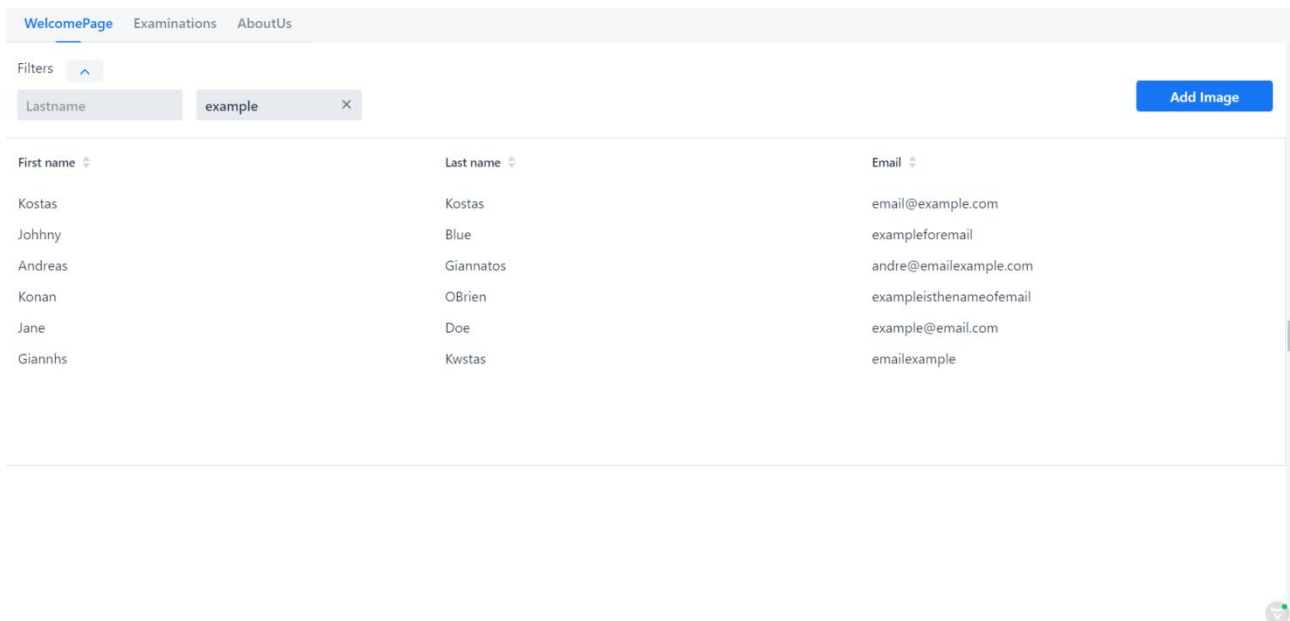


Figure 23 Βελτιωμένα φίλτρα - Εισαγωγή μέρου διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου

- Εύρημα 3
 - 1/5 χρήστες κατά το τέλος του ΣΕ1 θέλησε να αποεπιλέξει την εικόνα που είχε ανοίξει. Αν και το συγκεκριμένο δεν περιγράφεται από το σενάριο οδήγησε στον εντοπισμό ενός προβλήματος. Όταν ο χρήστης αποεπέλεξε την εικόνα κι έκλεισε η Καρτέλα, το όνομα του χρήστη παρέμεινε επιλεγμένο ενώ το κουμπί για άνοιγμα της Φόρμας Εισαγωγής Στοιχείων παρέμεινε στην ένδειξη για κλείσιμο της Φόρμας. Σε εκείνο το σημείο παρατηρήθηκε μια σύγχυση από μέρους του συμμετέχοντα, ο οποίος, αν και δεν ζήτησε βοήθεια, χρειάστηκε να ξαναπατήσει και δεύτερη φορά το κουμπί για άνοιγμα της Φόρμας Εισαγωγής Στοιχείων και σχολίασε αρνητικά αυτό το λάθος.
 - Το πρόβλημα θα επιλύονταν με την κατάλληλη διαχείριση των Listeners.
- Εύρημα 4
 - Παρατηρήθηκε ότι τα πεδία στη Φόρμα Εισαγωγής Στοιχείων ενώ είναι απαραίτητα για την εισαγωγή νέας εικόνας, αυτό δεν επισημαίνεται με κάποιον τρόπο.
 - Για την επίλυση του προβλήματος προστέθηκε κατάλληλη σήμανση στα πεδία της Φόρμας Εισαγωγής Στοιχείων καθώς και σχετικό μήνυμα σε περίπτωση που δεν γεμίσουν τα πεδία. Εάν τα απαραίτητα πεδία δεν περιέχουν πληροφορίες, τότε η εισαγωγή δεν καταχωρείται. Η εφαρμογή διαμορφώθηκε ως εξής:

Filters: Lastname Email

First name	Last name	Email
Achileas	Aspostolou	malvagi@gmail.com
Kostas	Kostas	email@example.com
Johnny	Blue	exampleforemail
Maria	Avramidou	maav@hotmail.com
Andreas	Giannatos	andre@example.com
Konan	OBrien	exampleisthenameofemail
Jane	Doe	example@email.com
Mixalis	Karagiannhs	oupstoksexasa
Giannhs	Kwstas	emailexample

First Name: John/Jane

Last Name: Doe

Email: example@eg.com

Examination Type: [Dropdown]

Upload File...
Drop file here

Delete Cancel Save

Figure 24 Σήμανση στα Required Fields της Φόρμας Εισαγωγής Στοιχείων

localhost:8080/examinations

Empty lastname

Filters: Lastname Email

First name	Last name	Email
Achileas	Aspostolou	malvagi@gmail.com
Kostas	Kostas	email@example.com
Johnny	Blue	exampleforemail
Maria	Avramidou	maav@hotmail.com
Andreas	Giannatos	andre@example.com
Konan	OBrien	exampleisthenameofemail
Jane	Doe	example@email.com
Mixalis	Karagiannhs	oupstoksexasa
Giannhs	Kwstas	emailexample

First Name: John/Jane

Last Name: Doe

Email: example@eg.com

Examination Type: [Dropdown]

Upload File...
Drop file here

Activate Windows
Delete Cancel Save

Figure 25 Error Message όταν ένα από τα απαιτούμενα πεδία είναι άδειο

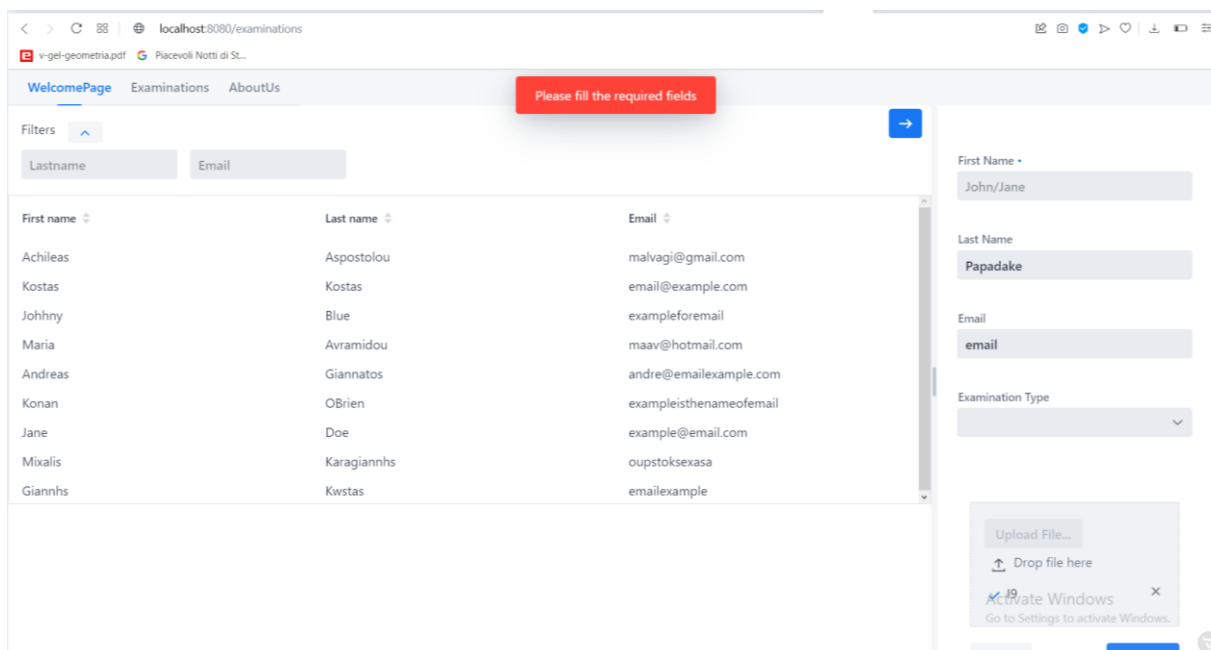


Figure 26 Error Message εάν πατηθεί το save button και υπάρχει άδειο πεδίο

Στο τέλος της κάθε δοκιμής οι συμμετέχοντες είχαν την ευκαιρία να σχολιάσουν τη λειτουργικότητα της σελίδας και να προτείνουν αλλαγές. Σε εκείνο το στάδιο 1/5 χρήστες που εργάζεται στο χώρο υγείας και έχει ξαναχρησιμοποιήσει παρεμφερές λογισμικό σχολίασε την αδυναμία για ανέβασμα πολλαπλών αρχείων, καθώς σε αρκετές ιατρικές εξετάσεις όπως η Μαγνητική και η Αξονική Τομογραφία, οι παραγόμενες εικόνες είναι πολυάριθμες και άρα η διαδικασία εισαγωγής κουραστική.

Συμπερασματικά η εφαρμογή Inside είναι μια λειτουργική εφαρμογή με μερικές ελαττωματικές λειτουργίες, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι παρατηρήσεις των συμμετεχόντων θεωρήθηκαν σκόπιμες και θα ληφθούν υπόψιν σε νεότερες εκδοχές της εφαρμογής.

2.7 Οδηγίες Χρήσεως του Συστήματος

Για τη λειτουργία της εφαρμογής από κάποιον admin:

1. Εγκατάσταση του Apache Tomcat Server: Θα χρειαστεί αρχικά να κατεβεί η νεότερη έκδοση του Apache Tomcat Server. Στη συνέχεια θα πρέπει να δημιουργηθεί μέσω του IDE ένας νέος Server. Το default port για το HTTP θα πρέπει να είναι το 8080. Τέλος, πρέπει μέσω της επιλογής Start Server να ξεκινήσουμε τον server.
2. Δημιουργία Βάσης Δεδομένων: Αρχικά πρέπει να δημιουργηθούν Η Βάση Δεδομένων και οι πίνακες. Μέσω του MySQL Workbench ή του Shell ο admin πρέπει να δημιουργήσει μια Βάση Δεδομένων με όνομα "dummydata". Για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων χρησιμοποιούμε την εντολή:

```
CREATE DATABASE dummydata;
```

Σε αυτό το σημείο απαιτείται η δημιουργία ενός νέου χρήστη για να αποφευχθεί η σύνδεση μέσω του χρήστη root με τη Βάση Δεδομένων. Για τη δημιουργία του νέου χρήστη χρειαζόμαστε τις εντολές:

```
CREATE USER 'username'@'localhost' IDENTIFIED BY 'password';  
GRANT ALL PRIVILEGES ON dummydata.* TO 'username'@'localhost';
```

Ο νέος χρήστης που δημιουργήθηκε έχει όνομα username και κωδικό password και διαθέτει όλα τα δικαιώματα για τη διαχείριση της Βάσης Δεδομένων dummydata που δημιουργήθηκε προηγουμένως. Τα στοιχεία του χρήστη υπάρχουν και στο αρχείο application.properties (βρίσκεται εδώ: inside\src\main\resources\application.properties) μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η σύνδεση με τη Βάση Δεδομένων. Ο admin μπορεί να επιλέξει να δημιουργήσει έναν χρήστη με δικό του όνομα και κωδικό κατά βούληση αλλά θα πρέπει να αλλάξει και τις αντίστοιχες πληροφορίες στο αρχείο application.properties ώστε να είναι οι ίδιες.

Για την δημιουργία των πινάκων χρειάζονται οι εντολές:

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS users (firstname VARCHAR(1000), lastname  
VARCHAR(1000), email VARCHAR(1000), examination_type VARCHAR(1000), pathname  
VARCHAR(1000), uuid VARCHAR(1000));
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS image_data (email VARCHAR(1000), examination_type  
VARCHAR(1000), pathname VARCHAR(1000), filename VARCHAR(1000), header_file_data  
BLOB , png_file_data MEDIUMBLOB, dcm_file_data MEDIUMBLOB);
```

3. Τρέξιμο εφαρμογής: Στη συνέχεια ο admin (δεδομένου ότι ήδη έχει κατεβάσει το project τοπικά στο μηχάνημα του) χρειάζεται να ανοίξει το φάκελο του project στο Command Prompt και να το τρέξει με την εντολή `mvn spring-boot:run`. Η εφαρμογή θα είναι έτοιμη για λειτουργία μόλις έχει τελειώσει το compilation του frontend, οπότε και θα εμφανιστεί το μήνυμα

```
----- Frontend compiled successfully. -----
```

Ακολουθεί στιγμιότυπο από το Τερματικό:

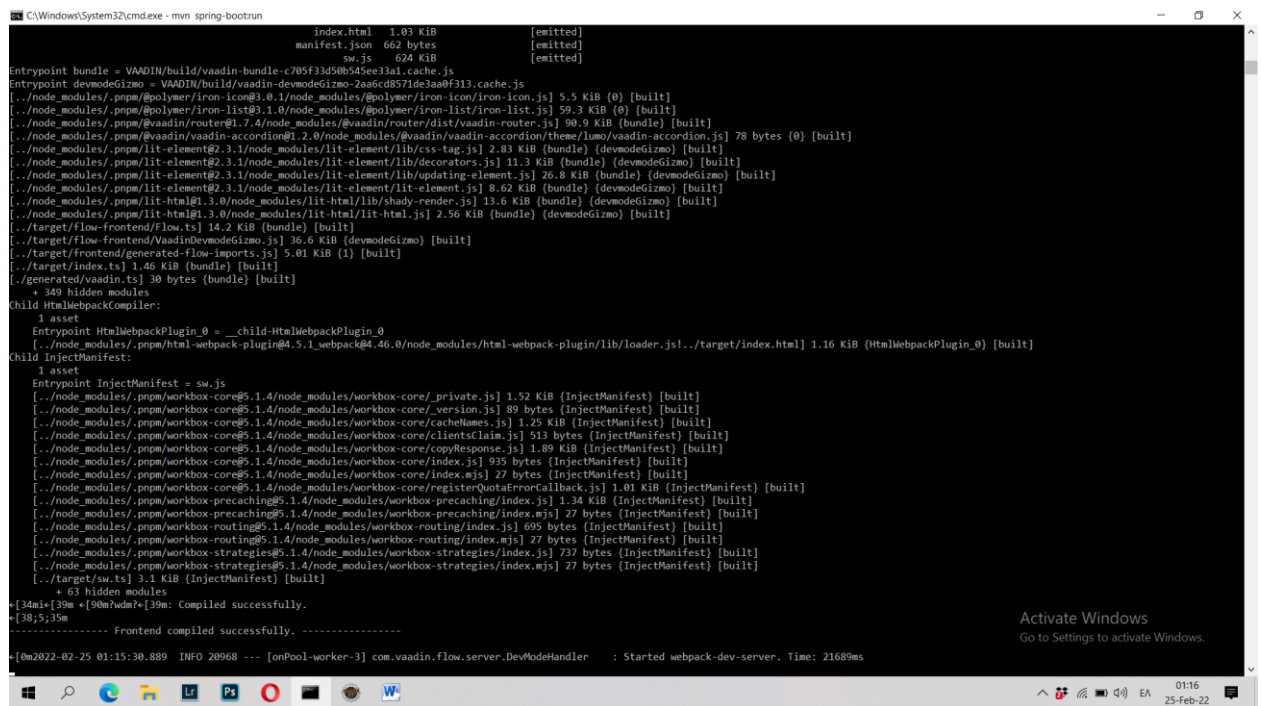


Figure 27 Στιγμιότυπο Τερματικού

4. Λειτουργία εφαρμογής: Τέλος χρειάζεται να ανοίξει έναν φυλλομετρητή ιστοσελίδων στη διεύθυνση <http://localhost:8080/welcomeview>. Η σελίδα είναι πλήρως λειτουργική και έτοιμη για χρήση.

2.8 Επίλογος

Συνοπτικά σε ετούτη την εργασία:

- Έγινε μια διερεύνηση στους τρόπους ψηφιακής ιατρικής απεικόνισης και μια ιστορική αναδρομή στους προπάτορες τους, τα αναλογικά μέσα.
- Αναλύθηκαν οι διάφορες βασικές έννοιες στο χώρο της ψηφιακής απεικόνισης και επεξεργασίας ως μια κοινή βάση που χρειάζεται να έχει κανείς κατά την ενασχόληση του με το χώρο.
- Αναφέρθηκαν ορισμένοι από τους βασικότερους τύπους αρχείων αποθήκευσης ιατρικών εικόνων.
- Σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε μια διαδικτυακή εφαρμογή για αποθήκευση, αναζήτηση και απεικόνιση ιατρικών εικόνων τύπου DICOM.

Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της εφαρμογής έγιναν οι εξής παρατηρήσεις:

- Η αρχική σχεδίαση ήτανε αρκετά πιο περίπλοκη και περιείχε features που στην πορεία χρειάστηκε να αφαιρεθούν ώστε να ολοκληρωθεί εγκαίρως η εφαρμογή.

Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η υποστήριξη αποθήκευσης και τρισδιάστατων αρχείων καθώς και η αποθήκευση πολλαπλών αρχείων ταυτόχρονα.

- Σημαντικό χαρακτηριστικό σε οποιαδήποτε εφαρμογή είναι να διατηρείται όσον το δυνατόν πιο απλό και φιλικό γίνεται προς το χρήστη το User Interface χωρίς να προϋποτίθεται να έχει οποιοδήποτε background.
- Η εφαρμογή είναι πλήρως λειτουργική και οι δοκιμαστικοί χρήστες την βρήκανε εύχρηστη αν και είχανε ορισμένες παρατηρήσεις για την ομαλότερη λειτουργία της οι οποίες θα ληφθούνε υπόψιν.

Για τις μελλοντικές εκδόσεις της εφαρμογής τα στοιχεία που θα ληφθούνε υπόψιν είναι:

- Αποθήκευση πολλαπλών αρχείων και πολλαπλών τύπων αρχείων. Αυτό θα καλύψει τις ανάγκες μιας μεγαλύτερης μερίδας χρηστών και θα την κάνει λιγότερο κουραστική στη χρήση.
- Δυνατότητα σύνδεσης χρήστη. Με εκείνο τον τρόπο κάθε χρήστης θα έχει πρόσβαση μόνο στα δικά του στοιχεία ενώ παράλληλα ο ιατρός θα διαθέτει το ρόλο admin για τους πελάτες του με δικαίωμα αποθήκευσης, τροποποίησης και διαγραφής στοιχείων. Έτσι θα αποφευχθούν ζητήματα αλλοίωσης δεδομένων καθώς και GDPR.
- Ανάπτυξη εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα ώστε να επιτευχθεί η ακόμη πιο γρήγορη πρόσβαση σε δεδομένα όποτε είναι απαραίτητο.

Πηγές

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First_medical_X-ray_by_Wilhelm_Röntgen_of_his_wife_Anna_Bertha_Ludwig%27s_hand_-_18951222.jpg

<https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/medical-imaging/medical-x-ray-imaging#description>

<https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/medical-x-ray-imaging/what-computed-tomography>

<https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/ultrasound>

<https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/computed-tomography-ct>

<https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/magnetic-resonance-imaging-mri>

<https://www.techopedia.com/definition/24012/pixel>

<https://whatis.techtarget.com/definition/voxel>

<https://eeae.gr>

<https://guides.lib.umich.edu/c.php?g=282942&p=1885350>

https://dicom.nema.org/dicom/2013/output/chtml/part05/sect_6.2.html

<https://www.c-sharpcorner.com/article/sending-an-hl7-message-receiving-it-using-a-listener-and-sending-an-acknowledge/>

<https://www.hl7.org/gr/el/protypo-hl7>

<https://loli.github.io/medpy/information/imageformats.html>

<https://www.scienceillustrated.gr/site/>

<https://www.geeksforgeeks.org/digital-image-processing-basics/>

ANALYZETM 7.5 File Format

From PET detectors to PET scanners, John L. Humm, Anatoly Rosenfeld, Alberto Del Guerra, European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging Vol. 30, No. 11, November 2003

Elfaith Abuelhia, K. Kacperski, N. M. Spyrou, "Three-photon annihilation in PET: 2D imaging experiments", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry Vol.271, No.2 (2007) 489-495

Physical Principles and Technology of Clinical PET Imaging, DW Townsend, Ann Acad Med Singapore 2004;33:133-45

«Οπτικοποίηση ιατρικών απεικονιστικών δεδομένων στον τρισδιάστατο χώρο στα πλαίσια ιατρικών τηλεδιαβουλεύσεων στον φυλλομετρητή ιστού», Παύλος Π. Φραγκογιάννης, Αθήνα, Φεβρουάριος 2019

Medical Image File Formats, [Michele Larobina](#) and [Loredana Murino](#)

Colorization using Desired Color for Medical Images Selvapriya B, Raghu B, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-7 Issue-6S3 April, 2019

A Review on Recent Pseudo-Coloring Techniques R. Jayadevan, Latha K. N, K. A. Navas, Anjali Ananthan, IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering | Volume 1 | Issue 11 | May 2015 ISSN (online): 2349-784X

Medical Image Data and Datasets in the Era of Machine Learning—Whitepaper from the 2016 C-MIMI Meeting

Dataset Session [Marc D. Kohli](#), [Ronald M. Summers](#), and J. Raymond Geis

Τόκης, Ι.Ν. και Τόκη, Ε. Ι., (2006). Πληροφορική Υγείας, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

Καρανικόλας, Ν. (2010). Πληροφορική και επαγγέλματα Υγείας.

Smistad, Erik et al. (2014). Medical image segmentation on GPUs – A comprehensive review. Medical Image Analysis , 20 (1) , 1 – 18. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.media.2014.10.012>

Gupta, Vikas et al. (2012). Cardiac MR perfusion image processing techniques: A survey. Medical Image Analysis, 16 (4), 767 – 785. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.media.2011.12.005>

Image file formats, [LK Tan](#), MBIomedEng*

Magnetic resonance imaging, [Abi Berger](#), science editor

Ιωάννης Κανδαράκης- Φυσικές και Τεχνολογικές Αρχές Πυρηνικής Ιατρικής, Εκδόσεις Έλλην 2006

Research in Medical Imaging Using Image Processing Techniques, Yousif Mohamed Y. Abdallah and Tariq Alqahtani Submitted: September 12th, 2018 Reviewed: January 13th, 2019 Published: June 24th, 2019 DOI: 10.5772/intechopen.84360