

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**Διαδικτυακό Σύστημα Επεξεργασίας Εικόνας Υπερηχογραφήματος
της Καρωτιδικής Αρτηρίας**

Μαρίνα Πασιαλή

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2018

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Διαδικτυακό Σύστημα Επεξεργασίας Εικόνας Υπερηχογραφήματος της
Καρωτιδικής Αρτηρίας**

Μαρίνα Πασιαλή

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Κωνσταντίνος Παττίχης

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων
απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου
Κύπρου

Μάιος 2018

Ευχαριστίες

Με το τέλος της Διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Κωνσταντίνο Παττίχη για την πολύτιμη βοήθεια του, την κατανόηση και την καλοσύνη που έδειξε καθ' όλη διάρκεια της ΑΔΕ. Χωρίς αυτά η ολοκλήρωση της δεν θα ήταν δυνατή.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ευθύβουλο Κυριάκου, δημιουργό του Συστήματος Επεξεργασίας Εικόνας Υπερηχογραφήματος Αθηροσκληρωτικής Πλάκας σε Matlab, από το οποίο και βασίστηκα για την υλοποίηση της ΑΔΕ.

Δεν θα μπορούσα να παραλείψω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και στον Ειδικό Επιστήμονα κ. Ζήωνα Αντωνίου, για τον σημαντικό χρόνο που αφιέρωσε και για την συμβολή του από την αρχή μέχρι και την ολοκλήρωση του έργου αυτού.

Το σύστημα αυτό υλοποιήθηκε σε συνεργασία με την συμφοιτήτρια μου Ραφαέλλα Σπύρου. Έτσι, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε αυτή για την άψογη συνεργασία και αλληλοβοήθεια που είχαμε για την διεκπεραίωση του έργου.

Τέλος, έχω λάβει απέραντη υποστήριξη και κατανόηση από την οικογένειά μου και τους φίλους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Τους οφείλω ένα τεράστιο ευχαριστώ.

Περίληψη

Οι καρωτιδικές αρτηρίες είναι συχνά σημεία για την παρουσία αθηροσκλήρωσης και μέσω αυτής μπορούν να προκύψουν σοβαρά προβλήματα υγείας. Μέσα λοιπόν από την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και τις δυνατότητες που μπορεί να παρέχει, ένας ιατρός μπορεί να επεξεργαστεί τις ψηφιακές εικόνες του Υπερήχου της καρωτίδας και να προβεί σε διάγνωση με μεγαλύτερη ευκολία.

Στην διπλωματική αυτή εργασία δημιουργήθηκε ένα διαδικτυακό σύστημα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ιατρούς που επιθυμούν να επεξεργαστούν εικόνες υπερήχου της αρτηριακής καρωτίδας. Το σύστημα παρέχει αρκετές δυνατότητες σε ένα γιατρό, ο οποίος έχει τον δικό του λογαριασμό και μπορεί να επεξεργαστεί τις εικόνες διαφόρων ασθενών.

Το σύστημα δεν απαιτεί κάποια εγκατάσταση για να χρησιμοποιηθεί. Αν κάποιος διαχειριστής έχει δημιουργήσει λογαριασμό σε έναν ιατρό, τότε αυτός μπορεί να το χρησιμοποιήσει μέσω οποιουδήποτε προγράμματος περιήγησης.

Οι κυριότερες λειτουργίες του συστήματος είναι η κανονικοποίηση ιστογράμματος εικόνας, ο καθορισμός κλίμακας και μετρήσεων, η κανονικοποίηση σε συνήθη αριθμό εικονοστοιχείων, αποκοπή εικόνας και feature extraction. Ο τρόπος λειτουργίας τους αναφέρεται λεπτομερώς πιο κάτω. Οι λειτουργίες αυτές σε συνδυασμό με μικρότερες λειτουργίες, όπως η εκτύπωση αναφορών, επεξεργασία των προσωπικών στοιχείων του ιατρού και η διαχείριση των πληροφοριών του ασθενούς κάνουν το σύστημα πολύ χρήσιμο.

Στη συνέχεια, περιλαμβάνεται ένα ολοκληρωμένο εγχειρίδιο χρήσης για την σωστή χρήση του συστήματος.

Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και προτείνονται ιδέες για μελλοντική εργασία που μπορεί να εφαρμοσθεί στο παρόν σύστημα.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή.....	1
	1.1 Εισαγωγικά λόγια για την Καρωτίδα	1
	1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας	5
	1.3 Συμπτωματική και Ασυμπτωματική Πλάκα	5
	1.4 Υπέρηχοι	6
Κεφάλαιο 2	Εργαλεία.....	8
	2.1 HTML και CSS	8
	2.2 JavaScript	9
	2.3 Python και οι διαφορές της με την Matlab	10
	2.4 Django Web Framework	11
	2.5 Βάση δεδομένων	11
	2.6 Apache HTTP Server	12
	2.7 Tiff Viewer	12
Κεφάλαιο 3	Λειτουργίες.....	14
	3.1 Λειτουργία: Image Histogram Normalization	14
	3.2 Λειτουργία: Image Scale Definition / Measurements	15
	3.3 Λειτουργία: Normalization to a standard pixels/mm	17
	3.4 Λειτουργία: Image Crop	19
	3.5 Λειτουργία: Feature Exttraction	19
Κεφάλαιο 4	Εγχειρίδιο Χρήσης.....	20
	4.1 Εγγραφή ιατρού στο σύστημα	20
	4.2 Σύνδεση ιατρού στο σύστημα	23
	4.3 Αποστολή νέου κωδικού	24
	4.4 Κυρίως Μενού	25
	4.4.1 Ασθενείς	26
	4.4.2 Αρχείο	29
	4.4.3 Εγχειρίδιο χρήσης	31
	4.4.3 Ρυθμίσεις	31
	4.4.3.1 Προβολή και Επεξεργασία Προσωπικών Δεδομένων	32

4.4.3.2 Αλλαγή Κωδικού Πρόσβασης	33
4.4.4 Έξοδος	34
4.5 Λειτουργίες	35
4.5.1 Image Histogram Normalization	35
4.5.2 Image Scale Definition / Measurements	39
4.5.3 Normalization to a standard pixels/mm	43
4.5.4 Image Crop	46
4.5.5 Features Extraction	47
4.6 Στοιχεία Ασθενή	
Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα.....	48
5.1 Συμπεράσματα	48
5.2 Μελλοντική Εργασία	48
 Βιβλιογραφία	 50
 Παράρτημα Α.....	 A-1
 Παράρτημα Β.....	 B-1
 Παράρτημα Γ.....	 C-1
 Παράρτημα Δ.....	 D-1

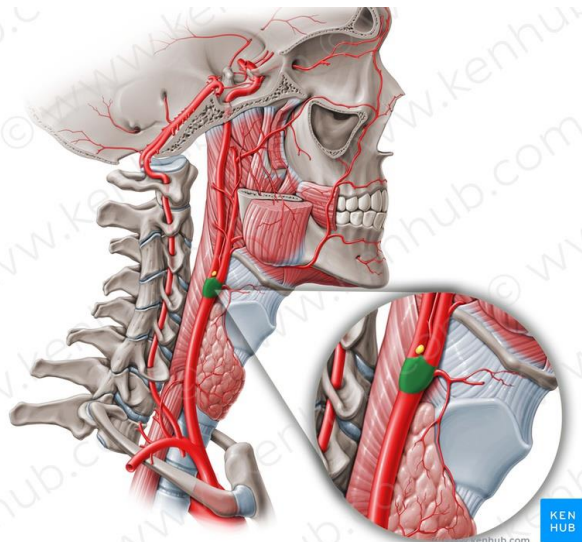
Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγικά λόγια για την Καρωτίδα	1
1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας	5
1.3 Συμπτωματική και Ασυμπτωματική Πλάκα	5
1.4 Υπέρηχοι	6

1.1 Εισαγωγικά λόγια την Καρωτίδα

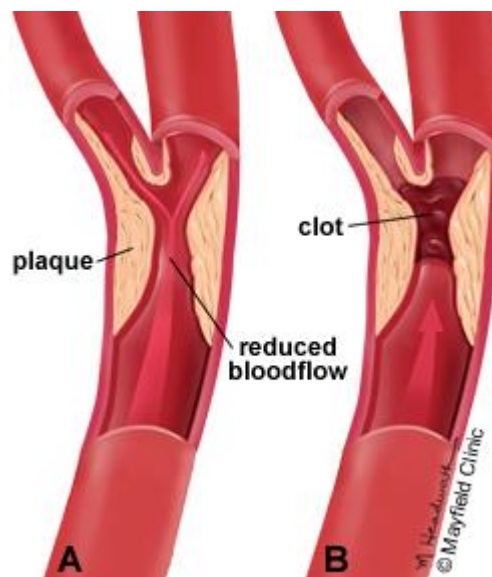
Αρχικά, οι αρτηρίες της καρωτίδας είναι μεγάλες ελαστικές αρτηρίες οι οποίες παρέχουν αίμα στην περιοχή του λαιμού και της κεφαλής. Έχουν την δυνατότητα να παρέχουν αίμα πλούσιο σε οξυγόνο και βρίσκονται στις πλευρές του λαιμού. Κάθε μία χωρίζεται σε εσωτερική και εξωτερική αρτηρία. Η εσωτερική παρέχει αίμα στον εγκέφαλο, ενώ η εξωτερική στο πρόσωπο και τον λαιμό. Τοποθετώντας τα δάκτυλα στα τραχεία, ο κάθε άνθρωπος μπορεί να τις νιώσει και να τις εντοπίσει. Η σημαντικότητά τους είναι τεράστια, αφού το αίμα που παρέχουν στο μεγαλύτερο μπροστινό μέρος του εγκεφάλου είναι απαραίτητο για την λειτουργία της σκέψης, της ομιλίας, της ικανότητας της αίσθησης και της κίνησης [2,3].



Εικόνα 1.1 – Αρτηριακές Καρωτίδες[3]

Οι καρωτίδες είναι συχνά σημεία για την παρουσία αθηροσκλήρωσης, μία εκφυλιστική αρτηριακή νόσος η οποία προκαλεί την στένωση των αρτηριών επομένως και την δημιουργία πλάκας. Στις περισσότερες περιπτώσεις η νόσος αυτή δεν έχει συγκεκριμένα συμπτώματα μέχρι να συμβεί κάτι σοβαρό, όπως εγκεφαλικό, παροδική ισχαιμική επίθεση (TIA) ή έμφραγμα [2,4].

Κάποια από τα συμπτώματα που μπορεί να εμφανισθούν είναι: ξαφνικό μούδιασμα ή αδυναμία στο πρόσωπο ή στα άκρα, συνήθως στην μία πλευρά του σώματος, ξαφνική δυσκολία στην ομιλία και στην κατανόηση, ξαφνικά προβλήματα στην όραση, ζαλάδα ή αστάθεια και ξαφνικός ισχυρός πονοκέφαλος για αδιευκρίνιστους λόγους [29].



Εικόνα 1.2 – Αρτηριακή πλάκα[8]

Στο σημείο αυτό θα ήταν καλό να ξεκαθαρίσουμε ότι η αρτηριοσκλήρυνση και η αθηροσκλήρωση είναι δύο διαφορετικές περιπτώσεις. Η αρτηριοσκλήρυνση είναι και η σκλήρυνση των τοιχωμάτων των αρτηριών, ενώ η αθηροσκλήρωση είναι η στένωση των αρτηριών λόγω της δημιουργίας πλάκας. Η αθηροσκλήρωση είναι μια ειδική

περίπτωση αρτηριοσκλήρυνσης. Κάποιος ο οποίος πάσχει από αθηροσκλήρωση τότε σίγουρα έχει και αρτηριοσκλήρυνση. Το αντίθετο όμως δεν ισχύει [5].

Σύμφωνα με αναφορές του National Institutes of Health η αθηροσκλήρωση μπορεί να οδηγήσει στις εξής νόσους: Στεφανιαία καρδιακή νόσος που εμφανίζεται όταν δεν φτάνει αρκετό αίμα στην καρδιά, Καρωτιδική νόσος που εμφανίζεται όταν οι αρτηρίες των καρωτίδων παρουσιάζουν πλάκα, Περιφερική Αποφρακτική νόσος που εμφανίζεται όταν η κύρια αρτηρία που παρέχει αίμα στα πόδια, χέρια και στην λεκάνη δεν παρέχει αρκετό αίμα και τέλος η Χρόνια Νεφρική νόσος που εμφανίζεται όταν το αίμα φτάνει στα νεφρά με δυσκολία. Εμείς θα επικεντρωθούμε στην Καρωτιδική νόσο[4].

Ο εγκέφαλος λειτουργεί με την συνεχή παροχή οξυγόνου και γλυκόζης. Αν κάποιο κομμάτι από την πλάκα ξεκολλήσει από τα τοιχώματα των αρτηριών τις καρωτίδας, τότε μέσω της ροής του αίματος μπορεί να μπλοκάρει μικρότερες αρτηρίες του εγκεφάλου. Αυτό μπορεί να προκαλέσει την προσωρινή δυσλειτουργία του εγκεφάλου ή ακόμα και εγκεφαλικό, δηλαδή την μόνιμη απώλεια κάποιας εγκεφαλικής λειτουργίας. Το 50% των περιπτώσεων εγκεφαλικού οφείλεται στην νόσο αυτή [2,3].

Παρόλο που όλοι οι άνθρωποι κάποια στιγμή επηρεάζονται σε κάποιο βαθμό από την αρτηριακή νόσο, υπάρχουν αρκετοί παράγοντες οι οποίοι μπορούν να καθορίσουν πόσο σοβαρή είναι η κατάσταση κάποιου ανθρώπου. Μερικοί παράγοντες είναι σταθεροί, όπως η μεγάλη ηλικία ή η ύπαρξη οικογενειακού ιστορικού σε εγκεφαλικά ή ανία. Άλλοι παράγοντες μπορεί να είναι το κάπνισμα, τα ψηλά επίπεδα χοληστερόλης, η υπέρταση και τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα που μπορεί να οφείλονται στην αντίσταση στην ινσουλίνη ή στον διαβήτη κ.α. [1,2].

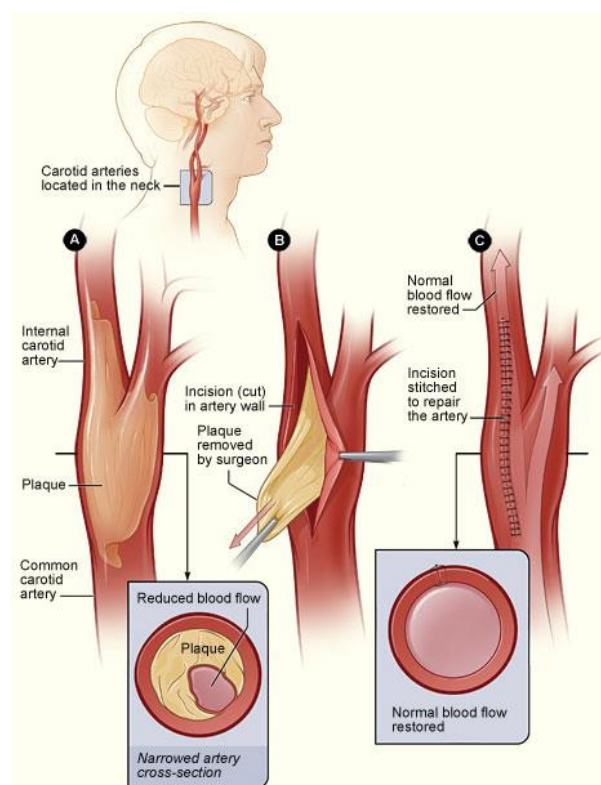
Όταν οι παράγοντες που αναφέραμε αρχίζουν να επηρεάζουν την αρτηρία, τότε αυτή φθείρεται και έτσι το σώμα μας προσπαθεί να αρχίσει την θεραπεία των αρτηριών. Στα σημεία αυτά λοιπόν αρχίζει η δημιουργία πλάκας [1].

Για την διάγνωση της νόσου υπάρχει η φυσική εξέταση και τα διαγνωστικά τεστ. Κάνοντας μια φυσική εξέταση, για να ελέγξει ο γιατρός τις αρτηρίες της καρωτίδας μπορεί να τις ακούσει με την χρήση στηθοσκοπίου. Η διαδικασία αυτή θα δείξει αν

υπάρχει πλάκα, μέσω των αλλαγών στον ήχο που θα σημαίνουν ότι υπάρχει αλλαγή στην ροή του αίματος. Μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για την κατάσταση μπορούν τα δώσουν τα διαγνωστικά τεστ. Τα τεστ που υπάρχουν για την προκειμένη περίπτωση είναι: το Υπερηχογράφημα καρωτίδας, η Αγγειογραφία καρωτίδας, η Μαγνητική Αγγειογραφία και η Τομογραφική Αγγειογραφία [1].

Η αθηροσκλήρωση δεν σημαίνει ότι είναι μια χαμένη μάχη με τη ζωή. Η νόσος μπορεί να αρχίσει να αποχωρεί κάνοντας άμεση αλλαγή από τις κακές συνήθειες που την δημιουργούν. Η αποχή από το κάπνισμα, ο συχνός έλεγχος της χοληστερόλης και της αρτηριακής πίεσης, η υγιεινή διατροφή, η σωματική άσκηση και η απώλεια βάρους είναι πολύ σημαντικά βήματα που μπορούν τα ελέγξουν την φθορά των αρτηριών. Μερικές φορές όμως, όταν η περίπτωση είναι πιο σοβαρή, τότε χρειάζεται άμεση θεραπεία [4].

Οι θεραπείες για την αντιμετώπιση της πλάκας μπορεί να περιλαμβάνουν μια απλή θεραπευτική αγωγή, όπως μια ασπιρίνη ή βαρφαρίνη, ή μια χειρουργική επέμβαση (Ενδαρτηρεκτομή). Η επέμβαση αυτή συνήθως γίνεται με την αφαίρεση της αθηροσκληρωτικής πλάκας από την αρτηρία. Για να πραγματοποιηθεί η επέμβαση σε ασθενή πρέπει η στένωση να έχει φτάσει σε ποσοστό μεγαλύτερο από 50% [3].



Εικόνα 1.3 – Χειρουργική επέμβαση για αφαίρεση της πλάκας (Ενδαρτηρεκτομή)[1].

1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας είναι η δημιουργία ενός διαδικτυακού συστήματος που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από γιατρούς ως βοηθητικό εργαλείο για την ανάλυση και την επεξεργασία των εικόνων υπερηχογραφήματος καρωτίδας. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, το Υπερηχογράφημα καρωτίδας είναι ένα από τα διαγνωστικά τεστ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ώστε να δοθεί πιο ξεκάθαρη εικόνα σχετικά με την κατάσταση του ασθενή.

Τις πληροφορίες για τις λειτουργίες που πρέπει να κάνει το σύστημα και για την υλοποίηση του, βασιστήκαμε στο σύστημα “Carotid Plaque Texture Analysis” του κ. Ευθύβουλου Κυριάκου. Το ήδη υπάρχον σύστημα, έχει υλοποιηθεί στην γλώσσα Matlab. Εμείς υλοποιήσαμε το σύστημα σε Python και στο Django Framework, ώστε να γίνει μια διαδικτυακή εφαρμογή.

Με την χρήση της εφαρμογής αυτής, ένας γιατρός θα μπορεί με μεγαλύτερη ευκολία να αναλύει και να βγάζει συμπεράσματα από την εικόνα του υπερηχογραφήματος και έτσι να αναγνωρίζει αν μια αρτηριακή πλάκα είναι συμπτωματική ή ασυμπτωματική.

1.3 Συμπτωματική και Ασυμπτωματική Πλάκα

Η παρουσία πλάκας σε ασθενείς χωρίς συμπτώματα (ασυμπτωματική πλάκα) είναι συχνό φαινόμενο. Σύμφωνα με έρευνες του NASCET (North America Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) και του ECST (European Carotid Surgery Trial) οι ασθενείς με ασυμπτωματική πλάκα έχουν πολύ λίγα περιστατικά εγκεφαλικού κάθε χρόνο. Το ποσοστό των περιστατικών είναι μικρότερο από 1-2% ενώ το ποσοστό θνησιμότητας μικρότερο από 0.05% [6].

Για τους ασθενείς με συμπτωματική πλάκα που δεν έλαβαν κάποιο είδος θεραπείας και η στένωση ξεπερνούσε το 70%, η NASCET έδειξε ότι κάθε χρόνο το ποσοστό των

περιστατικών εγκεφαλικών ήταν 13%. Για μικρότερο ποσοστό στένωσης, το ποσοστό των εγκεφαλικών ήταν 7% [6].

Οι μελέτες δείχνουν ότι οι ασθενείς με ασυμπτωματική πλάκα έχουν περισσότερες πιθανότητες εγκεφαλικού από αυτούς που δεν πάσχουν από την νόσο των αρτηριών, αλλά σαφώς λιγότερο κίνδυνο από αυτούς που πάσχουν από την συμπτωματική νόσο των αρτηριών. Παρόλα αυτά, αρκετοί ασθενείς με ασυμπτωματική πλάκα έχουν τάση να πάσχουν και από την Στεφανιαία Καρδιακή νόσο. Συγκεκριμένα, 24.1% των ασθενών με Στεφανιαία Καρδιακή νόσο είχαν ασυμπτωματική πλάκα [6,7] .

Συμπερασματικά, οι έρευνες καταδεικνύουν τη σημασία της κατηγοριοποίησης της πλάκας του κάθε ασθενή, καθώς και τη συμβολή της ανάπτυξης ενός εργαλείου που θα ευκολύνει την διάγνωση του.

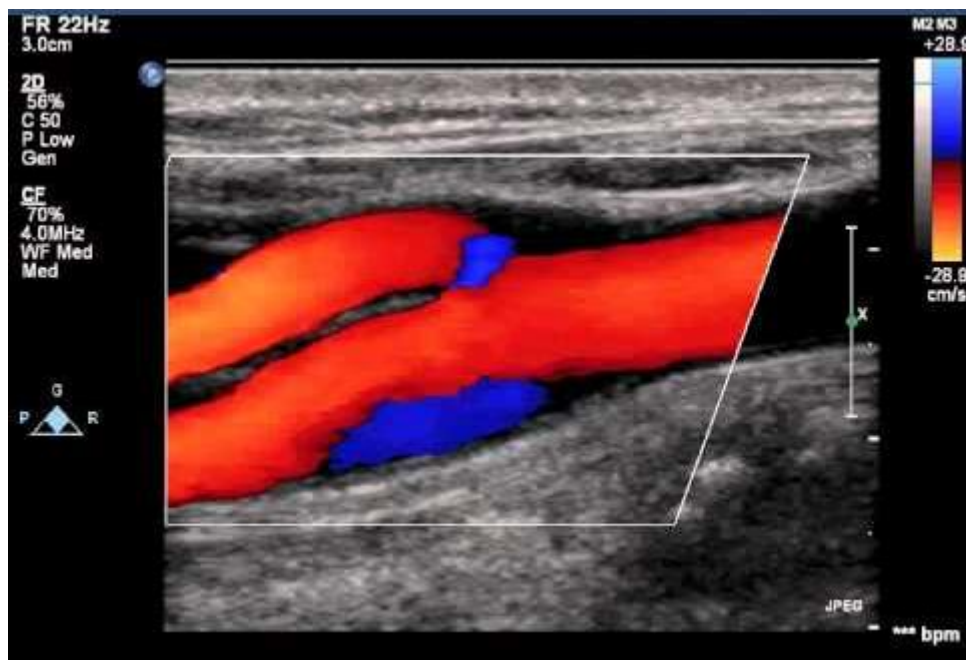
1.4 Υπέρηχοι

Ο Υπέρηχος είναι μια ασφαλής και ανώδυνη διαδικασία. Με την χρήση του μπορούμε να πάρουμε εικόνες από το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος. Συνήθως χρησιμοποιείται για να μπορέσουμε να διαγνώσουμε τα αίτια κάποιου πόνου, ερεθισμού ή μόλυνσης στο εσωτερικό των οργάνων και για την εξέταση του εμβρύου στις περιπτώσεις εγκύων. Επίσης, μπορεί να βοηθήσει τους γιατρούς στις εξετάσεις βιοψίας και στην διάγνωση καρδιακών ασθενειών [9].

Κατά την διάρκεια του Υπέρηχου ο γιατρός χρησιμοποιεί έναν μετατροπέα και απλώνει στην περιοχή που θα γίνει το υπερηχογράφημα έναν ειδικό ζελέ. Ο μετατροπέας εκπέμπει ηχητικά κύματα ψηλών συχνοτήτων στο σώμα. Στη συνέχεια, ο μετατροπέας χρησιμοποιεί τα κύματα τα οποία κτυπούν σε κάποιο ιστό και επιστρέφουν πίσω. Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζει την εικόνα και την παρουσιάζει σε μια οθόνη. Ο Υπέρηχος δεν χρησιμοποιεί ιοντίζουσα ακτινοβολία όπως χρησιμοποιούν τα μηχανήματα για τις ακτινογραφίες. Ο ασθενής δεν εκτίθεται σε κάποιο είδος ακτινοβολίας [9].

Οι συμβατικοί Υπέρηχοι παρουσιάζουν εικόνες από επίπεδες περιοχές του σώματος. Νέοι και αναπτυγμένοι Υπέρηχοι μπορούν πλέον μέσω των ηχητικών κυμάτων να λάβουν πληροφορία και να σχηματίσουν μια εικόνα τριών διαστάσεων (3D) [9].

Οι εικόνες υπερηχογραφήματος που θα μπορεί ο γιατρός να ανεβάσει στο σύστημα θα προέρχονται συνήθως από το Υπερήχους Ανάπτυξης (Doppler). Οι συγκεκριμένοι υπέρηχοι χρησιμοποιούν μια συγκεκριμένη τεχνική και μπορούν να μας επιτρέψουν να δούμε σε εικόνα την ροή του αίματος μέσα στις αρτηρίες και φλέβες του σώματος. Υπάρχουν τρία είδη Υπέρηχου Doppler: το Έγχρωμο Doppler (Color Doppler) που μέσω χρώματος δίνει πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα και κατεύθυνση της ροής του αίματος, ο Doppler Ανίχνευσης Χαμηλής Ροής (Power Doppler) που δίνει περισσότερη πληροφορία για την ταχύτητα και την ροή του αίματος, αλλά όχι για την κατεύθυνση του και τέλος ο Παλμικός Doppler (Spectral Doppler) που παρουσιάζει την ροή του αίματος γραφικά με βάση την απόσταση επί τον χρόνο και μετατρέπει την πληροφορία αυτή σε ήχο [9].



Εικόνα 1.4— Εικόνα καρωτίδας από βίντεο που τραβήχτηκε από Color Doppler Ultrasound[10]

Κεφάλαιο 2

Εργαλεία

2.1 HTML και CSS	8
2.2 JavaScript	9
2.3 Python και οι διαφορές της με την Matlab	10
2.4 Django Web Framework	11
2.5 Βάση δεδομένων	11
2.6 Apache HTTP Server	12
2.7 Tiff Viewer	12

2.1 HTML και CSS

Η Hypertext Markup Language (HTML) είναι μια “markup” γλώσσα και όχι μια γλώσσα προγραμματισμού. Σε αντίθεση με τις γλώσσες προγραμματισμού, δεν χρησιμοποιεί συναρτήσεις για να υλοποιήσει διεργασίες, αλλά “ετικέτες” για να σημάνει κείμενο. Πλέον, η HTML αποτελεί τον πυρήνα όλων των διαδικτυακών ιστοσελίδων, είτε απλών, είτε περίπλοκων [11].

Σκοπός ενός web browser είναι να λάβει αρχεία HTML από κάποιο web server ή κάποιο τοπικό χώρο αποθήκευσης και να τα παρουσιάσει μετά στον χρήστη σαν σελίδες με πολυμέσα [12].

Όπως έχει αναφερθεί, η HTML είναι ο πυρήνας μιας ιστοσελίδας. Όμως, μια ιστοσελίδα δεν μπορεί να αποτελείται μόνο από HTML. Η HTML ορίζει την κύρια δομή και το κείμενο της σελίδας. Για να προστεθεί οπτική εμφάνιση, η HTML συνεργάζεται με Cascading Styling Sheets. Επίσης, η HTML δίνει την δυνατότητα να

ενσωμάτωσης προγραμμάτων γραμμένων σε γλώσσα σεναρίων (scripting language), όπως JavaScript [11,12].

Η CSS, που συνεργάζεται με την HTML, είναι μια γλώσσα που κατατάσσεται στην κατηγορία των γλωσσών φύλλων υπολογιστή. Η γλώσσα αυτή έχει σχεδιαστεί για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός της παρουσίασης από το περιεχόμενο, όπως η διάταξη, τα χρώματα και η γραμματοσειρά [13].

Με την χρήση της CSS, μια σελίδα μπορεί να τονίσει τα χαρακτηριστικά και να γίνει πιο εύχρηστη, ενώ βελτιώνεται η προσβασιμότητα του περιεχόμενου και μειώνεται πολυπλοκότητα της σελίδας. Η χρήση της CSS ήταν απαραίτητη για την υλοποίηση του συστήματος, ώστε να υπάρχει ομοιομορφία και το σύστημα να είναι φιλικό προς τον χρήστη.

2.2 JavaScript

Η JavaScript είναι μια πιο περίπλοκη γλώσσα από την HTML και την CSS. Είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που οι σχεδιαστές ιστοσελίδων χρησιμοποιούν για να δημιουργήσουν μια σελίδα που να αλληλοεπιδρά με τον χρήστη της. Βασίζεται σε διάφορα στυλ προγραμματισμού, όπως αντικειμενοστρεφή, προτασιακό και συναρτησιακό. Πλέον την ακολουθούν όλοι οι μοντέρνοι web browsers και χρησιμοποιείται σχεδόν από όλες τις ιστοσελίδες, για πιο δυνατή και πιο συγκροτημένη λειτουργικότητα [11].

Αρχικά, η JavaScript ενεργούσε μόνο στους web browsers, στην πλευρά του πελάτη. Τώρα, έχει ενσωματωθεί σε πολλούς τύπους λογισμικών, όπως web servers και βάσεις δεδομένων. Έχει ακόμα εγκατασταθεί και σε προγράμματα εκτός διαδικτύου όπως σε φυλλομετρητές εφαρμογές, σε εφαρμογές PDF και σε εικονικές μηχανές, κάνοντας έτσι την JavaScript δημοφιλή στην ανάπτυξη εφαρμογών σε κινητά τηλέφωνα και υπολογιστές [14].

Για το σύστημα μας, η JavaScript αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο. Για τον χρήστη του συστήματος είναι απαραίτητο να υπάρχει άμεση αλληλεπίδραση, αφού στην ουσία η αλληλεπίδραση αποτελεί το μόνο μέσο για τον ορισμό συντεταγμένων και άλλων παραμέτρων που αργότερα θα είναι απαραίτητες πληροφορίες για την εξαγωγή μετρήσεων κλπ.

2.3 Python και οι διαφορές της με την Matlab

Η Python είναι μια αντικειμενοστρεφής γλώσσα προγραμματισμού. Η πιο διαδεδομένη έκδοση της είναι αυτή που είναι υλοποιημένη στην γλώσσα C. Μεγάλες εταιρίες, όπως η Google, Netflix, Dropbox και Spotify την χρησιμοποιούν για τις εφαρμογές τους. Εκτός από προγραμματιστική γλώσσα, η Python διαθέτει και εκτενή βιβλιοθήκη. Η βιβλιοθήκη αυτή περιέχει πολλές συναρτήσεις που υποβοηθούν σε θέματα βάσης δεδομένων, δικτύωσης κλπ [15,17].

Επίσης, επειδή η Python διατίθεται δωρεάν και είναι εύκολο κανείς να σχεδιάσει διάφορα εργαλεία, να τα επεκτείνει και να τα αναπτύξει, είναι και αρκετά διαδεδομένη. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά εργαλεία για διάφορους σκοπούς. Ένα από αυτά είναι το OpenCV. Το OpenCV σχεδιάστηκε για καλύτερη υπολογιστική απόδοση και δίνει αρκετή σημασία στις εφαρμογές που τρέχουν σε πραγματικό χρόνο. Το εύρος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι τεράστιο. Συγκεκριμένα, στο παρόν σύστημα χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία της εικόνας [16].

Η Matlab είναι ένα περιβάλλον αριθμητικής υπολογιστικής και γλώσσα προγραμματισμού. Έχει απήχηση σε μεγάλο κοινό, ιδιαίτερα σε αυτό με επιστημονικό υπόβαθρο. Το γεγονός όμως ότι δεν είναι δωρεάν δεν την κάνει και τόσο δημοφιλή. Ένας όμως από τους περιορισμούς της, που σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις της εποχής το καθιστούν πρόβλημα, είναι οι αρκετοί περιορισμοί που έχει στην φορητότητα. Η ικανότητα να μπορείς να τρέξεις την εφαρμογή σου σε ένα άλλο υπολογιστή θεωρείται σημαντική. Μια μεταγλωττισμένη εφαρμογή Matlab μπορεί να τρέξει σε ένα διαφορετικό υπολογιστή μόνο αν έχουν την ίδια έκδοση Matlab Component Runtime

(MCR), κάτι μπορεί να είναι αρκετά δύσκολο, μιας και το MCR ανανεώνεται κάθε 6 μήνες [16].

2.4 Django Web Framework

Θέλοντας να υλοποιήσουμε ένα διαδικτυακό σύστημα, χρειαστήκαμε ένα Framework που να εξειδικεύεται στις διαδικτυακές εφαρμογές. Χρησιμοποιήσαμε το Django, ένα υψηλού επιπέδου Python Web Framework. Με τη χρήση του Django μια εφαρμογή μπορεί να αναπτυχθεί γρήγορα, αφού έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να ευκολύνει την υλοποίηση και να γλυτώνει τον προγραμματιστή από την ταλαιπωρία που μπορεί να έχει μια διαδικτυακή εφαρμογή. Έτσι, ο προγραμματιστής έχει την ευκαιρία να δώσει περισσότερη έμφαση σε πιο σημαντικά στοιχεία της εφαρμογής του. Το Django είναι δωρεάν και ανοικτού κώδικα [18].

Μερικά από τα χαρακτηριστικά του Django που το καθιστούν δημοφιλή στον τομέα του, είναι η μεγάλη ταχύτητα που μπορεί να αναπτυχθεί μια εφαρμογή, η ασφάλεια που προσφέρει στις εφαρμογές του και η ευελιξία και η επεκτασιμότητα των εφαρμογών[18].

Για μεγαλύτερη μας ευκολία στην γραφή Python και Django χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο PyCharm. Το PyCharm είναι ένα εξειδικευμένο εργαλείο των Python και Django IDE και παρέχει ένα ευρύ φάσμα βασικών εργαλείων, δημιουργώντας ένα βολικό περιβάλλον για την ανάπτυξη εφαρμογών και Ιστού [19].

2.5 Βάση δεδομένων

Η βάση δεδομένων σε τέτοιο σύστημα ήταν απαραίτητη. Για την υλοποίηση της χρησιμοποιήσαμε βάση MySQL. Η βάση κρατά πληροφορίες για τους διαχειριστές, τους γιατρούς που θα έχουν πρόσβαση στο σύστημα, τους ασθενείς, καθώς και για διάφορες μετρήσεις της καρωτίδας που θα μελετήσουμε αργότερα και την πλάκα.

Οι περισσότερες σχεσιακές βάσεις δεδομένων σχεδιάστηκαν πολλές δεκαετίες πριν για να εξυπηρετούν πολύπλοκα ERP συστήματα. Με τις νέες απαιτήσεις όμως που δημιουργήθηκαν με την ανάπτυξη του Διαδικτύου, η MySQL έχει γίνει για τους προγραμματιστές η προεπιλεγμένη βάση δεδομένων για εφαρμογές διαδικτύου. Τα σημαντικά χαρακτηριστικά της, όπως η επίδοση της, η επεκτασιμότητα και η ευκολία στην χρήση της, την έχουν θέσει ως την πρώτη σε επιλογή δωρεάν βάση δεδομένων για το Διαδίκτυο [20].

2.6 Apache HTTP Server

Ο Apache HTTP Server είναι μια δωρεάν πλατφόρμα ανοικτού κώδικα για καινούργια λειτουργικά συστήματα, όπως UNIX και Windows. Στόχος της πλατφόρμας είναι η παροχή ασφαλούς, αποδοτικού και επεκτάσιμου διακομιστή που παρέχει HTTP (HyperText Transfer Protocol) υπηρεσίες σε συγχρονισμό με τα τρεχούμενα HTTP πρότυπα. Η ευκολία στη χρήση του, η αξιοπιστία του, η απόδοση του και το εύρος των υπηρεσιών που προσφέρει ήταν κάποιοι από τους λόγους που επιλέχθηκε για να υποστηρίξει στο σύστημα μας [23,24].

2.7 TIFF Viewer

Οι εικόνες TIFF (Tagged Image File) χρησιμοποιούνται για αποθήκευση εικόνων υψηλής ποιότητας. Ο τύπος αυτός υποστηρίζει συμπίεση χωρίς απώλειες και έτσι είναι αρκετά διαδεδομένος στους γραφίστες και στους φωτογράφους. Η ψηλή αυτή ποιότητα των εικόνων, κάνει τον τύπο TIFF να επικρατεί και στις ιατρικές εικόνες [25].

Τα προγράμματα περιήγησης στον παγκόσμιο ιστό όμως, δεν μπορούν να υποστηρίξουν τις εικόνες TIFF. Λόγω των εναλλακτικών CMYK χρωμάτων που χρησιμοποιούν οι TIFF και κάποιων χαρακτηριστικών πληροφοριών που αποθηκεύει για την εκτύπωση μιας εικόνας, οι εικόνες TIFF δεν μπορούν να υποστηριχτούν από τα περισσότερα προγράμματα περιήγησης. Για αυτό τον λόγο, ο όποιος χρήστης του συστήματος πρέπει ή να χρησιμοποιήσει κάποιο είδος plug in για να κάνει τον

περιηγητή του ικανό να φορτώσει εικόνες τύπου TIFF ή να χρησιμοποιεί κάποιο από τους περιηγητές που τις υποστηρίζουν. Κάποιοι από τους περιηγητές που τις υποστηρίζουν είναι ο Safari, ο Internet Explorer και ο Microsoft Edge. Εμείς, χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα Tiff Viewer το οποίο και εγκαταστήσαμε στο Google Chrome [26,27].

Κεφάλαιο 3

Λειτουργίες

3.1 Λειτουργία: Image Histogram Normalization	14
3.2 Λειτουργία: Image Scale Definition / Measurements	15
3.3 Λειτουργία: Normalization to a standard pixels/mm	17
3.4 Λειτουργία: Image Crop	19
3.5 Λειτουργία: Feature Extraction	19

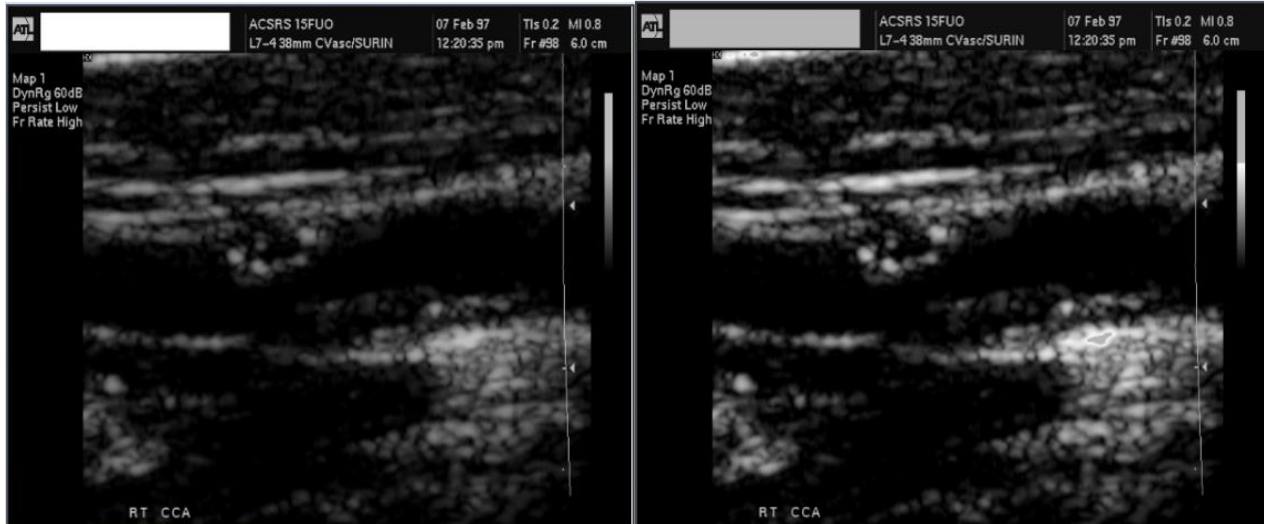
3.1 Λειτουργία: Image Histogram Normalization

Η πρώτη λειτουργία είναι το “Image Histogram Normalization”, δηλαδή η κανονικοποίηση του ιστογράμματος της καρωτιδικής εικόνας. Είναι μια βασική λειτουργία και βοηθά στην αναπαραγωγή των χαρακτηριστικών υφής της πλάκας, καθώς επίσης και στον καθορισμό του είδους της καρωτιδικής πλάκας.

Η κανονικοποίηση είναι απαραίτητη λόγω της συνεκτικής φύσης της διαδικασίας απεικόνισης υπερήχων. Η ομοιομορφία στην ακρίβεια και στην αντίθεση των περιοχών μιας εικόνας εξαρτάται από τις αλλαγές στην ακουστική σύνθεση μεταξύ των ιστών, στην κατεύθυνση των κυμάτων του υπέρηχου και στην εξασθένηση των κυμάτων λόγω της απορρόφησης τους από τους ιστούς [21].

Για την εκτέλεση αυτής της λειτουργίας, ο γιατρός καλείται να επιλέξει και να ανεβάσει στο σύστημα τον υπέρηχο του ασθενή. Στην συνέχεια, χρησιμοποιούνται δύο σημεία, ένα σημείο αίματος και ένα σημείο adventitia, ως σημεία αναφοράς. Έτσι, η εικόνα κανονικοποιείται γραμμικά, ώστε το 0 να είναι η grayscale τιμή του αίματος, και το 190 να είναι η grayscale τιμή του adventitia.

Η νέα κανονικοποιημένη εικόνα εμφανίζεται στον ιατρό, μαζί το κανονικοποιημένο ιστόγραμμα, για να μπορέσει να παρατηρήσει τις μεταβολές.



Εικόνα 3.1 – Η εικόνα αριστερά είναι από ένα υπερηχογράφημα καρωτίδας και η εικόνα δεξιά είναι η ίδια εικόνα μετά από την κανονικοποίηση της.

3.2 Λειτουργία: Image Scale Definition / Measurements

Η δεύτερη λειτουργία είναι το “Image Scale Definition / Measurements”, δηλαδή ο ορισμός της κλίμακας της εικόνας καθώς επίσης και η εξαγωγή κάποιων μετρήσεων από την εικόνα. Οι μετρήσεις αυτές είναι ο υπολογισμός του πάχους των εσωτερικών τοιχωμάτων των αρτηριών (Intima Media Thickness), της πλάκας, της απόστασης μεταξύ των τοιχωμάτων μιας αρτηρίας και το εμβαδόν της περιοχής της πλάκας.

Αρχικά, για να μπορέσουν να γίνουν οι μετρήσεις και να υπολογιστούν οι κατάλληλες αποστάσεις, ο ιατρός πρέπει να ορίσει την κλίμακα της εικόνας. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να δηλώσει την απόσταση σε χιλιοστά μεταξύ δύο επιλεγμένων εικονοστοιχείων της εικόνας. Μόλις γίνει αυτό, το σύστημα υπολογίζει την απόσταση των δύο σημείων σε εικονοστοιχεία, χρησιμοποιώντας την Ευκλείδεια Απόσταση (Εικόνα 3.3) [28] .

Στη συνέχεια, αφού βρει το αποτέλεσμα αυτής της απόστασης, το διαιρεί με τον αριθμό των χιλιοστομέτρων που είχε δηλώσει ο ιατρός προηγουμένως. Έτσι, βρίσκει τον αριθμό των εικονοστοιχείων ανά χιλιοστόμετρο (pixels per millimeter). Τέλος, μετατρέπει την ανάλυση της εικόνας σε ένα σταθερό αριθμό, ο οποίος είναι 20 εικονοστοιχεία ανά χιλιοστόμετρο.

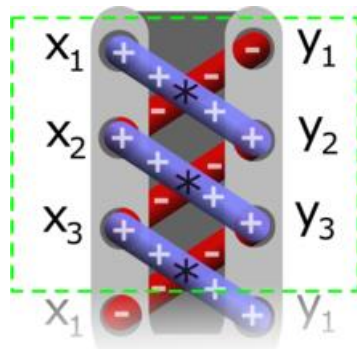
Όσο αφορά τη μέτρηση του IMT, στόχος της λειτουργίας είναι μέσα από την επιλογή διάφορων σημείων να υπολογιστεί το μεγαλύτερο πάχος του τοιχώματος της αρτηριακής καρωτίδας, το μικρότερο πάχος και ο μέσος όρος. Συγκεκριμένα, ο ιατρός μπορεί να επιλέξει όσα ζευγάρια σημείων και όπως προηγουμένως, με τον υπολογισμό της Ευκλείδειας Απόστασης θα υπολογιστεί η απόσταση των σημείων σε εικονοστοιχεία. Οι αποστάσεις των ζευγαριών, θα διαιρεθούν με τον αριθμό των στοιχείων ανά χιλιοστόμετρο, που βρήκαμε πιο πάνω, και το αποτέλεσμα θα είναι οι αποστάσεις σε πραγματικά χιλιοστόμετρα. Από αυτές, μπορούμε να υπολογίσουμε τον μέσο όρο και να βρούμε τη μέγιστη και ελάχιστη απόσταση.

Η μέτρηση του IMT είναι πολύ σημαντική. Η πρώτη δομική αλλαγή που μπορεί να ανιχνευθεί στην αρτηριοσκλήρυνση είναι η αύξηση του IMT. Ωστόσο, η αύξηση του, δεν παραπέμπει αυτόματα σε αρτηριοσκλήρωση, όμως σχετίζεται με αυτή. Η αύξηση του IMT μπορεί επίσης να είναι αποτέλεσμα της υπερπλασίας των λείων μυϊκών κυττάρων που οδηγούν σε υπερτροφία και αντισταθμιστική αρτηριακή αναδιαμόρφωση. Ακόμα, η εξέταση του μπορεί βοηθήσει τον ιατρό να επαναταξινομήσει το ποσοστό των ασθενών με άμεσο καρδιαγγειακό κίνδυνο σε χαμηλό ή ψηλό [30].

Παράλληλα, το πάχος της πλάκας υπολογίζεται με παρόμοιο τρόπο. Ο ιατρός μπορεί να επιλέξει ένα ζευγάρι σημείων και όπως και πριν, με τον υπολογισμό της Ευκλείδειας Απόστασης θα υπολογιστεί η απόσταση των σημείων σε εικονοστοιχεία. Η απόσταση των σημείων, θα διαιρεθούν με τον αριθμό των στοιχείων ανά χιλιοστόμετρο που βρήκαμε πιο πάνω και το αποτέλεσμα θα είναι η απόσταση σε πραγματικά χιλιοστόμετρα.

Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζεται και η απόσταση μεταξύ των τοιχωμάτων των αρτηριών. Ο ιατρός μπορεί να επιλέξει όσα ζευγάρια με τον υπολογισμό της Ευκλείδειας Απόστασης θα υπολογιστεί η απόσταση των σημείων σε εικονοστοιχεία. Οι αποστάσεις των ζευγαριών, θα διαιρεθούν με τον αριθμό των στοιχείων ανά χιλιοστόμετρο και το αποτέλεσμα θα είναι οι αποστάσεις σε πραγματικά χιλιοστόμετρα. Από αυτές, μπορούμε να υπολογίσουμε τον μέσο όρο των αποστάσεων ανάμεσα στα τοιχώματα.

Ο υπολογισμός του εμβαδού της περιοχής της πλάκας γίνεται με την μέθοδο Shoelace και της βιβλιοθήκης της Python, Numpy. Ο ιατρός μπορεί να επιλέξει όσα σημεία χρειάζεται για σχεδιάσει την εικόνα της περιμέτρου της πλάκας. Μέσω των σημείων και της μεθόδου Shoelace, υπολογίζεται το εμβαδόν της περιοχής που επιλέχθηκε σε εικονοστοιχεία. Ο αριθμός αυτός θα διαιρεθεί με τον αριθμό των στοιχείων ανά χιλιοστόμετρο και το αποτέλεσμα θα είναι το εμβαδόν σε πραγματικά χιλιοστόμετρα[22].

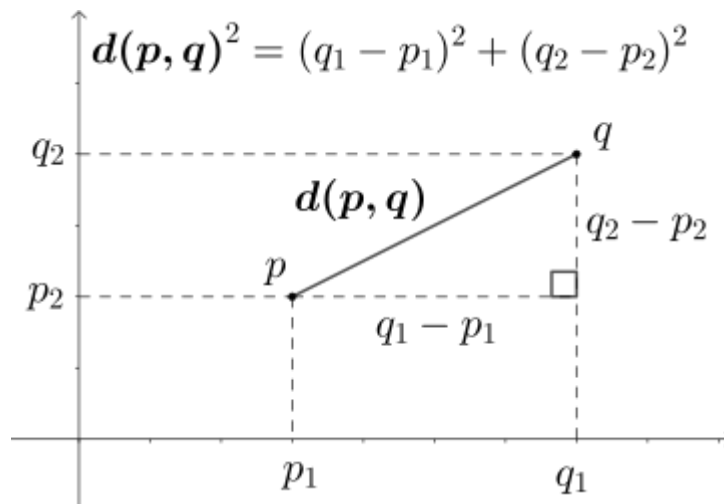


Εικόνα 3.2 – Φόρμουλα Shoelace [22]

3.3 Λειτουργία: Normalization to a standard pixels/mm

Η τρίτη λειτουργία είναι το “Normalization to a standard pixels/mm”, δηλαδή η μετατροπή της εικόνας σε ένα σταθερό αριθμό εικονοστοιχείων ανά χιλιοστόμετρο. Αυτή η λειτουργία είναι εφαρμόσιμη τόσο στην αρχική εικόνα του υπερηχογραφήματος της καρωτίδας, όσο και στην εικόνα της καρωτιδικής πλάκας.

Όσο αφορά την αρχική εικόνα του υπερήχου της καρωτίδας, για να λειτουργήσει η μετατροπή, ο ιατρός πρέπει να ορίσει την κλίμακα της εικόνας. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να δηλώσει την απόσταση σε χιλιοστά μεταξύ δύο επιλεγμένων εικονοστοιχείων της εικόνας. Μόλις γίνει αυτό, το σύστημα υπολογίζει την απόσταση των δύο σημείων σε εικονοστοιχεία, χρησιμοποιώντας την Ευκλείδεια Απόσταση [7] .



Εικόνα 3.3 – Υπολογισμός της απόστασης μεταξύ δύο σημείων p και q , χρησιμοποιώντας τον τύπο της Ευκλείδειας Μετρικής [28].

Στη συνέχεια, αφού βρει το αποτέλεσμα αυτής της απόστασης, το διαιρεί με τον αριθμό των χιλιοστών που είχε δηλώσει ο ιατρός προηγουμένως. Έτσι, βρίσκει τον αριθμό των εικονοστοιχείων ανά χιλιοστόμετρο (pixels per millimeter). Τέλος, μετατρέπει την ανάλυση της εικόνας σε ένα σταθερό αριθμό, ο οποίος είναι 20 εικονοστοιχεία ανά χιλιοστόμετρο.

Αφού ακολουθηθεί αυτή η διαδικασία, εμφανίζεται η νέα παραγόμενη εικόνα στην οθόνη και στον ιατρό.

Για την περίπτωση της εικόνας της καρωτιδικής πλάκας, δίνονται τρεις επιλογές στον ιατρό:

- Κανονικοποίηση σε 10 εικονοστοιχεία ανά χιλιοστόμετρο
- Κανονικοποίηση σε 15 εικονοστοιχεία ανά χιλιοστόμετρο
- Κανονικοποίηση σε 20 εικονοστοιχεία ανά χιλιοστόμετρο

Το συγκεκριμένο κομμάτι της λειτουργίας υλοποιήθηκε στα πλαίσια της ατομικής διπλωματικής εργασίας της συμφοιτήτριας μου Ραφαέλλας Σπύρου. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις μετρήσεις, μπορείτε να ανατρέξετε στην συγκεκριμένη εργασία.

3.4 Λειτουργία: Image Crop

Η τέταρτη λειτουργία είναι η “Image Crop” και παρέχει την δυνατότητα επιλογής και αποκοπής της περιοχής της πλάκας από την εικόνα του Υπέρηχου.

Η συγκεκριμένη λειτουργία υλοποιήθηκε στα πλαίσια της ατομικής διπλωματικής εργασίας της συμφοιτήτριας μου Ραφαέλλας Σπύρου. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις μετρήσεις, μπορείτε να ανατρέξετε στην συγκεκριμένη εργασία.

3.5 Λειτουργία: Features Extraction

Η πέμπτη λειτουργία είναι η Feature Extraction. Η λειτουργία αυτή αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τον υπολογισμό διαφόρων παραμέτρων σχετικά με την υφή της πλάκας.

Η λειτουργία αυτή υλοποιήθηκε στα πλαίσια της ατομικής διπλωματικής εργασίας της συμφοιτήτριας μου Ραφαέλλας Σπύρου. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις μετρήσεις, μπορείτε να ανατρέξετε στην συγκεκριμένη εργασία.

Κεφάλαιο 4

Επεξήγηση συστήματος

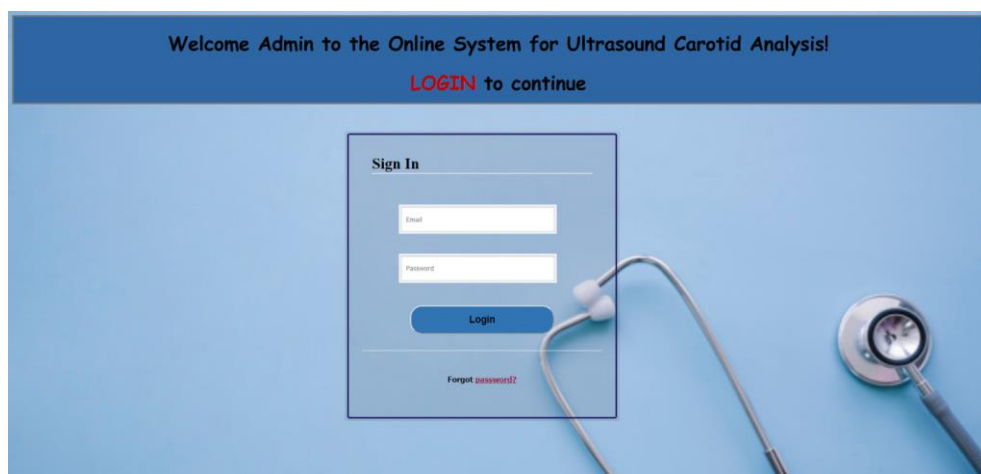
4.1 Εγγραφή ιατρού στο σύστημα	20
4.2 Σύνδεση ιατρού στο σύστημα	23
4.3 Αποστολή νέου κωδικού	24
4.4 Κυρίως Μενού	25
4.4.1 Ασθενείς	26
4.4.2 Αρχείο	29
4.4.2.1 Αναφορά IMT μετρήσεων	30
4.4.2.2 Αναφορά μετρήσεων της πλάκας	31
4.4.3 Εγχειρίδιο χρήσης	31
4.4.3 Ρυθμίσεις	31
4.4.3.1 Προβολή και Επεξεργασία Προσωπικών Δεδομένων	32
4.4.3.2 Αλλαγή Κωδικού Πρόσβασης	33
4.4.4 Έξοδος	34
4.5 Λειτουργίες	35
4.5.1 Image Histogram Normalization	35
4.5.2 Image Scale Definition / Measurements	39
4.5.3 Normalization to a standard pixels/mm	43
4.5.4 Image Crop	46
4.5.5 Features Extraction	46
4.6 Στοιχεία Ασθενή	46

4.1 Εγγραφή ιατρού στο σύστημα

Για να μπορέσει κάποιος γιατρός να χρησιμοποιήσει το σύστημα πρέπει απαραίτητα να είναι εγγεγραμμένος και να έχει το δικό του λογαριασμό.

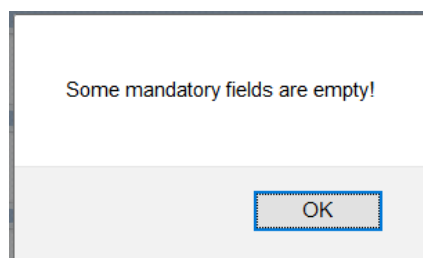
Ένας λογαριασμός μπορεί να δημιουργηθεί μόνο από κάποιον διαχειριστή του συστήματος, έτσι ώστε να αποφεύγονται προβλήματα και να διαφυλάσσονται τα ιατρικά δεδομένα, σε περίπτωση που κάποιος προσπαθήσει να εγγραφεί σαν ιατρός χωρίς να είναι.

Επομένως, για την εγγραφή του ιατρού, ο διαχειριστής συνδέεται στο σύστημα από την δική του ξεχωριστή σελίδα σύνδεσης (Εικόνα 4.1), στην ηλεκτρονική διεύθυνση http://173.249.18.105:8000/admin_login/, και στην συνέχεια πρέπει να συμπληρώσει μια φόρμα (Εικόνα 4.2) με τα στοιχεία του νέου γιατρού. Τα στοιχεία με αστερίσκο (*) είναι απαραίτητα να συμπληρωθούν, και σε περίπτωση που κάποιο πεδίο παραμείνει άδειο και ο διαχειριστής προσπαθήσει να υποβάλει την εγγραφή του γιατρού στο σύστημα, εμφανίζεται προειδοποιητικό μήνυμα (Εικόνα 4.3) , για τη συμπλήρωσή τους. Υποβάλλοντας την φόρμα μέσω του κουμπιού στο πάνω αριστερό μέρος της σελίδας, ο γιατρός προστίθεται στο σύστημα.



Εικόνα 4.1 – Σελίδα σύνδεσης διαχειριστή στο σύστημα.

Εικόνα 4.2 – Φόρμα εγγραφής νέου ιατρού στο σύστημα. Με την ένδειξη * προβάλλονται τα υποχρεωτικά πεδία συμπλήρωσης. Το πρώτο κουμπί στο πάνω αριστερό μέρος της σελίδας ανατρέχει στην προηγούμενη σελίδα, το δεύτερο αποθηκεύει τα στοιχεία του ιατρού στη βάση δεδομένων και το τρίτο ανανεώνει τη σελίδα σε περίπτωση λάθους.



Εικόνα 4.3 – Εμφάνιση προειδοποιητικού μηνύματος, σε περίπτωση παράληψης συμπλήρωσης όλων των υποχρεωτικών (*) πεδίων.

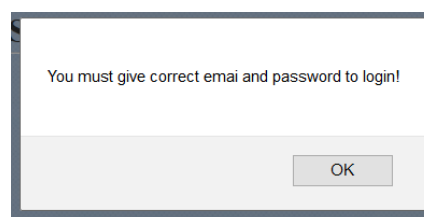
4.2 Σύνδεση ιατρού στο σύστημα

Για να χρησιμοποιήσει κάποιος γιατρός το σύστημα, πρέπει πρώτα να συνδεθεί από τον λογαριασμό του. Πηγαίνοντας στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://173.249.18.105:8000/login> θα εμφανιστεί η σελίδα για να γίνει η σύνδεση (Εικόνα 4.3). Με την χρήση της διεύθυνσης του ηλεκτρονικού του ταχυδρομείου και

του σωστού μυστικού κωδικού ο χρήστης συνδέεται στο σύστημα και μεταφέρεται στη σελίδα <http://173.249.18.105:8000/menu>. Αν ο χρήστης δώσει μη έγκυρο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή κωδικό, τότε εμφανίζεται ενημερωτικό μήνυμα για εσφαλμένα στοιχεία (Εικόνα 4.5), και παραμένει στάσιμος στην ίδια σελίδα μέχρι να πληκτρολογήσει τα ορθά στοιχεία.



Εικόνα 4.4 – Σελίδα σύνδεσης ιατρού στο σύστημα.



Εικόνα 4.5 – Ενημερωτικό μήνυμα εσφαλμένων στοιχείων κατά τη σύνδεση.

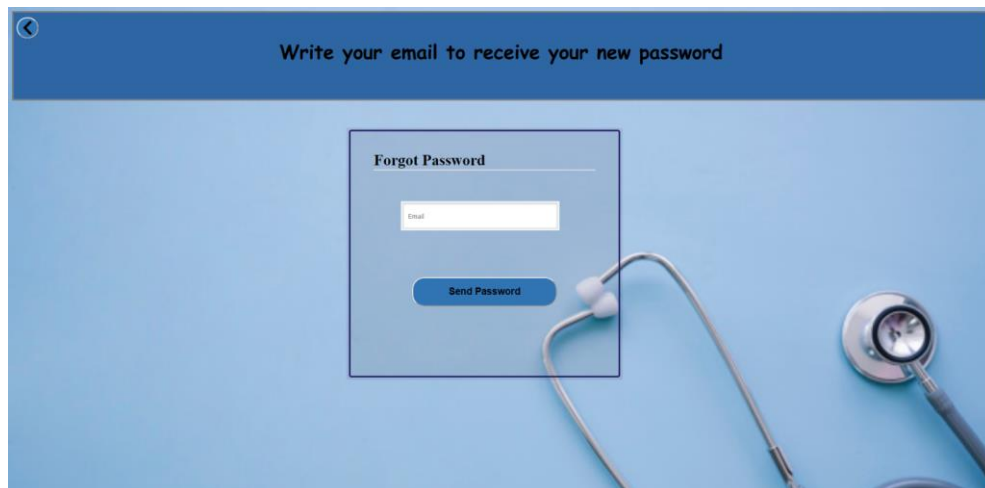
Σε περίπτωση που ο χρήστης ξεχάσει τον κωδικό του μπορεί να επιλέξει την επιλογή “Forgot Password” που φαίνεται στο κάτω μέρος της σελίδας στην εικόνα 4.4. Τότε, θα μεταφερθεί στην σελίδα http://173.249.18.105:8000/forgot_pass.

4.3 Αποστολή νέου κωδικού

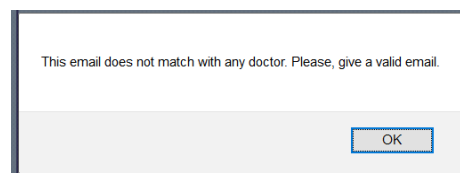
Στη σελίδα http://test/forgot_pass (Εικόνα 4.6) ο χρήστης μπορεί να λάβει νέο κωδικό για το σύστημα. Όταν ο χρήστης μεταφερθεί στην σελίδα http://test/forgot_pass, μπορεί να βάλει τη διεύθυνση του ηλεκτρονικού του ταχυδρομείου που είναι καταχωρημένη

στο σύστημα. Αν η διεύθυνση που έβαλε δεν υπάρχει στο σύστημα, τότε ο χρήστης παραμένει στάσιμος στην ίδια σελίδα και του εμφανίζεται προειδοποιητικό μήνυμα, έτσι ώστε να δηλώσει σωστά την ηλεκτρονική του διεύθυνση (Εικόνα 4.7).

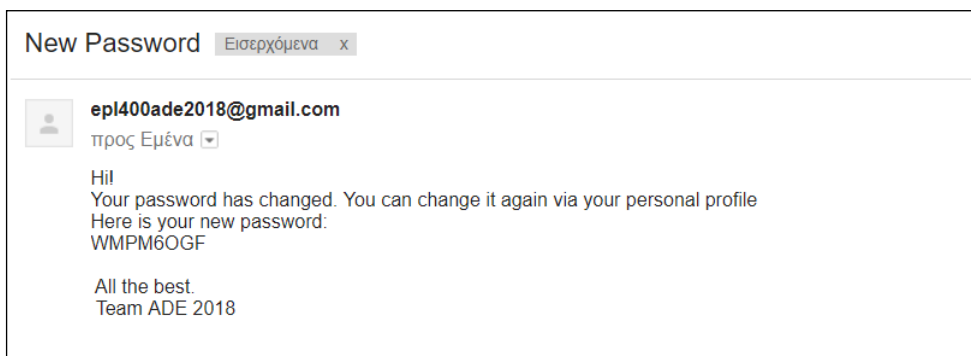
Αν η διεύθυνση υπάρχει στο σύστημα, τότε αποστέλλεται σε αυτή, ένα ηλεκτρονικό μήνυμα με ένα καινούριο, οκτα-ψήφιο κωδικό και ακολούθως μεταφέρεται στην Σελίδα Σύνδεσης (Εικόνα 4.4). Ο χρήστης καλείται να πληκτρολογήσει ξανά την ηλεκτρονική του διεύθυνση και να αντιγράψει τον αποσταλμένο κωδικό (Εικόνα 4.7), για να καταφέρει να συνδεθεί στο σύστημα. Η ηλεκτρονική διεύθυνση: epl400ade2018@gmail.com , έχει δημιουργηθεί στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας με σκοπό να αποστέλλει τους νέους κωδικούς πρόσβασης.



Εικόνα 4.6 – Σελίδα συστήματος, όπου ο ιατρός μπορεί να δηλώσει την ηλεκτρονική του διεύθυνση για να του σταλεί ηλεκτρονικό μήνυμα με ένα καινούριο κωδικό, σε περίπτωση που έχει ξεχάσει τον κωδικό που έχει δηλώσει.



Εικόνα 4.7 – Προειδοποιητικό μήνυμα, σε περίπτωση λανθασμένης ηλεκτρονικής διεύθυνσης.

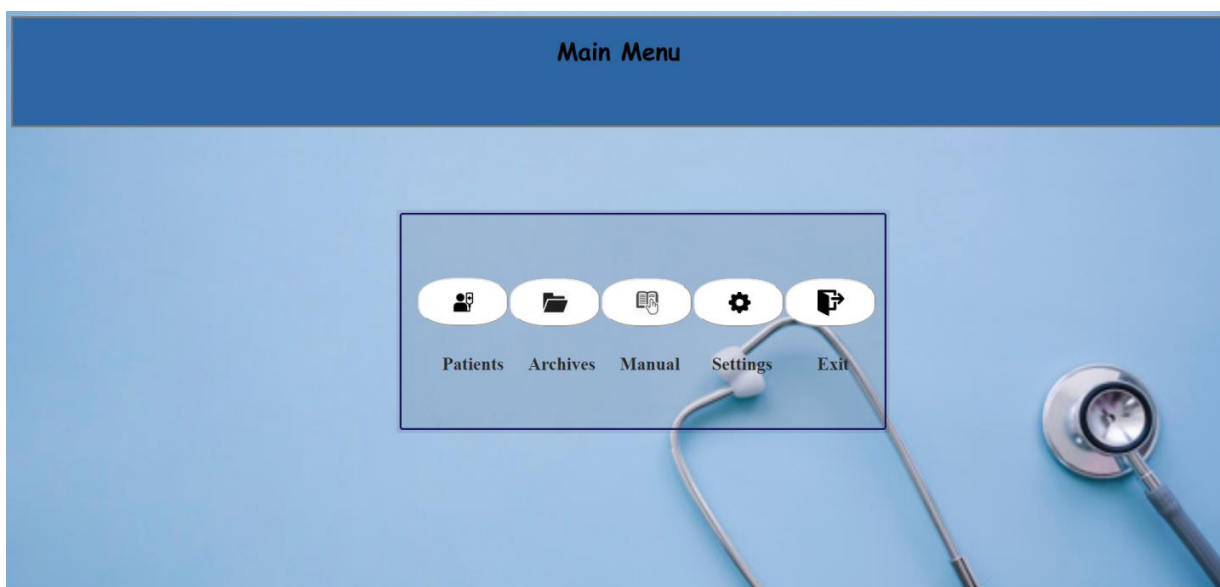


Εικόνα 4.9 – Ηλεκτρονικό μήνυμα με το νέο κωδικό του χρήστη, στη ηλεκτρονική του διεύθυνση.

4.4 Κυρίως Μενού

Στη σελίδα <http://173.249.18.105:8000/menu> υπάρχει το κυρίως μενού του συστήματος (Εικόνα 4.10). Η σελίδα προσφέρει τις εξής επιλογές:

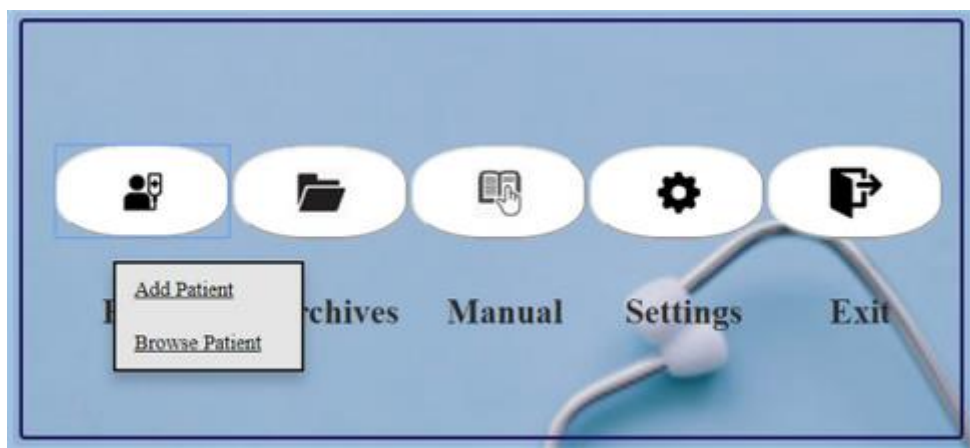
1. Patients
2. Archive
3. Manual
4. Settings
5. Exit



Εικόνα 4.10 – Σελίδα κεντρικού μενού συστήματος.

4.4.1 Ασθενείς

Επιλέγοντας “Patients”, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει είτε “Add Patient” είτε “Browse Patient” (Εικόνα 4.10).



Εικόνα 4.11 – Εμφάνιση επιλογών Προσθήκη ασθενή ή Αναζήτηση ασθενή.

Με το “Add Patient” ο γιατρός μεταφέρεται στη σελίδα http://173.249.18.105:8000/add_new_patient/. Τότε, εμφανίζεται ένα παράθυρο το οποίο ζητά την ταυτότητα του ασθενή (Εικόνα 4.12).

Λόγω του ότι το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλούς ιατρούς, ο κάθε ιατρός έχει τους δικούς του ασθενείς. Είναι όμως δυνατόν, ένας ασθενής να αλλάξει γιατρό και αυτός ο γιατρός χρειάζεται να έχει πρόσβαση στα στοιχεία του συγκεκριμένου ασθενή από τη βάση.

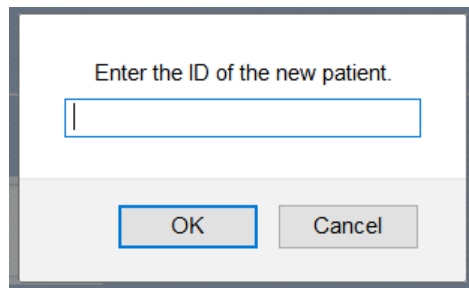
Γι’ αυτό το λόγο, σε αυτό το σημείο υπάρχουν δύο περιπτώσεις, είτε ο ασθενής υπάρχει ήδη στη βάση υπό την παρακολούθηση άλλου γιατρού, είτε είναι καινούριος ασθενής στο συνολικό σύστημα.

Αν ο ασθενής υπάρχει ήδη στη βάση, και παρακολουθείται από άλλο γιατρό, τότε εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα επιβεβαίωσης μαζί με τα καταχωρημένα στοιχεία του ασθενή στη βάση (Εικόνα 4.13).

Αν ο ασθενής δεν υπάρχει στη βάση, τότε εμφανίζεται η φόρμα με τα στοιχεία του νέου ασθενή, τα οποία ο γιατρός πρέπει να συμπληρώσει (Εικόνα 4.14).

Τα στοιχεία με αστερίσκο (*) είναι απαραίτητα να συμπληρωθούν, και αν κάποιο από αυτά παραμένει άδειο και ο ιατρός προσπαθήσει να υποβάλει την εγγραφή του ασθενή στο σύστημα, θα εμφανιστεί προειδοποιητικό μήνυμα (Εικόνα 4.3) , για την συμπλήρωση όλων των απαραίτητων πεδίων.

Υποβάλλοντας την φόρμα μέσω του κουμπιού στο πάνω αριστερό μέρος της σελίδας, ο ασθενής καταχωρείται στην βάση δεδομένων του συστήματος, αν δεν υπάρχει, και δημιουργείται συσχέτιση του ασθενή με τον γιατρό.



Enter the ID of the new patient.

OK Cancel

Εικόνα 4.12 – Παράθυρο εισαγωγής ταυτότητας νέου ασθενή.

The ID already exists. The details of the corresponding patient is shown below.

If you want other patient you must give a different ID.Do you really want to add this patient in your folder?

YES **NO**

Patient ID	123450
Nat. Healthcare ID	
First Name	Andreas
Last Name	Savva
Gender	
Date of Birth	Aug. 13, 1964
Address	Grigori Afentiou
Street No.	42
Post code	8512
Province	Kamaries
City	Larnaca
Country	Cyprus
Telephone	99999999
Email	

Εικόνα 4.13 – Ενημερωτική φόρμα ότι ο συγκεκριμένος ασθενής ήδη υπάρχει στη βάση.

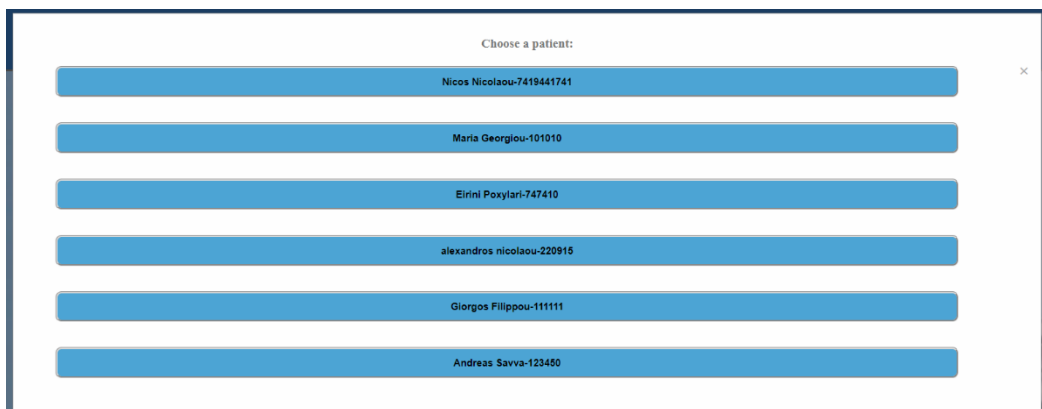
Addition of a New Patient

Patient's Information

Patient ID*		Nat. Healthcare ID	
First Name*		Last Name*	
Birth Date*	/ /	Gender*	Male
Address		Street No.	
Province		Post code	
City		Country	
Telephone*		Email	

Εικόνα 4.14 – Φόρμα εγγραφής νέου ασθενή στο σύστημα. Με την ένδειξη * προβάλλονται τα υποχρεωτικά πεδία συμπλήρωσης.

Αν ο ασθενής είναι ήδη καταχωρημένος στο συγκεκριμένο γιατρό, τότε ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το “Browse Patient” και ένα παράθυρο με τους διαθέσιμους ασθενείς θα εμφανιστεί (Εικόνα 4.15). Αφού επιλεγθεί κάποιος ασθενής, ο χρήστης μεταφέρεται στην σελίδα των Λειτουργιών(Εικόνα 4.25).

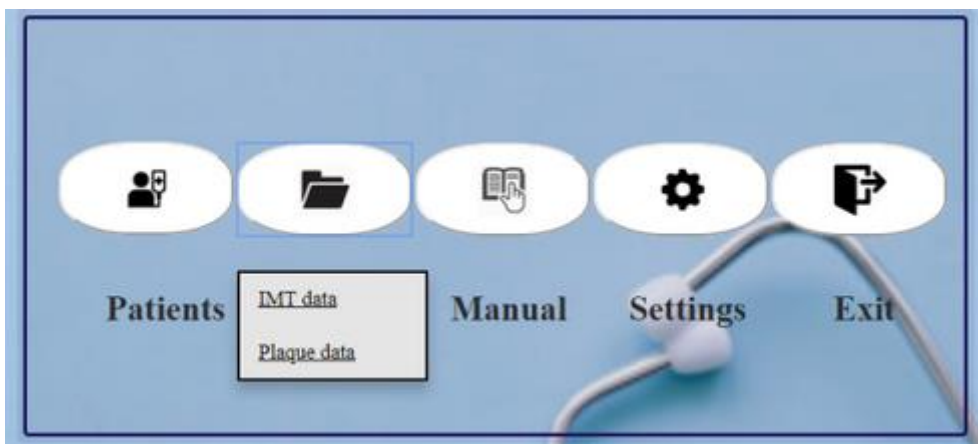


Εικόνα 4.15 – Διαθέσιμοι ασθενείς του συγκεκριμένου γιατρού.

4.4.2 Αρχείο

Το κουμπί “Archives”, δίνει στο χρήστη τις επιλογές “IMT data” και “Plaque data”.

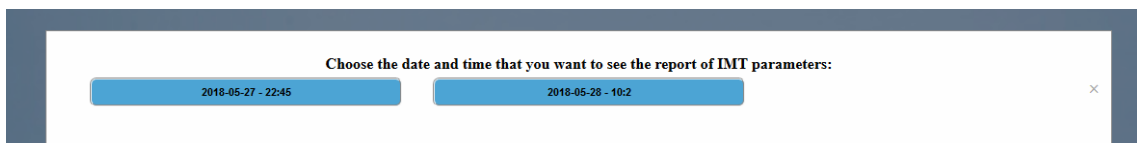
Η πρώτη επιλογή δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δει τις μετρήσεις που έκανε για κάποιο ασθενή, σχετικά με το Intima Media Thickness, ενώ η επιλογή “Plaque data” του δίνει την επιλογή να δει τις μετρήσεις ενός συγκεκριμένου ασθενή που αφορούν την αθηρωματική πλάκα (Εικόνα 4.16).



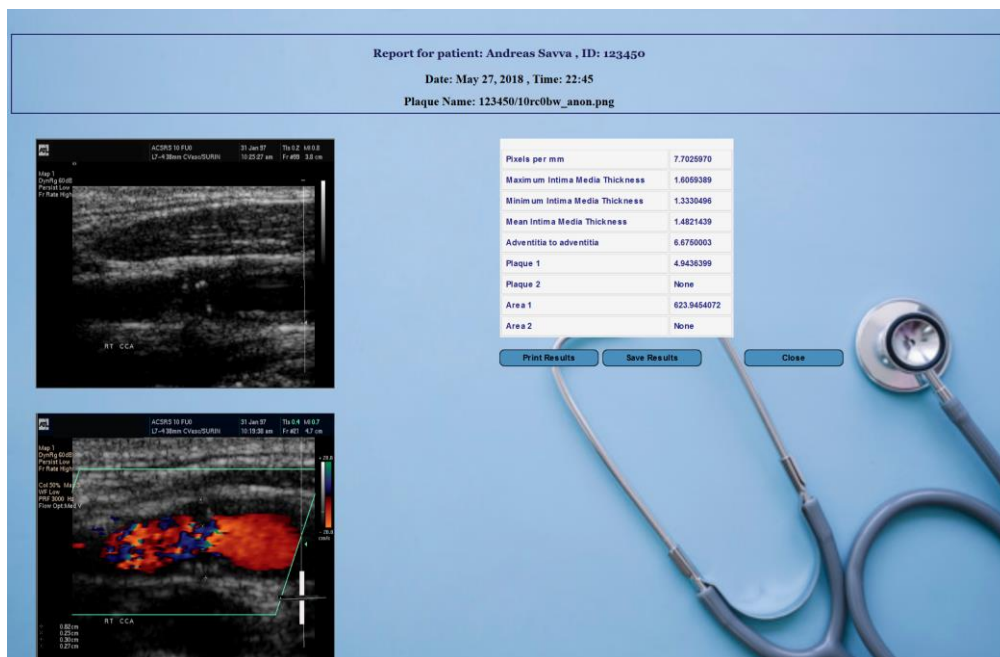
Εικόνα 4.16 – Εμφάνιση επιλογών IMT δεδομένα και Δεδομένα πλάκας.

5.4.2.1 Αναφορά IMT μετρήσεων

Με την επιλογή του κουμπιού “IMT data”, εμφανίζεται ένα παράθυρο στον ιατρό για την επιλογή του ασθενή του οποίου θέλει να δει τις προηγούμενες μετρήσεις του IMT(Εικόνα 4.15). Ακολούθως, εμφανίζεται ακόμα ένα παράθυρο με τις ημερομηνίες και τον ακριβή χρόνο που έχουν γίνει επεξεργασία στις εικόνες του ασθενή (Εικόνα 4.17). Επιλέγοντας την επιθυμητή ημερομηνία, εμφανίζεται στην οθόνη μια αναφορά με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθώς και εικόνες από τις οποίες λήφθηκαν οι μετρήσεις. (Εικόνα 4.18)



Εικόνα 4.17 – Εμφάνιση διαθέσιμων μετρήσεων, κατά ημερομηνία και ώρα επεξεργασίας.



Εικόνα 4.18 – Αναφορά με τις μετρήσεις του IMT του ασθενή Andrea Savva με ταυτότητα 123450

Στην σελίδα της αναφοράς, ο ιατρός μπορεί να εκτυπώσει την αναφορά με το κουμπί “Print Results” ή να αποθηκεύσει τις μετρήσεις στον υπολογιστή του με το κουμπί

“Save Results”. Με την επιλογή “Close”, ο ιατρός μεταφέρεται πίσω στην σελίδα του Μενού.

4.4.2.2 Αναφορά μετρήσεων της πλάκας

Με την επιλογή του κουμπιού “Plaque data”, εμφανίζεται ένα παράθυρο στον ιατρό για την επιλογή του ασθενή του οποίου θέλει να δει τις μετρήσεις της πλάκας.

Η αναφορά αυτή, είναι μέρος της διπλωματικής εργασίας της Ραφαέλλας Σπύρου, οπότε για σχετικές διευκρινήσεις πρέπει να ανατρέξετε στην συγκεκριμένη εργασία.

4.4.3 Εγχειρίδιο

Με την επιλογή του κουμπιού “Manual” ο χρήστης μπορεί να κατεβάσει στον προσωπικό του υπολογιστή ένα εγχειρίδιο χρήσης, γραμμένο στα αγγλικά, τύπου PDF.



Εικόνα 4.19 – Εγχειρίδιο χρήσης

4.4.4 Ρυθμίσεις

Η επιλογή “Settings” δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να δει τα προσωπικά του στοιχεία, “View Profile”, ή να αλλάξει τον κωδικό πρόσβασης του στο σύστημα “Change Password” (Εικόνα 4.19).



Εικόνα 4.20 – Εμφάνιση επιλογών Προβολής Προφίλ ή Αλλαγής Κωδικού.

4.4.3.1 Προβολή και Επεξεργασία Προσωπικών Δεδομένων

Πατώντας την επιλογή “View Profile”, ο χρήστης μεταφέρεται στην σελίδα του προφίλ του, όπου και μπορεί να δει τα στοιχεία του (Εικόνα 4.21). Επιλέγοντας το εικονίδιο που βρίσκεται στα δεξιά του τίτλου “Doctor’s Information”, μπορεί να κάνει τροποποιήσεις στα στοιχεία του που είναι καταχωρημένα στο σύστημα (Εικόνα 4.19). Όταν τελειώσει με την επεξεργασία των στοιχείων, πρέπει να επιλέξει το κουμπί αποθήκευσης (δεύτερο κουμπί πάνω αριστερά), και εμφανίζεται ένα ενημερωτικό μήνυμα ότι οι αλλαγές έγιναν σωστά (Εικόνα 4.20). Σε περίπτωση παράλειψης συμπλήρωσης ενός υποχρεωτικού πεδίου, τότε εμφανίζεται κατάλληλο προειδοποιητικό μήνυμα (Εικόνα 4.2).

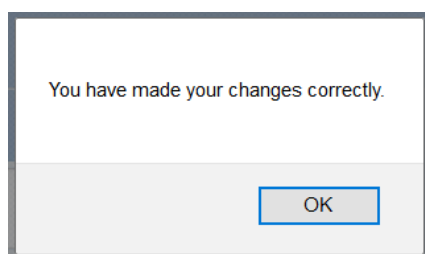
Doctor's Information	
Doctor ID	123456
National Doctor ID	
First Name	Stavros
Last Name	Stamatopoulos
Gender	Male
Date of Birth	Nov. 6, 1972
Address	
Street No.	6
Post code	
Province	
City	Larnaca
Country	Cyprus
Telephone	99999999
Email	stamatop.stavros@gmail.com

Εικόνα 4.21 – Σελίδα προβολής στοιχείων ιατρού.

Doctor's Information

Doctor ID*	123456	National Doctor ID	
First Name*	Stavros	Last Name*	Stamatopoulos
Birth Date*	8/11/1972	Gender*	Male
Address	Axeaspolis	Street No.	56
Province		Post code	
City	Larnaca	Country	Cyprus
Telephone*	9999999	Email	stamatop.stavros@gmail.com

Εικόνα 4.22 – Σελίδα επεξεργασίας στοιχείων ιατρού.

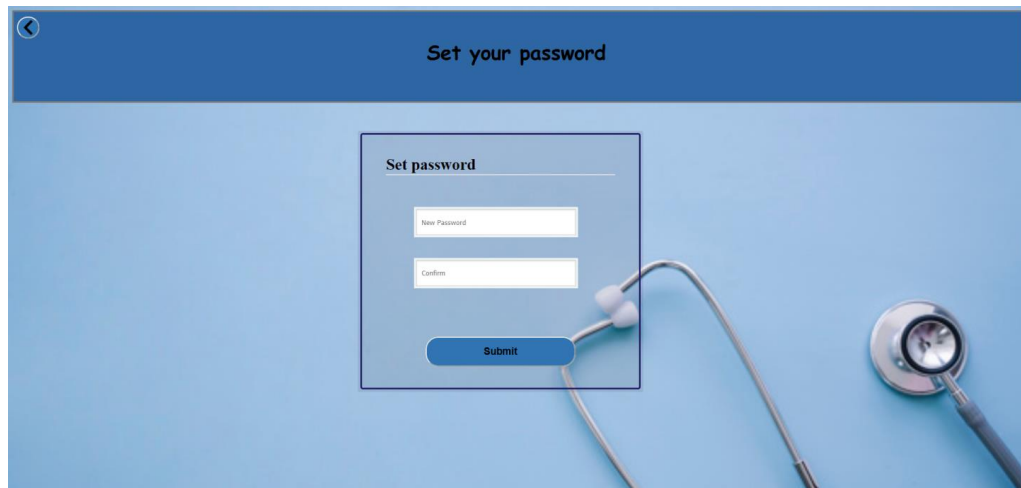


Εικόνα 4.23 – Ενημερωτικό μήνυμα σωστής επεξεργασίας στοιχείων ιατρού.

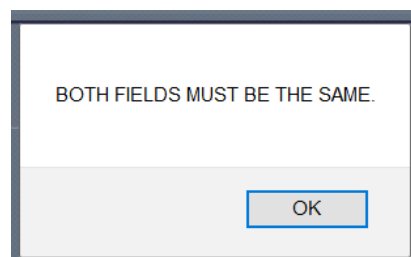
4.4.3.2 Αλλαγή Κωδικού Πρόσβασης

Η επιλογή “Change Password” μεταφέρει τον χρήστη στην σελίδα που φαίνεται στην Εικόνα 4.24. Από εκεί, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τον κωδικό πρόσβασης του στο σύστημα. Στα πεδία New Password και Confirm ο χρήστης βάζει τον καινούριο κωδικό.

Ο κωδικός πρέπει να είναι ο ίδιος και στα δύο πεδία για να γίνει η αλλαγή. Αν τα δύο πεδία είναι διαφορετικά, τότε ένα προειδοποιητικό μήνυμα εμφανίζεται στην οθόνη, ώστε να ξαναδοθεί σωστά ο κωδικός (Εικόνα 4.22). Μόλις γίνει η αλλαγή του κωδικού, ο χρήστης μεταφέρεται στο Κυρίως Μενού (Εικόνα 4.14).



Εικόνα 4.24 – Σελίδα αλλαγής κωδικού πρόσβασης.



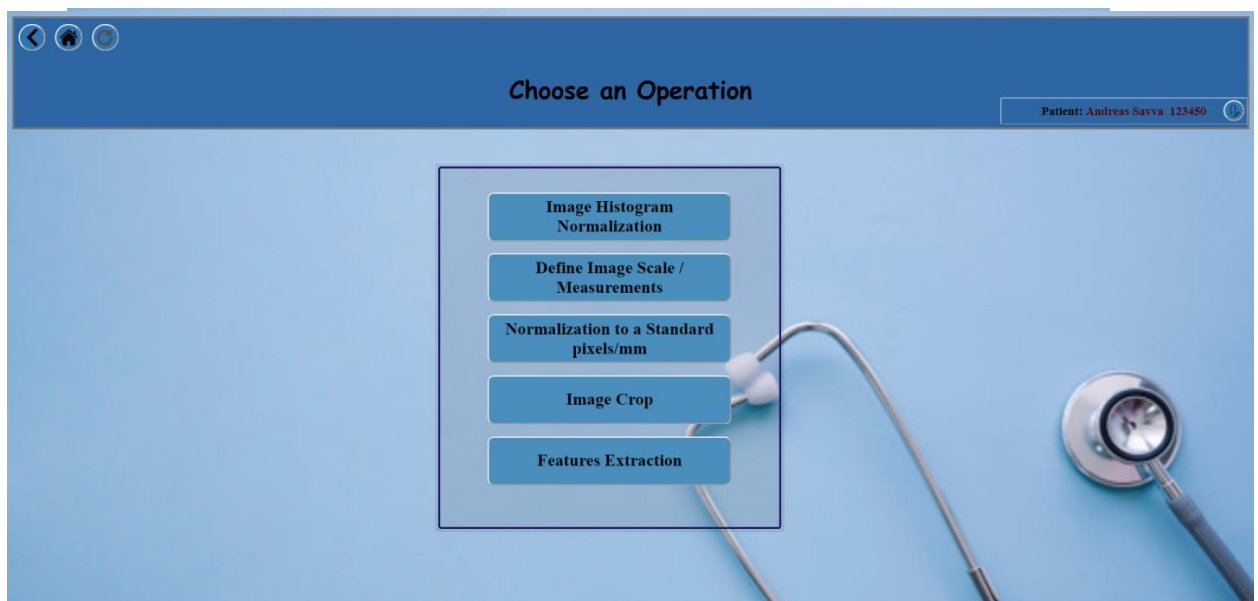
Εικόνα 4.25 – Προειδοποιητικό μήνυμα για τη σωστή πληκτρολόγηση του νέου κωδικού πρόσβασης και στα δύο πεδία.

4.4.4 Έξοδος

Όταν ο χρήστης επιλέξει το “Exit”, αποσυνδέεται από το λογαριασμό του, αποχωρεί από το σύστημα και επιστρέφει πίσω στη Σελίδα Σύνδεσης (Εικόνα 4.4).

4.5 Λειτουργίες

Όταν ο γιατρός επιλέξει ένα ασθενή, ή μόλις εγγράψει ένα νέο ασθενή, εμφανίζεται στο σύστημα μια σελίδα για να επιλέξει τη λειτουργία που θέλει να εκτελέσει (Εικόνα 4.26). Σε αυτή τη σελίδα, όπως και στις σελίδες όλων των λειτουργιών, εμφανίζονται όνομα, επίθετο και αριθμός ταυτότητας του ασθενή του οποίου ο γιατρός επεξεργάζεται τις υπερηχητικές εικόνες. Επιλέγοντας το εικονίδιο, δίπλα από τα στοιχεία του, ο γιατρός μπορεί να δει ή να επεξεργαστεί τα δεδομένα του ασθενή (βλ. 4.)



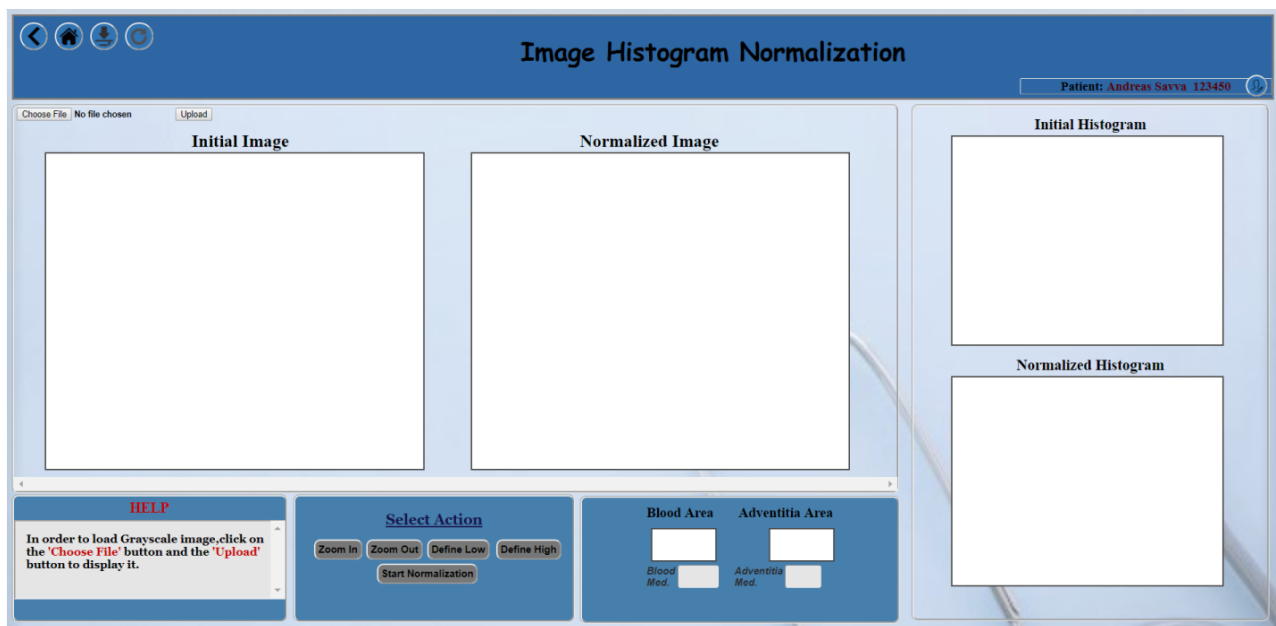
Εικόνα 4.26 – Σελίδα με τις λειτουργίες του συστήματος.

4.5.1 Image Histogram Normalization

Η κανονικοποίηση του ιστογράμματος μιας εικόνας υπερηχογραφήματος μπορεί να γίνει μέσω αυτής της λειτουργίας. Μέσω της κανονικοποίησης, ή αλλιώς του τεντώματος του ιστογράμματος, τα χαρακτηριστικά της εικόνας μπορούν να έρθουν σε επίπεδα πιο οικεία προς τις αισθήσεις του ανθρώπου.

Η σελίδα του προγράμματος για την συγκεκριμένη λειτουργία παρουσιάζεται στην εικόνα 4.27.

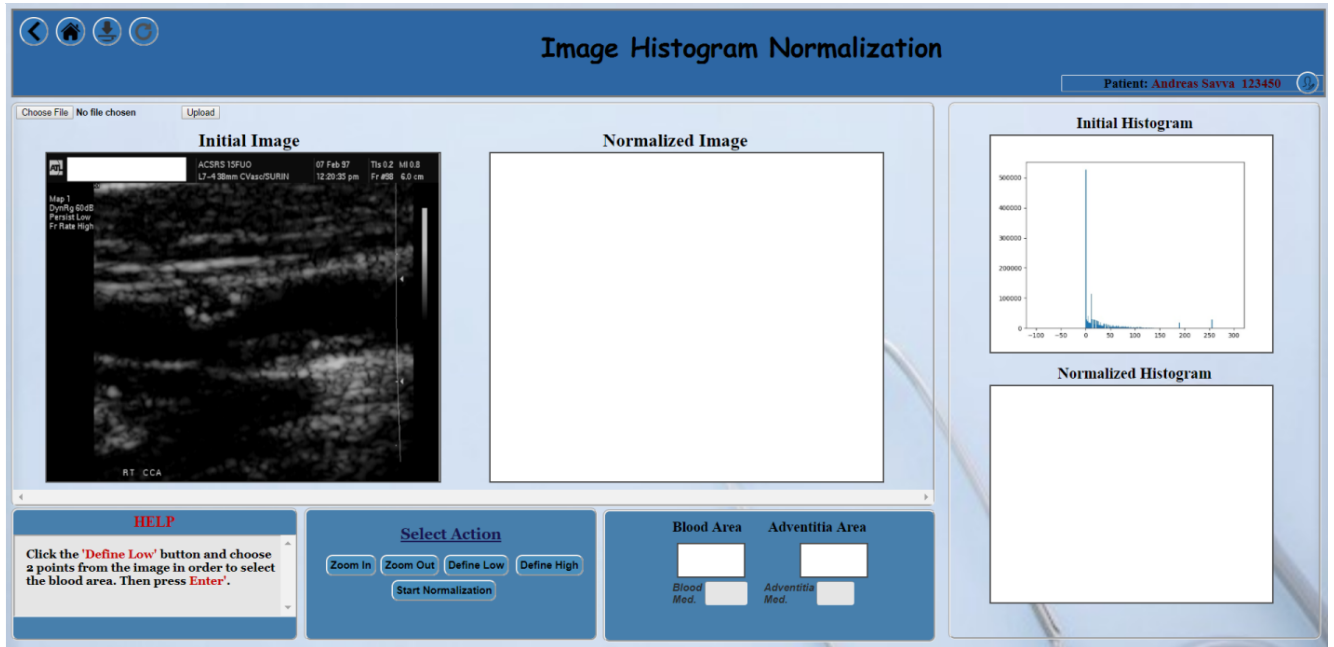
Όπως φαίνεται, στο κύριο μέρος της σελίδας υπάρχουν δύο καμβάδες στους οποίους θα τοποθετηθούν η αρχική εικόνα και η κανονικοποιημένη εικόνα. Στο πλάι, υπάρχει χώρος για την τοποθέτηση των ιστογραμμάτων της αρχικής και κανονικοποιημένης εικόνας. Στο κάτω μέρος της σελίδας, υπάρχει στα αριστερά ένα βοηθητικό κουτί, που εξηγεί στο χρήστη τι πρέπει να κάνει σε κάθε βήμα. Αυτό το βοήθημα υπάρχει στις σελίδες όλων των λειτουργιών του συστήματος. Στο κεντρικό κάτω μέρος, εμφανίζονται οι ενέργειες που μπορεί να κάνει ο χρήστης στην αρχική εικόνα. Τα κουμπιά, όπως παρουσιάζονται στην εικόνα, δεν μπορούν να επιλεγθούν, μέχρι να γίνει η φόρτωση της εικόνας από το χρήστη. Στο τελευταίο τμήμα της σελίδας, παρουσιάζονται δύο καμβάδες στους οποίους θα τοποθετηθούν τα σημεία αναφοράς που θα επιλέξει ο χρήστης, του αίματος και του ιστού, μαζί με τη μέση φωτεινότητα κάθε σημείου.



Εικόνα 4.27 – Σελίδα κανονικοποίησης εικόνας και ιστογράμματος.

Αρχικά, ο χρήστης πρέπει να φορτώσει μία εικόνα στο σύστημα. Όταν η εικόνα εμφανιστεί στον καμβά Initial Image, τότε αυτόματα εμφανίζεται το ιστόγραμμα της

στο δεξί μέρος της οθόνης, στον αντίστοιχο καμβά Initial Histogram και ενεργοποιούνται τα κουμπιά στο τμήμα του “Select Action” (Εικόνα 4.28).



Εικόνα 4.28 – Φόρτωση αρχικής εικόνας και ιστογράμματος και ενεργοποίηση των κουμπιών.

Ακολούθως, ο χρήστης πρέπει να εκτελέσει τα πιο κάτω βήματα:

1. Επιλογή του κουμπιού “Define Low”.
2. Επιλογή δύο σημείων στην εικόνα, τα οποία περιέχουν όσο το δυνατό λιγότερο θόρυβο και αντιστοιχούν στην περιοχή αίματος. Πάτημα του κουμπιού Enter.
3. Επιλογή του κουμπιού “Define High”.
4. Επιλογή δύο σημείων στην εικόνα, τα οποία περιέχουν όσο το δυνατό περισσότερο ιστό και αντιστοιχούν στην περιοχή adventitia δίπλα στην πλάκα. Πάτημα του κουμπιού Enter.
5. Επιλογή του κουμπιού “Start Normalization”.

Σημείωση 1: Τα σημεία που θα επιλεγθούν δεν πρέπει να βρίσκονται στην ίδια οριζόντια ή κάθετη γραμμή.

Σημείωση 2: Κατά την επιλογή των κουμπιών “Define Low” και “Define High”, ο δρομέας γίνεται σταυρός και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τα σημεία που του ζητούνται.

Σημείωση 3: Κατά την εκτέλεση των βημάτων 2 και 4, η λειτουργία Zoom in/Zoom out είναι πολύ σημαντική, καθώς μπορεί να δώσει καταλληλότερα σημεία ως Low και High για πιο ακριβή αποτελέσματα.

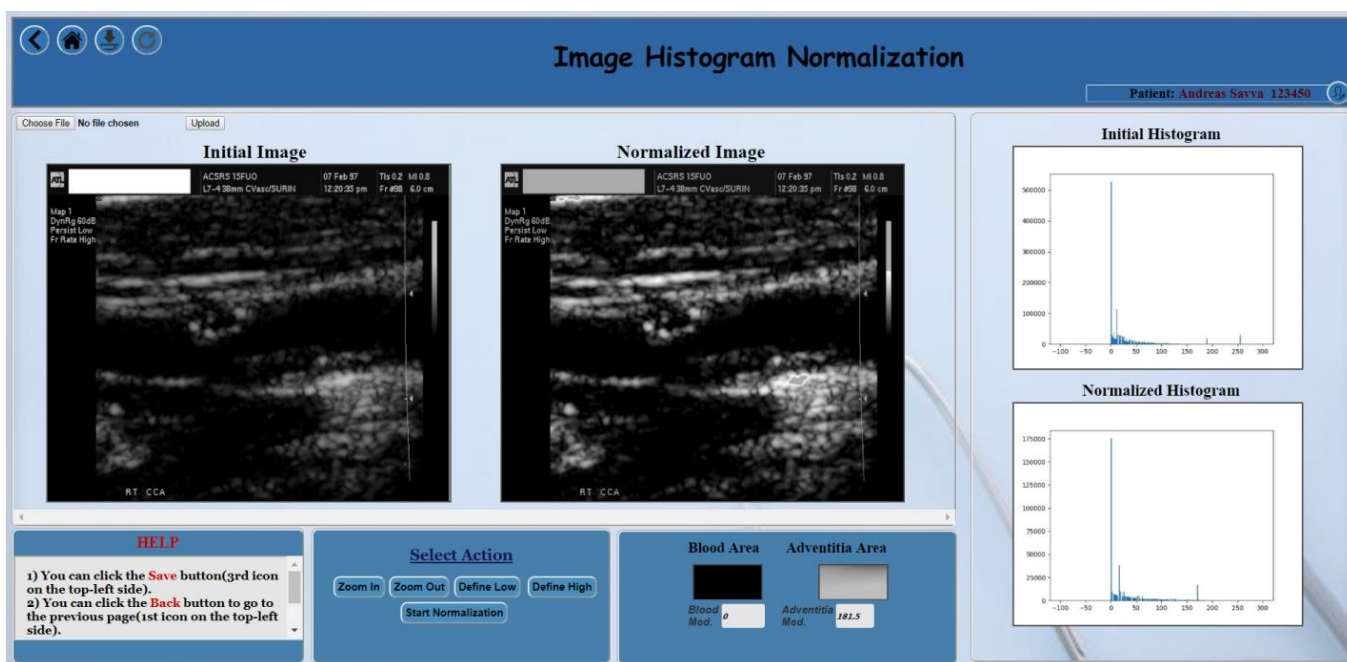
Σημείωση 4: Όταν πατηθεί το Enter (κατά τα βήματα 2 και 4), εμφανίζονται τα σημεία που επέλεξε μαζί με τη μέση φωτεινότητα στις περιοχές Blood Area και Adventitia Area αντίστοιχα.

Σημείωση 5: Κατά την επιλογή σημείων τόσο στο βήμα 2 όσο και στο βήμα 4, ο γιατρός έχει την δυνατότητα να διαγράψει ένα σημείο το οποίο επέλεξε λανθασμένα, πατώντας το κουμπί ‘d’ (‘delete’) από το πληκτρολόγιο. Έτσι το τελευταίο επιλεγμένο σημείο σβήνεται αυτόματα από την οθόνη.

Όταν εκτελεστεί το βήμα 5, αρχίζει η κανονικοποίηση εικόνας και ιστογράμματος. Η καινούρια κανονικοποιημένη εικόνα εμφανίζεται στον καμβά Normalized Image και το κανονικοποιημένο ιστόγραμμα εμφανίζεται στον καμβά Normalized Histogram (Εικόνα 4.29). Ταυτόχρονα, αποθηκεύονται στον υπολογιστή του χρήστη μέσα σε φάκελο που δημιουργείται αυτόματα από το σύστημα, με όνομα την ταυτότητα του συγκεκριμένου ασθενή.

Για να γίνει αποθήκευση των αποτελεσμάτων στη βάση δεδομένων, κάτω από το ασθενή, ο γιατρός πρέπει να επιλέξει το τρίτο κουμπί στο πάνω αριστερά μέρος της σελίδας.

Με την επιλογή του πρώτου κουμπιού στο πάνω αριστερά μέρος της σελίδας, μπορεί να μεταφερθεί στην προηγούμενη σελίδα, όπου έχει την δυνατότητα να επιλέξει τη λειτουργία που θέλει να εκτελέσει. Με την επιλογή του δεύτερου κουμπιού μπορεί να μεταφερθεί στο αρχικό μενού του συστήματος. Το τέταρτο κουμπί, μπορεί να το χρησιμοποιήσει για να κάνει ανανέωση της σελίδας, σε περίπτωση λάθους. Τα τέσσερα αυτά κουμπιά εμφανίζονται σε κάθε λειτουργία του προγράμματος.

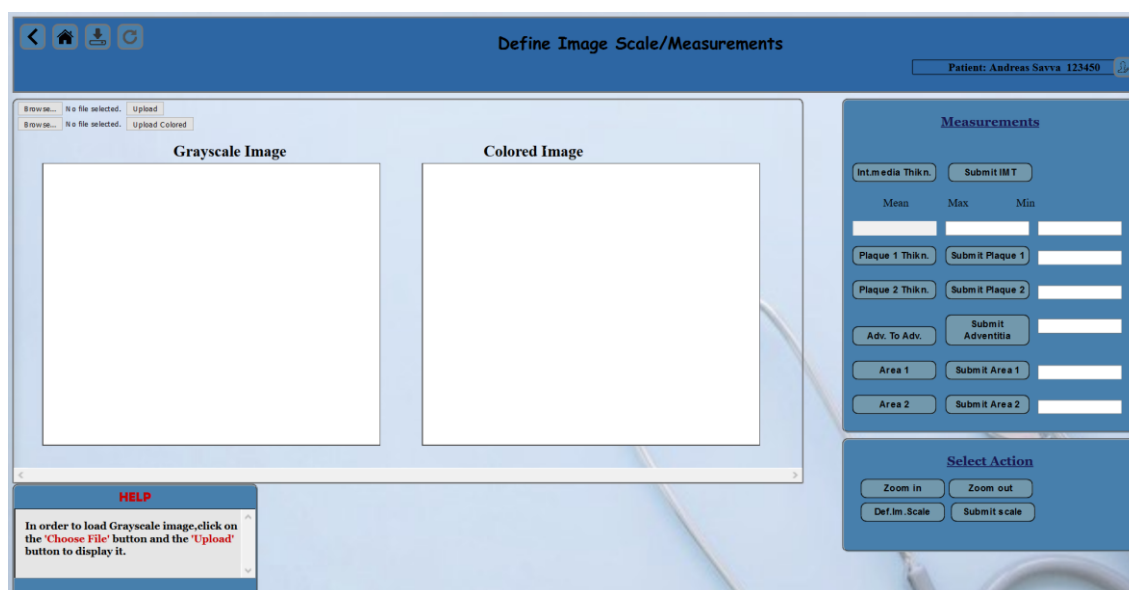


Εικόνα 4.29 – Υπολογισμός και παρουσίαση της κανονικοποιημένης εικόνας και του κανονικοποιημένου ιστογράμματος.

4.5.2 Define Image Scale / Measurements

Μέσω αυτής της σελίδας μπορούν να γίνουν κάποιες μετρήσεις, όπως το πάχος των εσωτερικών τοιχωμάτων των αρτηριών (Intima Media Thickness), της πλάκας, την απόσταση μεταξύ των τοιχωμάτων μίας αρτηρίας ή το εμβαδόν της πλάκας.

Στο κάτω δεξί μέρος της σελίδας υπάρχει το πλαίσιο “Help”, το οποίο εξηγεί στον χρήστη βήμα προς βήμα πως να χρησιμοποιήσει την λειτουργία.



Εικόνα 4.30 – Σελίδα Define Image Scale/Measurements

Αρχικά, ο χρήστης πρέπει να φορτώσει μια εικόνα στο σύστημα. Είναι απαραίτητο να φορτωθεί μία εικόνα Grayscale διότι σε αυτή θα γίνονται οι μετρήσεις. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να φορτώσει και έγχρωμη εικόνα, προκειμένου να γίνει πιο εύκολη η διαδικασία των μετρήσεων και η αναγνώριση της πλάκας.

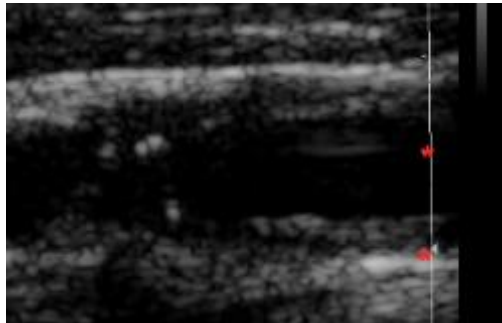
Αν εικόνα που προσπάθησε ο χρήστης να ανεβάσει στον καμβά για την Grayscale είναι έγχρωμη, τότε αυτόματα η εικόνα μετατρέπεται και παρουσιάζεται σε Grayscale εικόνα.



Εικόνα 4.31 – Σελίδα φόρτωσης άχρωμης και έγχρωμης εικόνας για καλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις

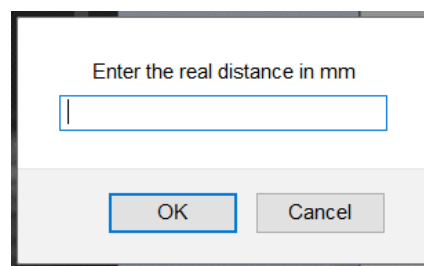
Κατά την εκτέλεση των μετρήσεων, η λειτουργία Zoom in/Zoom out είναι πολύ σημαντική, καθώς μπορεί να δώσει καταλληλότερα τα σημεία και με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Όταν πατηθεί το κουμπί Def.Im.Scale ο δρομέας γίνεται σταυρός και ο χρήστης πρέπει να επιλέξει δύο σημεία. Μετά την επιλογή των σημείων, ο χρήστης πρέπει να πατήσει το Enter και ένα παράθυρο θα εμφανιστεί για να συμπληρώσει την πραγματική απόσταση των σημείων που επέλεξε σε χιλιοστά.



Εικόνα 4.32 – Παράδειγμα επιλογής σημείων για ορισμό της κλίμακας

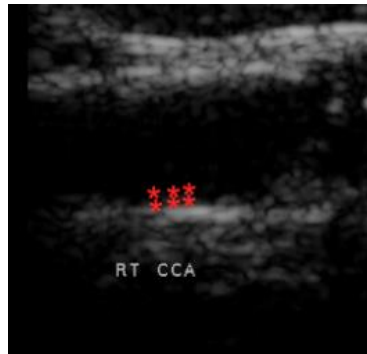
Η ομάδα των κουμπιών κάτω από την καρτέλα Measurements μπορεί να εκτελεστεί μόνο μετά την εκτέλεση του Def.Im.Scale.



Εικόνα 4.33 – Παράθυρο για συμπλήρωση της πραγματικής απόστασης σε χιλιοστόμετρα.

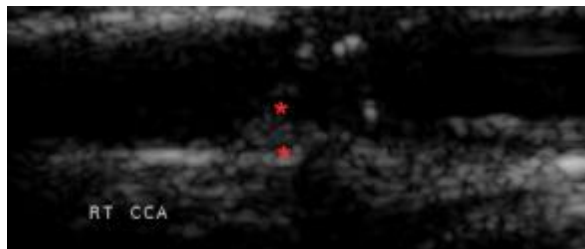
Η πρώτη επιλογή είναι το IMT. Όταν πατηθεί αυτό το κουμπί ο δρομέας γίνεται σταυρός και έτσι ο χρήστης πρέπει να επιλέξει όσα ζευγάρια σημείων θέλει στην Grayscale εικόνα και ακολούθως να πατήσει Submit IMT. Αν επιλεχθεί μονός αριθμός

σημείων, το τελευταίο αγνοείται. Με την υποβολή των σημείων εμφανίζονται στην οθόνη ο μέσος όρος, το μέγιστο και το μικρότερο του IMT.



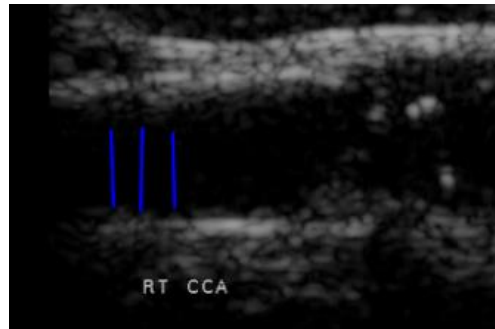
Εικόνα 4.34 – Παράδειγμα χρήσης λειτουργίας IMT

Τα επόμενα κουμπιά είναι το Plaque 1 και Plaque 2 και σκοπός τους είναι να μετρήσουν το πάχος της πλάκας. Όταν πατηθεί ένα από τα κουμπιά, ο δρομέας γίνεται σταυρός και έτσι ο χρήστης πρέπει να επιλέξει δύο σημεία στην Grayscale εικόνα. Ακολούθως, πατώντας το αντίστοιχο Submit υπολογίζεται και εμφανίζεται στην οθόνη το πάχος της πλάκας. Αν επιλεγθούν περισσότερα από δύο σημεία, το σύστημα θα αγνοήσει τα προηγούμενα και θα υπολογίσει μόνο τα δύο τελευταία.



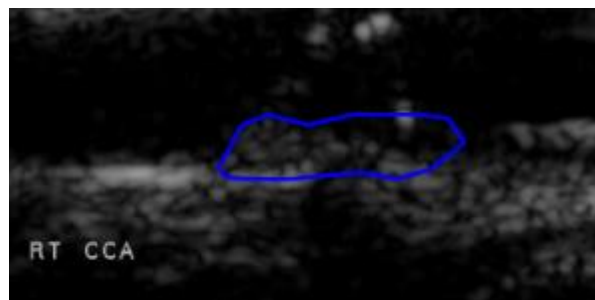
Εικόνα 4.35 – Παράδειγμα χρήσης λειτουργίας Plaque 1 / Plaque 2

Η τέταρτη επιλογή είναι η Adv.toAdvn και σκοπός της είναι να υπολογίσει το πλάτος της αρτηρίας. Όταν πατηθεί αυτό το κουμπί ο δρομέας γίνεται σταυρός και έτσι ο χρήστης πρέπει να επιλέξει όσα ζευγάρια σημείων θέλει στην Grayscale εικόνα και ακολούθως να πατήσει Submit Adventitia. Με την υποβολή των σημείων εμφανίζεται στην οθόνη ο μέσος όρος της απόστασης των σημείων.



Εικόνα 4.36 – Παράδειγμα χρήσης λειτουργίας Adventitia to Adventitia

Τέλος, τα κουμπιά Area 1 και Area 2 έχουν σκοπό να υπολογίσουν το εμβαδόν της πλάκας. Όταν πατηθεί ένα από τα κουμπιά, ο δρομέας γίνεται σταυρός και έτσι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει όσα σημεία θέλει στην Grayscale εικόνα. Ακολουθώς, πατώντας το αντίστοιχο Submit υπολογίζεται και εμφανίζεται στην οθόνη το εμβαδόν της πλάκας.



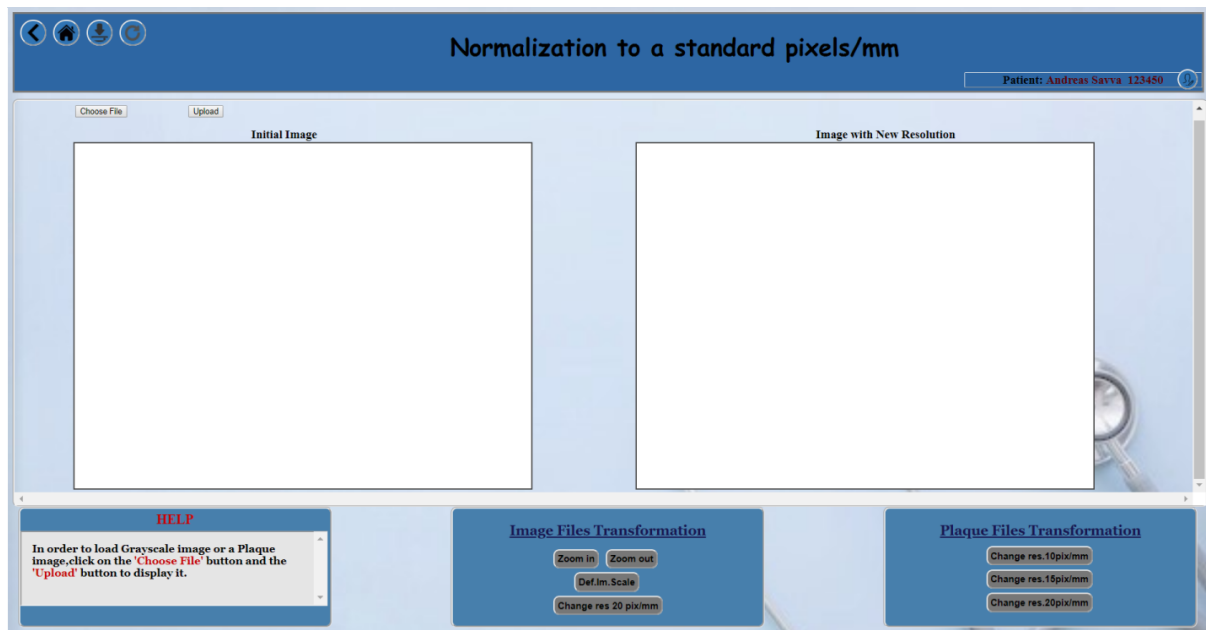
Εικόνα 4.37 – Παράδειγμα χρήσης λειτουργίας Area 1

4.5.3 Normalization to a standard pixels/mm

Η μετατροπή και σταθεροποίηση της εικόνας υπερήχου της καρωτίδας ή του κομματιού που απεικονίζει την καρωτιδική πλάκα, σε ένα σταθερό αριθμό εικονοστοιχείων ανά χιλιοστόμετρο μπορεί να γίνει μέσω αυτής της λειτουργίας.

Η σελίδα του προγράμματος για την συγκεκριμένη λειτουργία παρουσιάζεται στην εικόνα 4.38.

Όπως φαίνεται, στο κύριο μέρος της σελίδας υπάρχουν δύο καμβάδες στους οποίους θα τοποθετηθούν η αρχική εικόνα και η εικόνα με την νέα ανάλυση. Στο κάτω μέρος της σελίδας, υπάρχει στα αριστερά ένα βοηθητικό κουτί, που εξηγεί στο χρήστη τι πρέπει να κάνει σε κάθε βήμα. Στο κεντρικό κάτω μέρος, εμφανίζονται οι ενέργειες που μπορεί να κάνει ο χρήστης όταν η αρχική εικόνα είναι ολόκληρος ο υπέρηχος της καρωτίδας. Στα δεξιά, εμφανίζονται οι ενέργειες που μπορεί να κάνει ο χρήστης όταν η αρχική εικόνα απεικονίζει την πλάκα. Τα κουμπιά, όπως παρουσιάζονται στην εικόνα, δεν μπορούν να επιλεγθούν, μέχρι να γίνει η φόρτωση της εικόνας από το χρήστη.



Εικόνα 4.38 – Σελίδα μετατροπής εικόνας σε σταθερό αριθμό εικονοστοιχείων ανά χιλιοστόμετρο.

Αρχικά, ο γιατρός πρέπει να φορτώσει την εικόνα που θέλει να επεξεργαστεί στο σύστημα, μέσω των κουμπιών “Choose File” και “Upload”. Με την επιλογή του κουμπιού “Choose File”, εμφανίζεται παράθυρο δήλωσης αν η εικόνα που πρόκειται να φορτωθεί στο σύστημα είναι εικόνα πλάκας ή όχι (Εικόνα 4.39).

Αν ο χρήστης δηλώσει “no”, τότε μπορεί να επιλέξει την εικόνα της υπερηχητικής καρωτίδας από τον υπολογιστή του. Αμέσως η εικόνα εμφανίζεται στο καμβά Initial Image.

Για την κανονικοποίηση της εικόνας της καρωτίδας σε σταθερό μέγεθος, πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής βήματα:

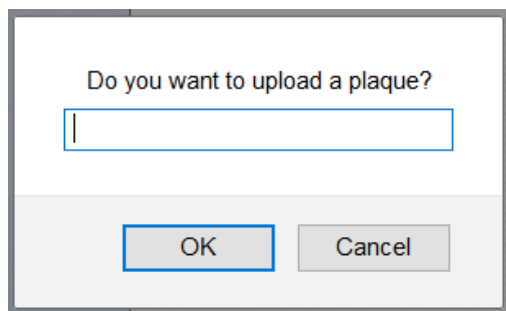
1. Επιλογή του κουμπιού “Def.Im.Scale”, ούτως ώστε να ορισθεί η κλίμακα της εικόνας.
2. Επιλογή δύο σημείων στην εικόνα, τα οποία θα καθορίσουν την κλίμακα.
3. Πάτημα του κουμπιού Enter.
4. Συμπλήρωση της πραγματικής απόστασης σε χιλιοστά μεταξύ των επιλεγόμενων σημείων στο αναδυόμενο παράθυρο και επιλογή του κουμπιού OK (Εικόνα 4.33).
5. Επιλογή του κουμπιού “Change res. 20 pix/mm”, για την απεικόνιση της νέας παραγόμενης εικόνας με 20 εικονοστοιχεία ανά χιλιοστόμετρο στον καμβά Image with New Resolution.

Σημείωση 1: Τα σημεία που θα επιλεγθούν θα πρέπει να βρίσκονται στην ίδια κάθετη γραμμή για πιο σωστές μετρήσεις.

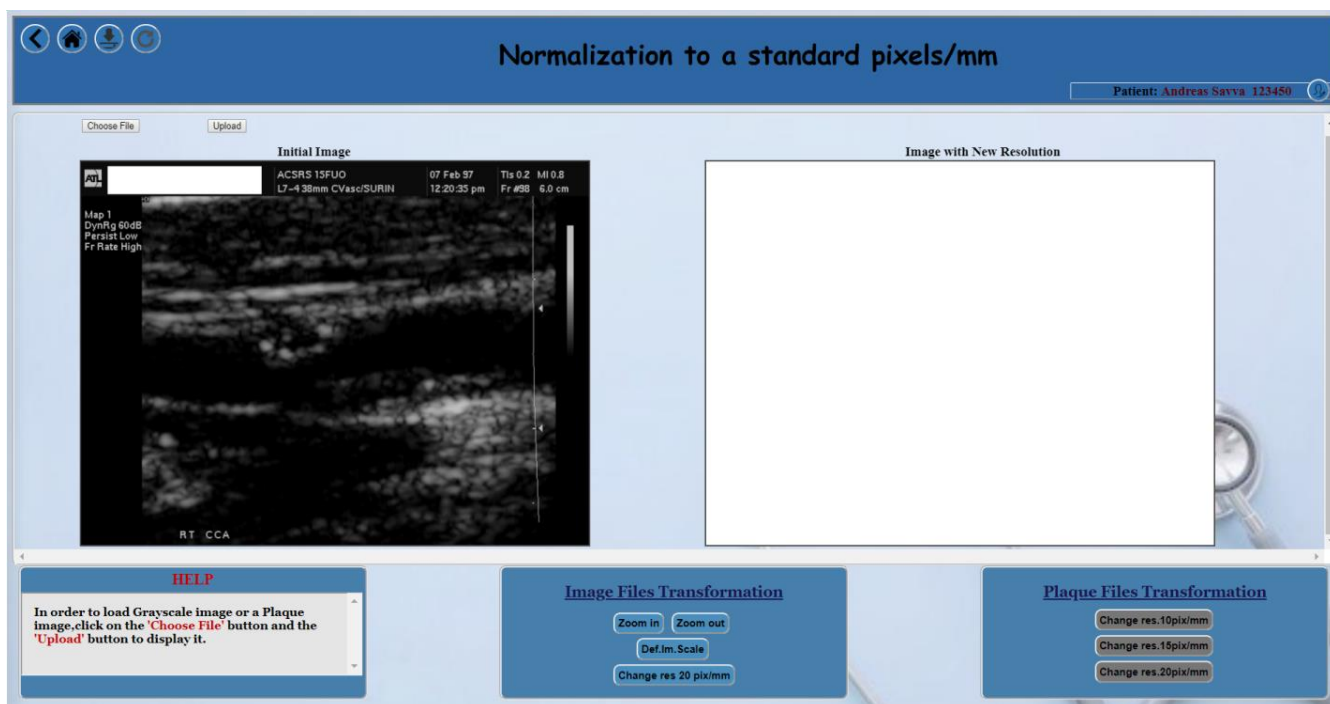
Σημείωση 2: Κατά την επιλογή του κουμπιού “Def.Im.Scale”, ο δρομέας γίνεται σταυρός και έτσι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τα σημεία που του ζητούνται.

Σημείωση 3: Η λειτουργία των κουμπιών Zoom In/Zoom Out είναι πολύ βοηθητική ώστε να επιλεγθούν ακριβέστερα τα δύο σημεία καθορισμού κλίμακας.

Σημείωση 4: Κατά την επιλογή σημείων στο βήμα 2, ο γιατρός έχει την δυνατότητα να διαγράψει ένα σημείο το οποίο επέλεξε λανθασμένα, πατώντας το κουμπί ‘d’ (‘delete’) από το πληκτρολόγιο. Έτσι το τελευταίο επιλεγμένο σημείο σβήνεται αυτόματα από την οθόνη.



Εικόνα 4.39 – Μήνυμα για καθορισμό της μορφής της εικόνας που θα χρησιμοποιηθεί – εικόνα πλάκας ή όχι.



Εικόνα 4.40 – Φόρτωση της αρχικής εικόνας υπερήχου και ενεργοποίηση των κατάλληλων κουμπιών.

Αν ο χρήστης δηλώσει “yes”, στο ερώτημα της Εικόνας 5.36, τότε εμφανίζονται τα ονόματα των διαθέσιμων εικόνων πλάκας για το συγκεκριμένο ασθενή. Ο γιατρός, καλείται να επιλέξει το όνομα της κατάλληλης πλάκας που θέλει να επεξεργαστεί. Το συγκεκριμένο κομμάτι της διπλωματικής υλοποιήθηκε από την Ραφαέλλα Σπύρου για τους σκοπούς της διπλωματικής της εργασίας. Για περισσότερες πληροφορίες πρέπει να ανατρέξετε στην αναφορά της.

4.4.4 Image Crop

Η αποκοπή της πλάκας από την εικόνα υπερήχου του ασθενή μπορεί να γίνει μέσω αυτής της λειτουργίας.

Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 3 (ενότητα 3.4), η συγκεκριμένη λειτουργία υλοποιήθηκε στα πλαίσια της ατομικής διπλωματικής εργασίας της συμφοιτήτριας μου Ραφαέλλας Σπύρου. Έτσι, για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το πώς λειτουργεί αυτή η σελίδα, μπορείτε να ανατρέξετε στην συγκεκριμένη εργασία, όπου γίνεται λεπτομερής επεξήγηση.

4.4.5 Feature Extraction

Μέσω αυτής της λειτουργίας μπορούμε να εξάγουμε μετρήσεις από την πλάκα που έχει αποκοπεί στην λειτουργία 3.4, όπως η κύρτωση της πλάκας κλπ.

Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 3 (ενότητα 3.5), η συγκεκριμένη λειτουργία υλοποιήθηκε στα πλαίσια της ατομικής διπλωματικής εργασίας της συμφοιτήτριας μου Ραφαέλλας Σπύρου. Έτσι, για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το πώς λειτουργεί αυτή η σελίδα, μπορείτε να ανατρέξετε στην συγκεκριμένη εργασία, όπου γίνεται λεπτομερής επεξήγηση.

4.6 Στοιχεία Ασθενή

Όπως μπορεί να φανεί από τις εικόνες των λειτουργιών, μόλις ο γιατρός επιλέξει ή εγγράψει ένα ασθενή, τότε το ονοματεπώνυμο του ασθενή εμφανίζεται στο πάνω μέρος της σελίδας στα δεξιά, μαζί με την ταυτότητα του (Εικόνα 4.41).

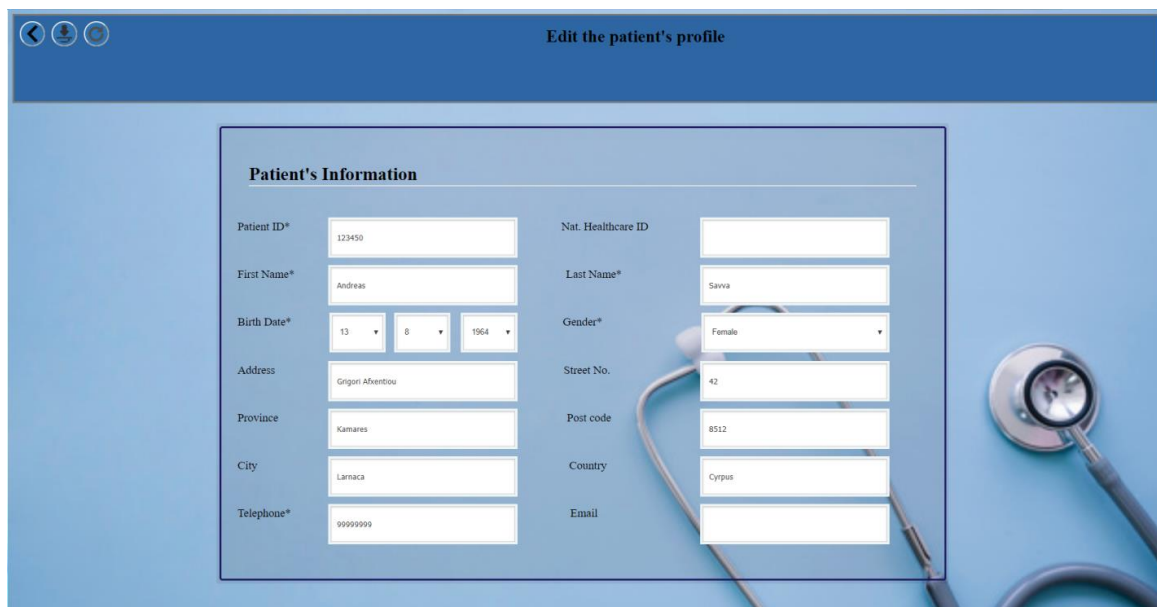
Δίπλα από τα στοιχεία του, εμφανίζεται ένα κουμπί το οποίο όταν επιλεγθεί, δίνει τη δυνατότητα στο κλινικό γιατρό να ενημερωθεί ή/και να επεξεργαστεί τα στοιχεία αυτού του ασθενή (Εικόνα 4.42).

Ο γιατρός μπορεί να επεξεργαστεί όλα τα στοιχεία, εκτός την ταυτότητα του ασθενή, για θέματα ασφάλειας. Όταν γίνει κάποια αλλαγή, επιλέγεται το κουμπί αποθήκευσης

(δεύτερο κουμπί πάνω αριστερά), και εμφανίζεται το κατάλληλο επιβεβαιωτικό μήνυμα.



Εικόνα 4.41 – Εμφάνιση ονοματεπωνύμου και ταυτότητας ασθενή και επιλογή επεξεργασίας στοιχείων.

A screenshot of a web application interface for editing a patient's profile. The title bar at the top says "Edit the patient's profile". Below it, there's a section titled "Patient's Information". The form contains two columns of input fields. The left column includes: Patient ID* (123450), First Name* (Andreas), Birth Date* (13/8/1964), Address (Grigori Alevtiov), Province (Kamaries), City (Larnaca), and Telephone* (99999999). The right column includes: Nat. Healthcare ID, Last Name* (Savva), Gender* (Female), Street No. (42), Post code (8512), Country (Cyprus), and Email. A stethoscope is visible in the background on the right side of the form.

Εικόνα 4.42 – Σελίδα επεξεργασίας στοιχείων ασθενή

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

5.1 Συμπεράσματα	48
5.2 Μελλοντική Εργασία	48

5.1 Συμπεράσματα Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας

Καταλήγοντας, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η σωστή λειτουργία της αρτηριακής καρωτίδας είναι απαραίτητη για μια υγιή ζωή. Ο έλεγχος της μπορεί να βοηθήσει στο να δοθεί πιο ξεκάθαρη εικόνα της κατάστασης ενός ασθενή και να γίνει καλύτερη διάγνωση.

Με το τέλος της εργασίας διαφαίνεται η ποιότητα του συστήματος και η χρησιμότητα του για ένα ιατρό. Το γεγονός ότι το σύστημα είναι διαδικτυακό αποτελεί ένα από τα πιο δυνατά χαρακτηριστικά του. Η ευκολία και η φιλικότητα του προς τον χρήστη είναι επίσης μερικά από τα προτερήματα του.

Χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο σύστημα, ο κλινικός γιατρός είναι σε θέση να δει αναφορές του ασθενή του, να τις συγκρίνει και να παρατηρήσει την πορεία και τον βαθμό βελτίωσης της υγείας.

Τόσο οι μετρήσεις, όσο και οι προβλεπόμενες τιμές κινδύνου εγκεφαλικού επεισοδίου που υπολογίζονται, είναι εξαιρετικά χρήσιμες και μπορούν να βοηθήσουν το γιατρό να αντιληφθεί τη σοβαρότητα της κατάστασης του ασθενή και να προβεί στα κατάλληλα μέτρα.

5.2 Μελλοντική Εργασία

Σαφέστατα υπάρχουν προοπτικές για μελλοντική εργασία του έργου. Υπάρχει το υπόβαθρο στο σύστημα για επιπρόσθετα χρήσιμα εργαλεία που θα το αναβαθμίσουν και θα το κάνουν ένα πιο εξειδικευμένο ιατρικό εργαλείο.

Καταρχάς, θα ήταν ενδιαφέρον να προστεθεί η δυνατότητα επεξεργασίας βίντεο. Μέσα από αυτό, ο γιατρός θα μπορεί να επιλέξει απευθείας το στιγμιότυπο εικόνας που θέλει να επεξεργαστεί. Έτσι θα γίνει ευκολότερη η διάγνωση και ίσως καταλληλότερη η επιλογή της εικόνας που δίνει τις πιο ορθές μετρήσεις.

Επίσης, στο σύστημα θα μπορούσε να προστεθεί κάποιος αλγόριθμος, ο οποίος να βρίσκει αυτόματα την περιοχή της πλάκας. Υπάρχουν ήδη αρκετοί αλγόριθμοι και εστιάζουν στο τομέα του διαχωρισμού μιας ψηφιακής εικόνας σε σύνολα από εικονοστοιχεία (image segmentation). Οι αλγόριθμοι αυτοί συνήθως έχουν στόχο την ανίχνευση αντικειμένων, γραμμών και καμπυλών. Κάποιοι από αυτούς είναι οι: Active contours, snakes, Active shape models και πολλοί άλλοι.

Η χρήση Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning), θα μπορούσε να κάνει το παρόν σύστημα ένα εξαιρετικά δυνατό εργαλείο. Η χρήση ενός από τους πιο πάνω αλγορίθμους θα μπορούσε να συνδυαστεί με κάποιο Dataset με εικόνες πλάκας διαφόρων μορφών, και έτσι να δημιουργηθεί ένα αυτόματο εργαλείο το οποίο να έχει την δυνατότητα να υπολογίζει και να συμπεραίνει αν μία πλάκα είναι συμπτωματική ή ασυμπτωματική, δίνοντας στον ιατρό μια δεύτερη γνώμη.

Επιπλέον, θα ήταν ακόμα πιο ενδιαφέρον αν γινόταν κάποιος συνδυασμός των πιο πάνω προτάσεων. Η εφαρμογή δηλαδή κάποιου αλγορίθμου ανίχνευσης αντικειμένων απευθείας σε βίντεο Υπέρηχου. Από αυτό θα μπορούσαν αυτόματα να υπολογίζονται μετρήσεις όπως η διάμετρος της αρτηρίας, το Intima Media Thickness, η αρτηριακή πίεση και πολλές άλλες μετρήσεις.

Έτσι λοιπόν, αυτές οι εισηγήσεις μπορούν να αποτελέσουν ένα ισχυρό και έξυπνο σύστημα που θα συντελέσει στην ανάπτυξη των εφαρμογών στον τομέα της ιατρικής πληροφορικής.

Βιβλιογραφία

- [1] <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/carotid-artery-disease>
- [2] <https://www.circulationfoundation.org.uk/help-advice/carotid>
- [3] <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/common-carotid-artery>
- [4] <https://www.lifetothefullest.abbott/en/articles/guide-to-living-healthy-with-atherosclerosis.html>
- [5] <https://www.medicalnewstoday.com/articles/247837.php>
- [6] <https://www.hindawi.com/journals/srt/2012/340798/>
- [7] <http://www.qualityinhealth.gr/index.php/arthra/katigories-arthrwn/item/154-diaxeirisi-asthenoys-me-asymptomatiki-stenosi-karotidon-endartirektomi-stenting-i-farmakeftiki-agogi>
- [8] <http://www.epemvatiki-aktinologia.gr/wp-content/uploads/2014/01/karotidwn.jpg>
- [9] <https://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=genus>
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=kb-q0SPNrDM>
- [11] <https://blog.hubspot.com/marketing/web-design-html-css-javascript>
- [12] <https://en.wikipedia.org/wiki/HTML>
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/Cascading_Style_Sheets
- [14] <https://en.wikipedia.org/wiki/JavaScript>
- [15] http://www.pyzo.org/python_vs_matlab.html
- [16] <https://opencv.org/>
- [17] <https://www.codeschool.com/blog/2016/01/27/why-python/>
- [18] <https://www.djangoproject.com/>
- [19] <https://www.jetbrains.com/help/pycharm/meet-pycharm.html>
- [20] <http://www.oracle.com/us/products/mysql/mysql-wp-top10-webbased-apps-461054.pdf>
- [21] https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-11755-3_20
- [22] https://en.wikipedia.org/wiki/Shoelace_formula
- [23] <https://httpd.apache.org/>
- [24] <https://www.quora.com/What-are-the-benefits-advantages-of-using-an-Apache-server-over-other-servers>
- [25] <https://www.lifewire.com/tif-tiff-file-2622393>

- [26] <https://zoompf.com/blog/2012/04/unsuitable-image-formats-for-websites/>
- [27] [https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_web_browsers#Image format support](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_web_browsers#Image_format_support)
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/Euclidean_distance
- [29] <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/carotid-artery-disease/symptoms-causes/syc-20360519>
- [30] <https://www.escardio.org/Journals/E-Journal-of-Cardiology-Practice/Volume-13/Intima-media-thickness-Appropriate-evaluation-and-proper-measurement-described>

Παράρτημα Α

Περιεχόμενα αρχείου

Ο χρήστης του συστήματος μπορεί να αποθηκεύσει στον προσωπικό του υπολογιστή ένα αρχείο με τις μετρήσεις που λαμβάνονται από την 2^η λειτουργία. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω από την επιλογή “Archives” του Κυρίως Μενού. Το αρχείο ονομάζεται “IMT_Report.xlsx” και περιέχει τις μετρήσεις του συγκεκριμένου ασθενή για μία συγκεκριμένη ημερομηνία που επέλεξε ο χρήστης.

Τα περιεχόμενα του αρχείου είναι:

Report for patient: «Όνομα Ασθενή, Ταυτότητα»

Name of plaque: «Όνομα Αρχείου»

Measurement

Pixels per mm : «Κλίμακα της εικόνας ανα χιλιοστόμετρο»

Maximum Intima Media Thickness : «Μέγιστη τιμή IMT»

Manimum Intima Media Thickness : «Ελάχιστη τιμή IMT»

Mean Intima Media Thickness : «Μέσος όρος IMT»

Mean Adventitia to Advetitia: «Μέσος όρος απόστασης ανάμεσα στα τοιχώματα»

Plaque 1 : «Πάχος πλάκας ανά χιλιοστόμετρο»

Plaque 2 : «Πάχος πλάκας ανά χιλιοστόμετρο»

Area 1 : «Εμβάδόν πλάκας ανά χιλιοστόμετρο»

Area 2 : «Εμβάδόν πλάκας ανά χιλιοστόμετρο»

Παράρτημα Β

Βάση Δεδομένων

Το σύστημα χρησιμοποιεί μία βάση δεδομένων στον διακομιστή, για να αποθηκεύει όλων των ειδών πληροφορίες για τους διαχειριστές, τους χρήστες, τους ασθενείς, τις διευθύνσεις, τις εικόνες που ανεβάζονται, τις μετρήσεις της 2^{ης} λειτουργίας και τις μετρήσεις τις 4^{ης} και 5^{ης} λειτουργίας.

Οι πίνακες είναι οι εξής:

addressData:

- Address_id (Πρωτεύον κλειδί)
- Street
- City
- Post_code
- Province
- Country
- Street_no

doctorData:

- Di (Πρωτεύον κλειδί)
- Doctor_id
- National_healthcare_doctor_id
- Given_name
- Family_name
- Date_of_birth
- Gender_coding
- Address
- Telephone_no
- Email
- Pass_word

patientData:

- Id (Πρωτεύον κλειδί)
- Patient_id
- National_healthcare_patient_id
- Given_name
- Family_name
- Date_of_birth
- Gender_coding
- Address
- Telephone_no
- Email

doctor_patient:

- Di (Πρωτεύον κλειδί)
- Doctor
- Patient

IMT_Parameters:

- Ci (Πρωτεύον κλειδί)
- Date
- Patient
- Ppmm
- Imtmax
- Imtmin
- Imtmean
- Advmean
- Plq1
- Plq2
- Area1
- Area2
- Time
- Gray_image
- RGB_image

ultrasoundImages:

- Ci (Πρωτεύον κλειδί)
- Patient
- Ultrasound
- Date
- Time
- Gray_image
- RDB_image
- Res0_image
- Scale
- Histogram
- Normalized_histogram

adminData:

- Id (Πρωτεύον κλειδί)
- Email
- Password

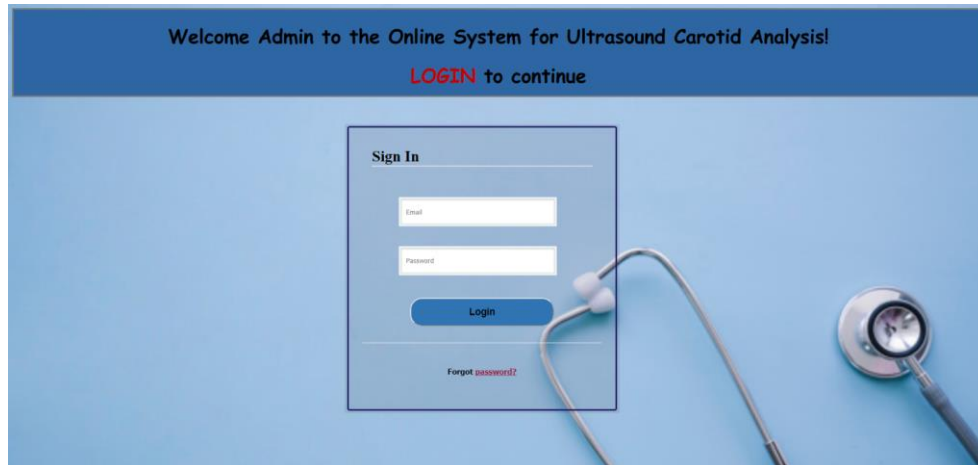
Ο πίνακας plaqueParameters υλοποιήθηκε για τις ανάγκες των μετρήσεων της 4^{ης} και 5^{ης} λειτουργίας. Για περισσότερες πληροφορίες για αυτόν ανατρέξτε στην εργασία της συμφοιτήτριας μου Ραφαέλλας Σπύρου.

Παράρτημα Γ

Operation Manual

Sign up

For a doctor to use the system, a registered account is required.
Figure 1 – Admin log in page

A screenshot of the admin login page. At the top, a blue banner contains the text "Welcome Admin to the Online System for Ultrasound Carotid Analysis!" and "LOGIN to continue" in red. Below the banner is a "Sign In" form with two input fields for "Email" and "Password", a blue "Login" button, and a link "Forgot password?". The background of the page features a light blue gradient with a stethoscope graphic on the right side.

An account can be created only by an admin, to avoid any problems and to ensure the confidentiality of the medical data, in case someone tries to use the system without being a doctor.

To sign up a doctor, the admin must sign to the link http://173.249.18.105:8000/admin_login/ and fill the form (Figure 2) with the new doctor's data. The fields marked with a start (*) must be filled and in case admin tries to submit the form while one of them is left blank, then a message alert (Figure 3) pops up to inform the admin about filling them. Press the second button at the left-up part of the page to save doctor's information.

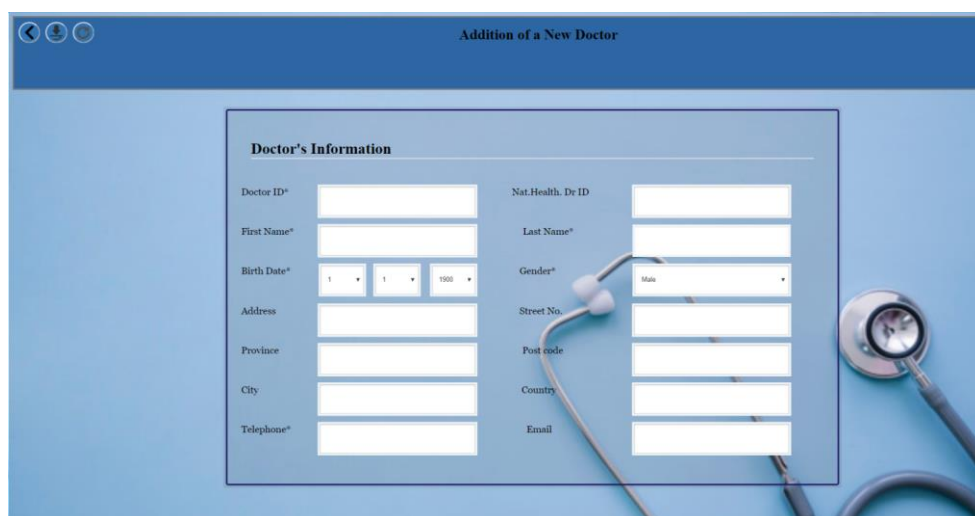
A screenshot of the "Addition of a New Doctor" form. The form is titled "Doctor's Information" and is divided into two columns. The left column contains fields for "Doctor ID*", "First Name*", "Birth Date*" (with a date picker), "Address", "Province", "City", and "Telephone*". The right column contains fields for "Nat. Health. Dr ID", "Last Name*", "Gender*" (with a dropdown menu), "Street No.", "Post code", "Country", and "Email". The background of the page features a light blue gradient with a stethoscope graphic on the right side.

Figure 2 – Form to add a new doctor to the system. Fields with the symbol * are necessary to be filled. By pressing the first button at the left up part of the page admin goes to previous page. By pressing the second button, doctor's information are saved in the database. By pressing the third button, page refreshes, in case a mistake is made.

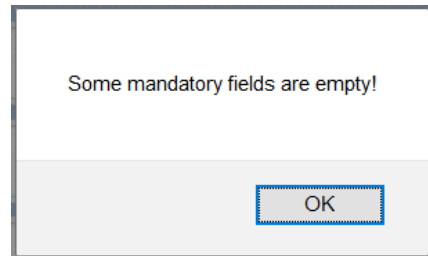


Figure 3 – Message alert in case necessary filled fields(*) are left blank.

Doctor's Sign in to the System

To use the system you must first log in. Go to the <http://173.249.18.105:8000/login>, where the log in page (Figure 4) will show up.



Figure 4 – Log in page

Use your email account and your secret password to log in and you would be transferred to <http://173.249.18.105:8000/menu> page. If the email is not valid a message appears to inform you (Figure 5).

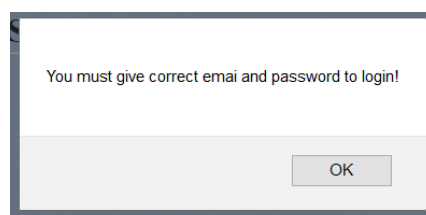


Figure 5 – Message about invalid information during log in.

In case you forget your password you can choose “Forgot Password” (Figure 4, bottom-center part of the page). You would be transferred at http://173.249.18.105:8000/forgot_pass.

New Password

You can get a new password at http://173.249.18.105:8000/forgot_pass (Figure 6).

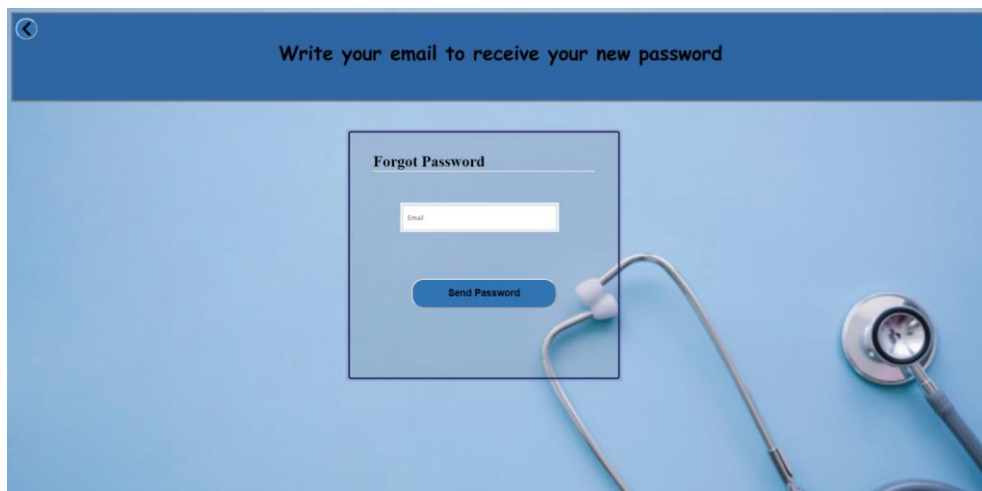
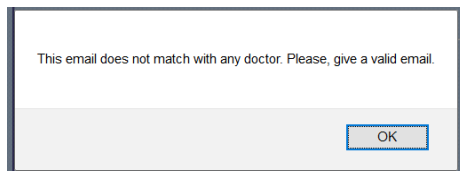


Figure 6 – Forgot your password page.

In the input box, write your email that is registered to the system. If the email is invalid, then a message alerts you (Figure 7).

Figure 7 – Message in case of invalid email



If the email is valid, a new, random password is sent to your email (Figure 8) from the account epl400ade2018@gmail.com and you are transferred at the log in page (Figure 3). After, you can use your email and your new password to log in.

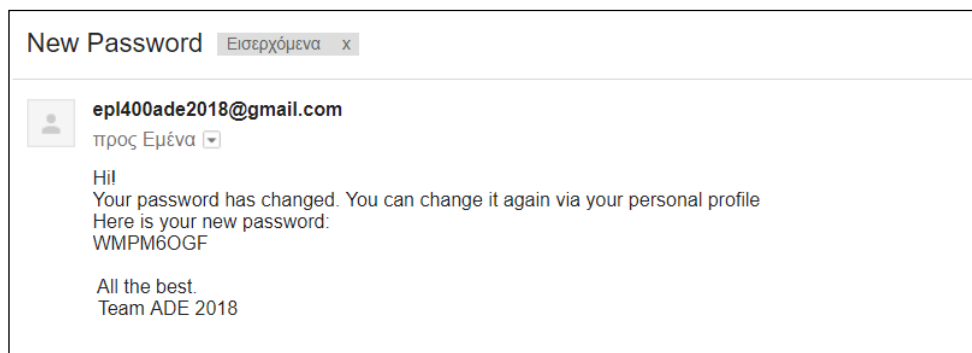


Figure 8 – Email with a new password.

Main Menu

After Sign in user goes to Main Menu (Figure), at <http://173.249.18.105:8000/menu>.

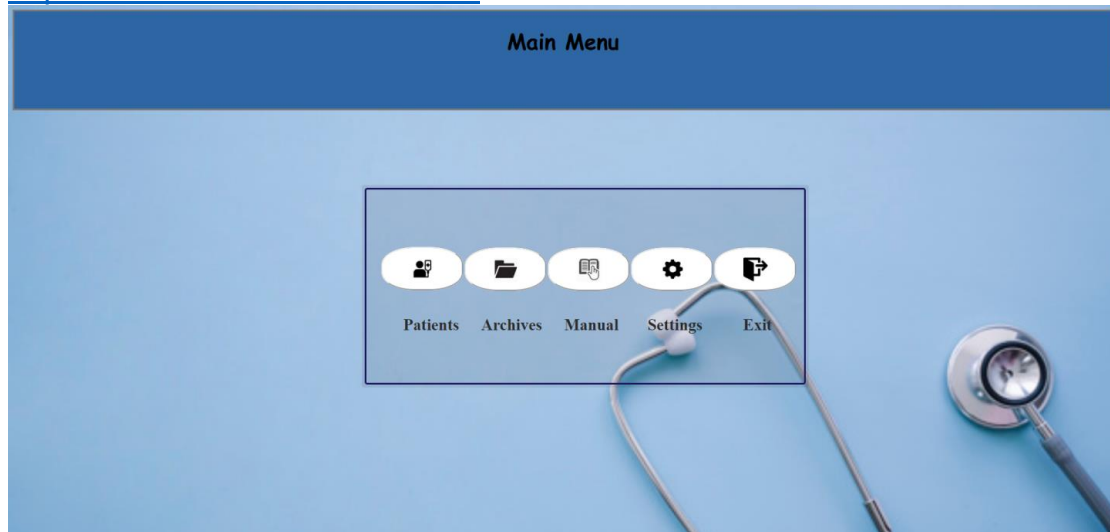


Figure 9 – Main Menu

Page gives the following options:

6. Patients
7. Archive
8. Manual
9. Settings
10. Exit

Patients

By choosing “Patients”, you can choose between option “Add Patient” or “Browse Patient” (Figure 10)

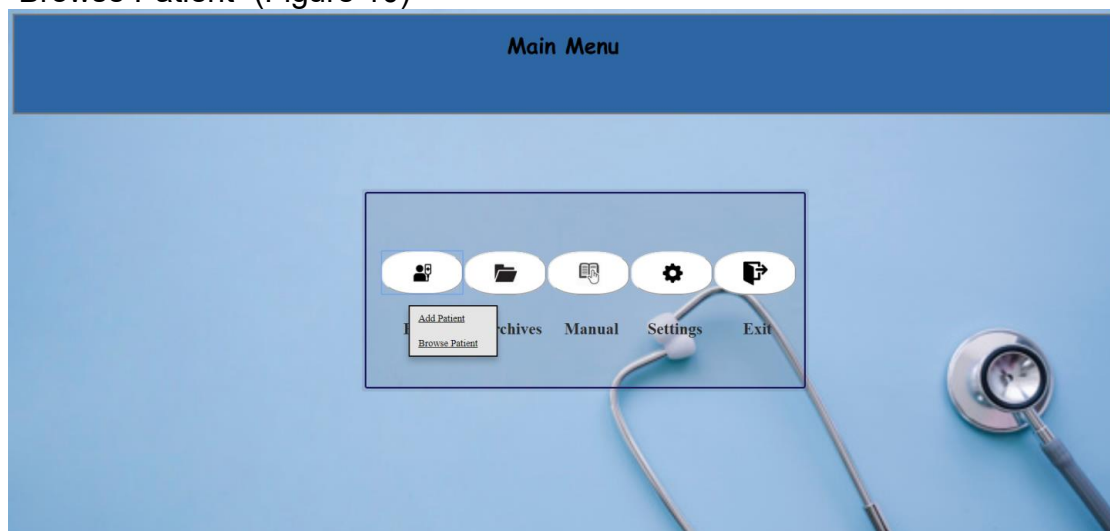
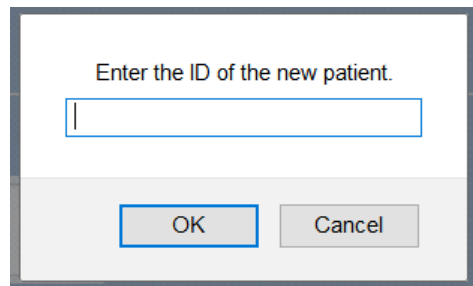


Figure 10 – Options “Add Patient” and “Browse Patient”

Option “Add Patient” leads to page http://173.249.18.105:8000/add_new_patient/. An input dialog asks for new patient’s ID (Figure 11).

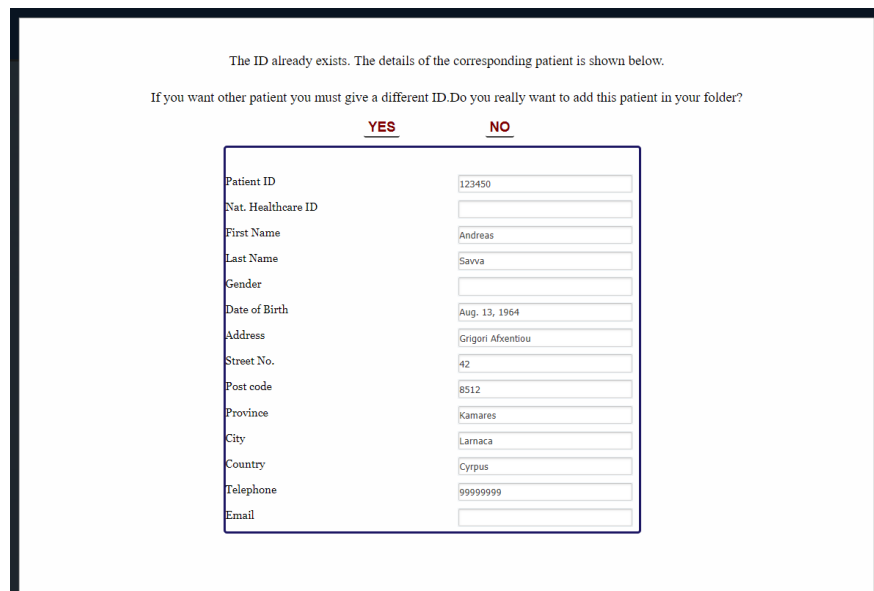


Enter the ID of the new patient.

OK Cancel

Figure 11 – Input dialog for patient’s ID.

In case patient exists in database from another doctor, then a message alert shows up with all patient’s personal information to verify (Figure 12).



The ID already exists. The details of the corresponding patient is shown below.

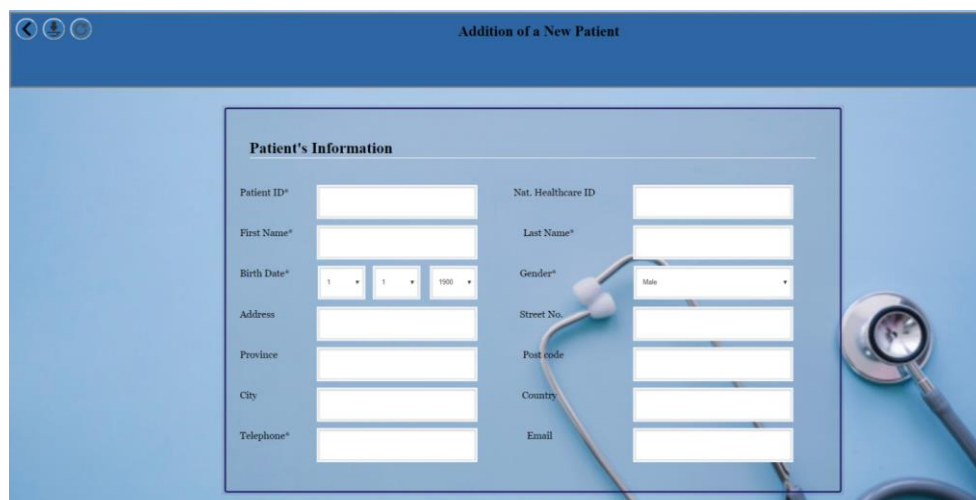
If you want other patient you must give a different ID. Do you really want to add this patient in your folder?

YES **NO**

Patient ID	123450
Nat. Healthcare ID	
First Name	Andreas
Last Name	Savva
Gender	
Date of Birth	Aug. 13, 1964
Address	Grigori Afventiou
Street No.	42
Post code	8512
Province	Kamaries
City	Larnaca
Country	Cyprus
Telephone	99999999
Email	

Figure 12 – Message to inform user that patient already exists.

If patient is new to the system, a form is shown to fill up with patient’s personal information (Figure 13).



Navigation icons: back, forward, search, etc.

Addition of a New Patient

Patient's Information

Patient ID*		Nat. Healthcare ID	
First Name*		Last Name*	
Birth Date*	/ /	Gender*	
Address		Street No.	
Province		Post code	
City		Country	
Telephone*		Email	

Figure 13 – Patient registration form. Fields with * must be filled.

Fields marked with star (*) must be field. If any of them is left black and user tries to submit the form, a message alert warns him to fill the rest of the fields.

With option “Browse patient”, user can browse a patient that he already added to the system. When choosing this button, a window (Figure 14) with all available patients appears.



Figure 14 – Doctor’s available patients.

After choosing a patient, user goes to the Operations page (Figure 24).

Archives

The button “Archives” gives you the options “IMT data” and “Plaque data”. In the first option, you can see the Intima Media Thickness measurements report while in the second option you can see the Plaque measurements report.

IMT measurements report

If user chooses the option “IMT Report”, user can choose the patient he wants from a list of all patients he has (Figure 14). To continue, user must also choose from a list the date and time of all previous reports of the same patient (Figure 15).

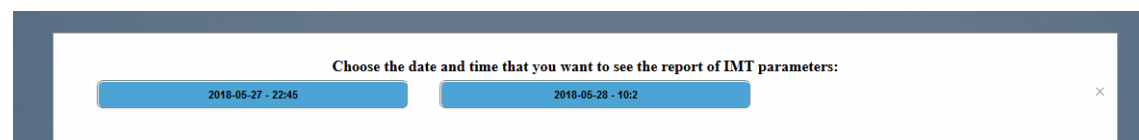


Figure 15 – List of previous measurements.

On the screen a report with all previous measurements taken at the Define Image Scale/Measurements operation is shown on screen (Figure 16).

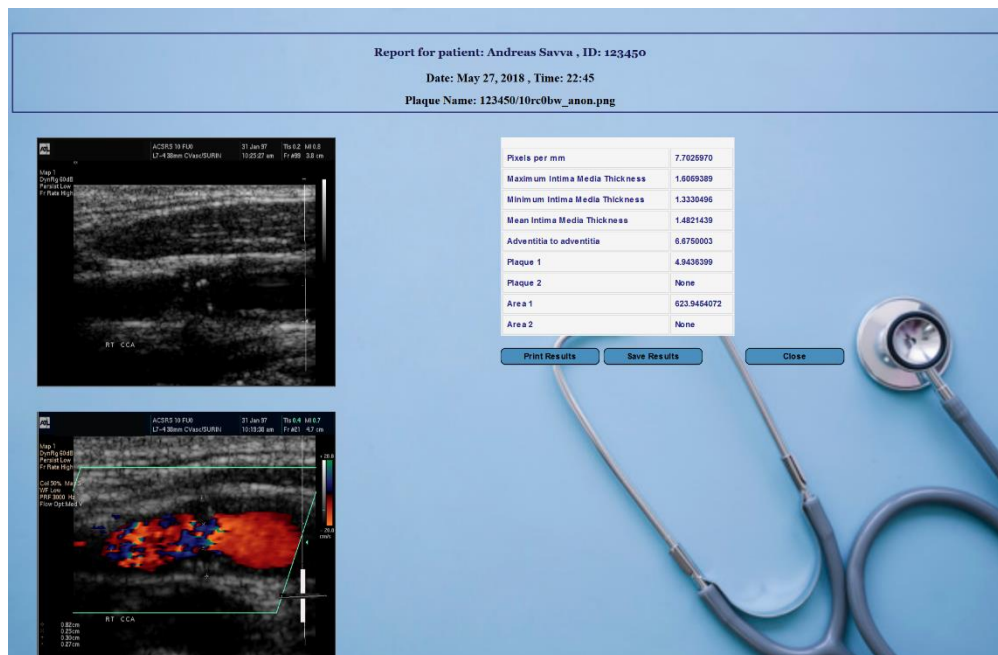


Figure 16 –IMT Report

By selecting Print Results button user print the results from his personal printer.

By selecting Save Results user can save results in his personal computer with the name “IMT_Results.xlsx”.

By selecting Close user goes back to Main Menu (Figure 9).

Plaque measurements report

A pop-up window showing all the available patients appears. You must select the patient you want to see the measurements of plaque, then another pop-up window showing the available datetimes when there are metrics recorded on the database, is on the screen.

When you make a choice, you can see all the plaque measurements, for the corresponding patient, on the date and time you chose (Figure 17).

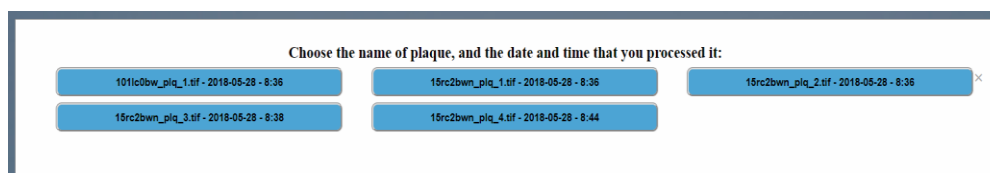


Figure 17 – Dates of all previous measurements for the corresponding patient

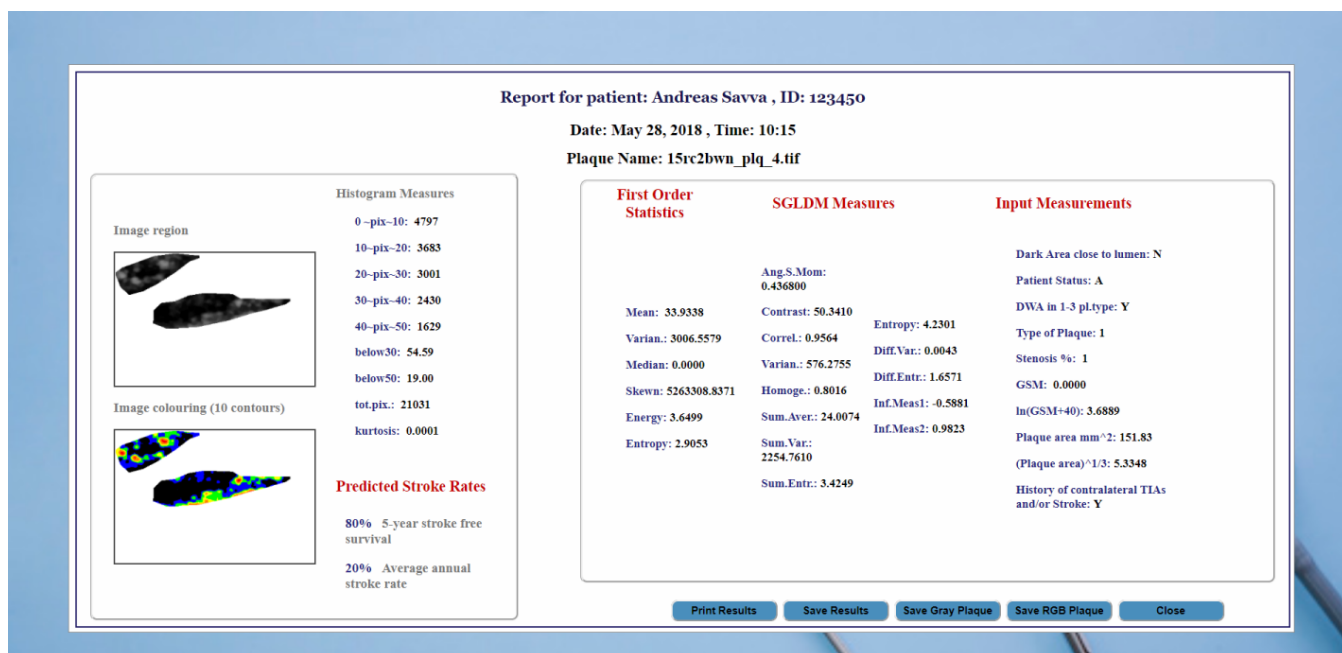


Figure 18 – Plaque report

You can save all the parameters by pressing the “Save Results” button xlsx files, as well the grayscale and RGB image by pressing the “Save Gray Plaque” and “Save RGB Plaque”, respectively.
 You can find details about the content of the files, on Appendix D.

Manual

This option gives you the opportunity to read this operation manual of the system.

Settings

This option gives you the opportunity to see your personal details and to change your password.

View and Edit personal details

By pressing the “View Profile” button, you can the profile page (Figure 19).

Figure 19 – Doctor’s information
On the top right of the page, there is an icon which when it is pressed, you are able to edit your personal information (Figure 20). Then you can press the save button (second button on the top left of the page) and a message confirms that you have made your changes correctly (Figure 21). In case of failure to fill in a mandatory field, the appropriate warning message will be displayed (Figure 3).

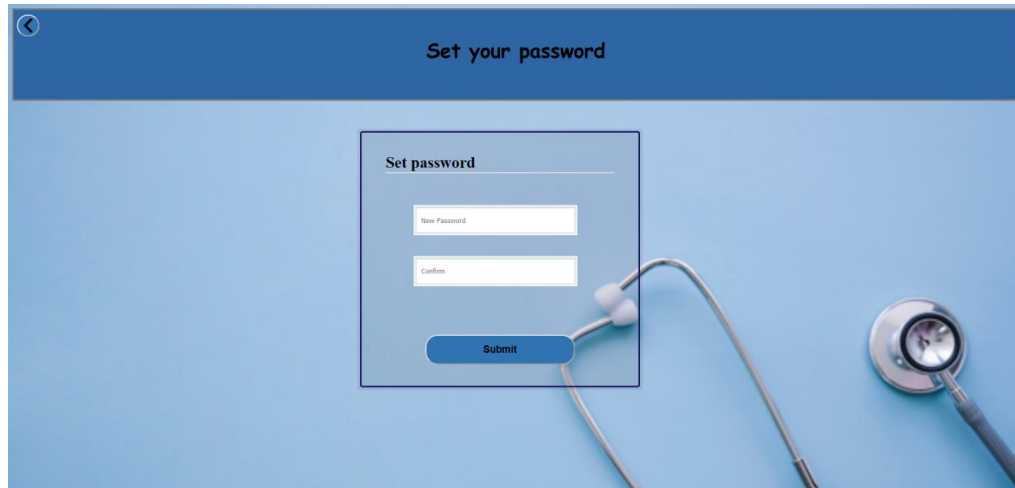
Figure 20 – Edit doctor’s information

Figure 21 – Changes on doctor's information has been changed

Change of Password

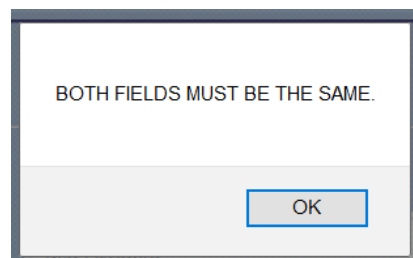
Here, you have the possibility to change your password. You have to fill the “New Password” and “Confirm” fields with your new password.

Figure 22 – Change Password

A screenshot of a web application interface for setting a password. The background is a light blue gradient with a stethoscope image on the right. At the top, a dark blue header bar contains a back arrow icon and the text "Set your password". In the center, there is a white rectangular form titled "Set password". Inside this form, there are two text input fields: "New Password" and "Confirm". Below these fields is a blue "Submit" button. A thin blue border highlights the "New Password" and "Confirm" fields.

The password must be the same in both fields to make the change. In case of the two fields are different, a warning message appears on the screen (Figure 23). Once the password is changed, you are moved to the main menu (Figure 9).

Figure 23 – Password must be the same in both fields

A screenshot of a warning message dialog box. It has a white background with a thin grey border. The text "BOTH FIELDS MUST BE THE SAME." is centered in a dark grey font. At the bottom right, there is a grey button with the text "OK" in a dark grey font.

Exit

This option disconnects you from your account, and returns back to the Login page (Figure 4).

Operations

This page includes all the main operations you can do (Figure 24).

Figure 24 – Main Operations

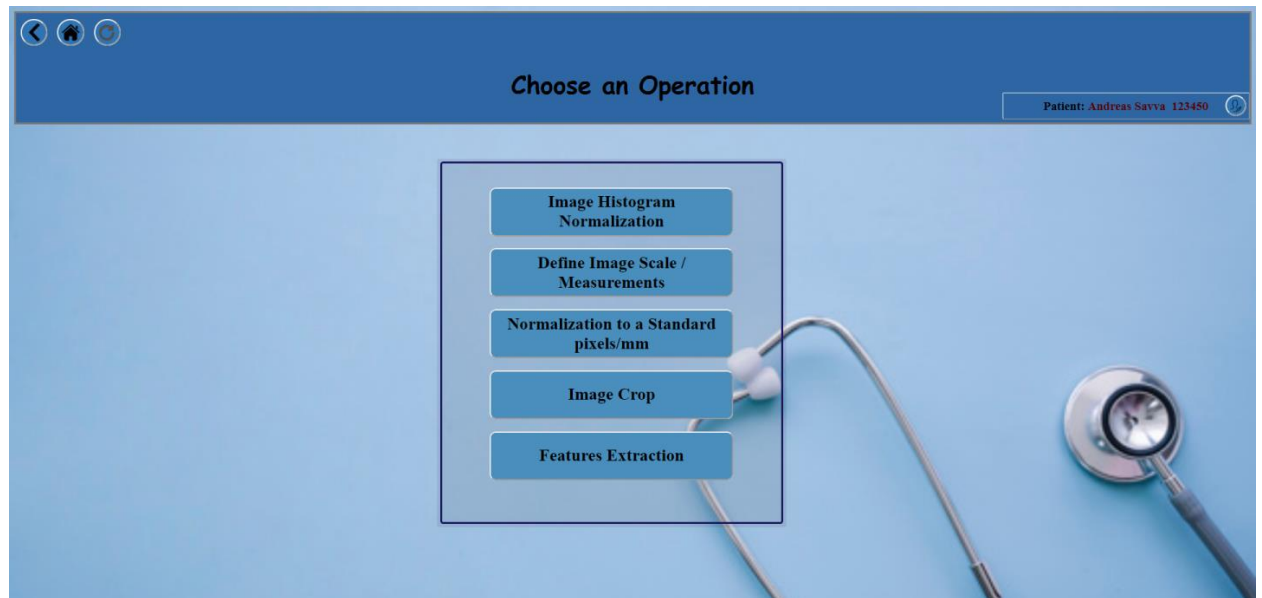


Image Histogram Normalization

Ultrasound (U/S) images can be normalized through this module. Image normalization is performed in order to be able to have reproducibility of texture features and plaque types (Elatrozy et al, 1998; Nicolaides et al, 2005). Blood and adventitia are used as two reference points and the image is linearly scaled so that zero is the gray scale value for blood and 190 for adventitia. In order to have images that can be normalized through the program in a meaningful way ultrasonographers should follow some basic but simple steps in image acquisition as described in Appendix A. First load an image that needs to be normalized (Figure 25).

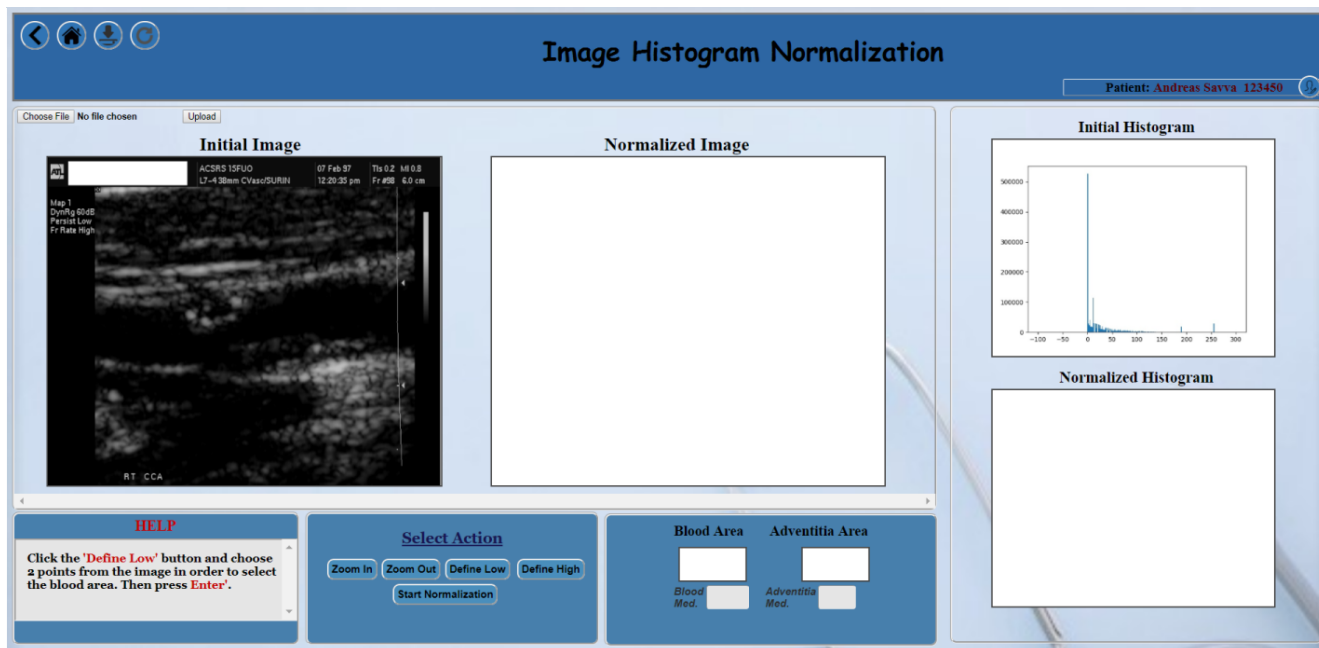
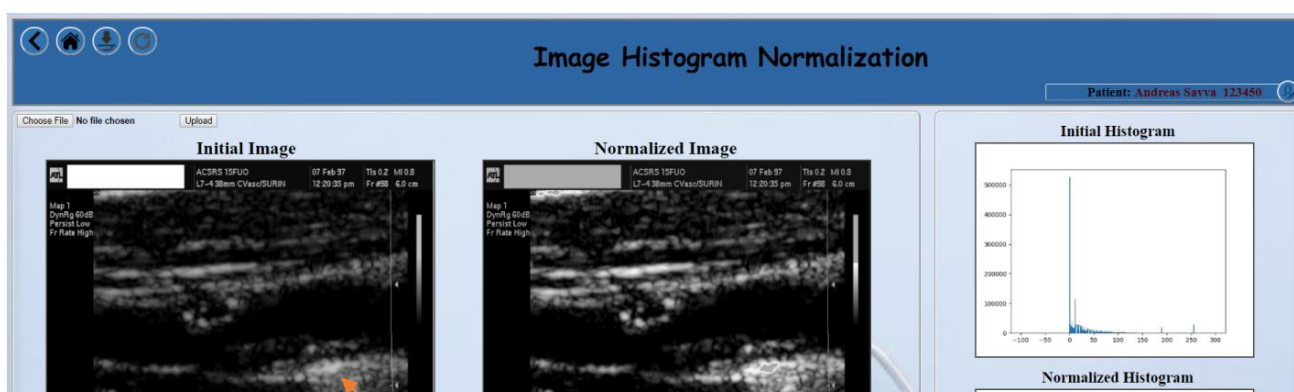


Figure 25 – Image normalization: step 1.

User can press Zoom in/Zoom out if required. Then perform the following steps:

- 1) Press Define Low.
- 2) Select two points on the image to define the blood area. Try avoiding areas with “noise”.
- 3) Press Define High.
- 4) Select two points on the image to define the adventitia area (middle 2/4^{ths} of the brightest part).
- 5) Press Start Normalization

It is essential to use the zoom facility prior to step 3 in order to be able to select the middle 2/4^{ths} of the brightest section of adventitia adjacent to the plaque (Figure 26).



When normalization is finished, the normalized image is shown on the right site of the screen (Figure 27).

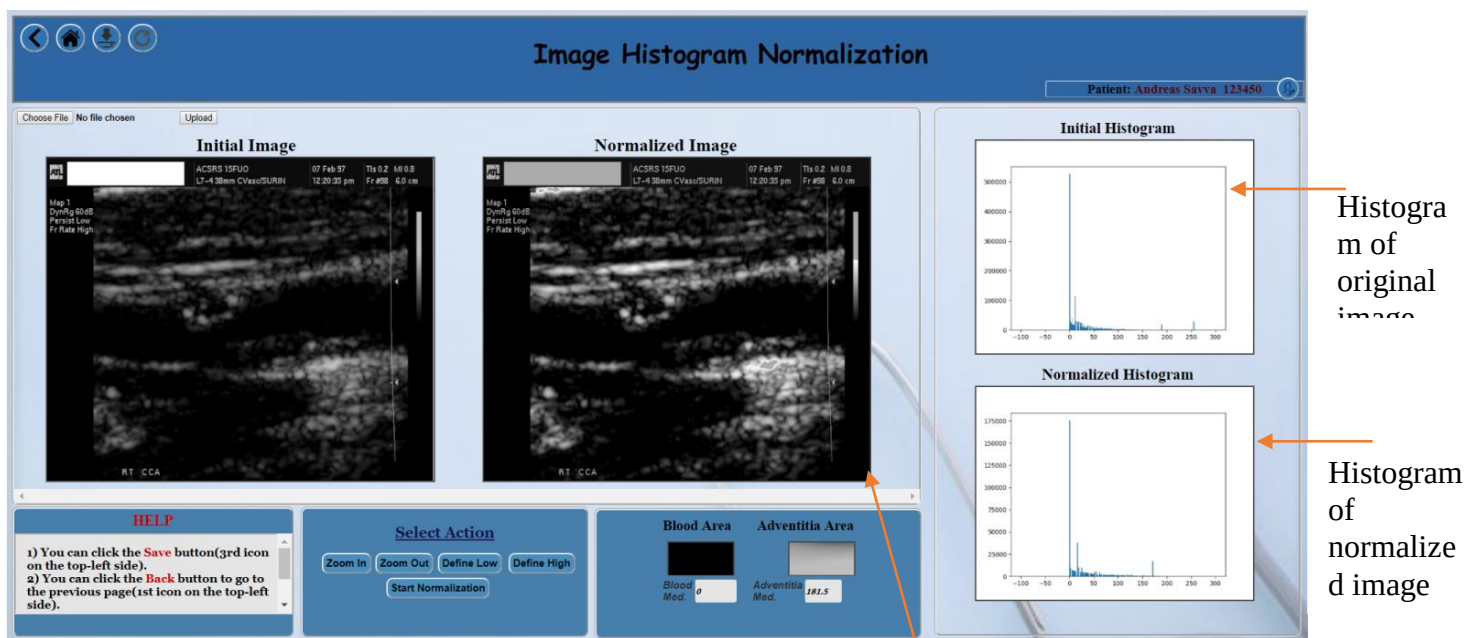


Figure 27 – Normalized image is shown to

Normalized image

The normalized image can be saved on the server by pressing the save file button. The image will be saved as (image_filename)_**norm**.(type_of_original_image) . When the file is saved the check box next to the save file button will appear as checked.

Image Scale Definition / Measurements

Several measurements such as intima-media thickness (IMT), plaque thickness, adventitia to adventitia distance or plaque area can be made through this module. This module can be used as a stand-alone option without using other modules. The main panel of this module is shown in Figure 10. On the left side of the panel the user is able to select the drive on which the images have been saved. In the list box near the drive selection the user is able to select the black and white image that will be opened. On the right side of the panel the user can select the corresponding color image that will be displayed next to the black and white image in order to help in the identification of the plaque outline. This is useful for plaques with black areas.

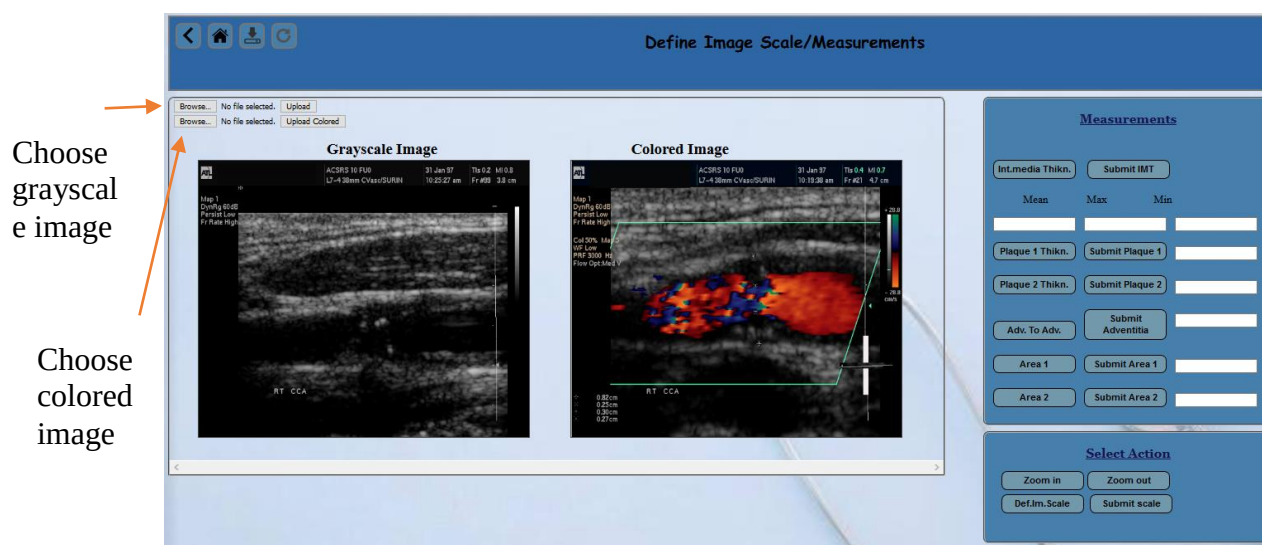


Figure 28– Image scale/ Measurements screen

If a colored image is chosen to upload at the Grayscale canvas, the image automatically transformed to grayscale.

This screen has two groups of buttons; the first group is the group of zoom and define image scale (Figure 29) and the second the group of measurements (Figure 32).

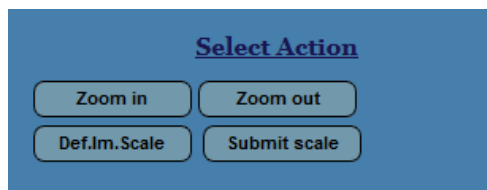


Figure 29– First group of buttons

When the Def.Im.Scale button is pressed the cursor becomes a cross. The user has to select two points on the image scale (Figure 30) and press enter. An input dialog asking about the distance of the two points in millimetres will appear for final scale definition (Figure 31). Then, the user has to press Submit scale.

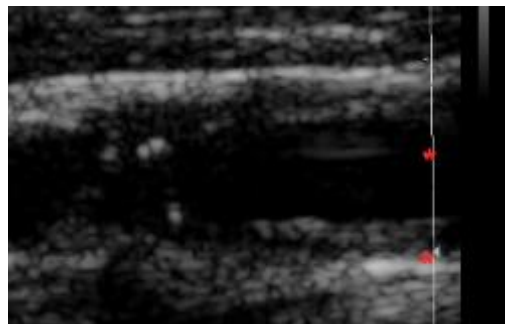


Figure 30– Scale – Selection of points

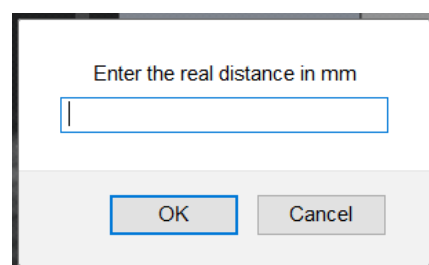


Figure 31– Final Scale Definition

The next group of buttons is the measurements group (Figure 32). The image scale has to be defined before these buttons can be used

Figure 32 – U/S image Measurements

The first measurement is the IMT. After pressing this button the cursor becomes a cross and the user can select any number of pairs of points on the image and Submit IMT (Figure 33). The mean, max and min IMT is automatically calculated and displayed. If user selects an odd number of points, then the last number is ignored.

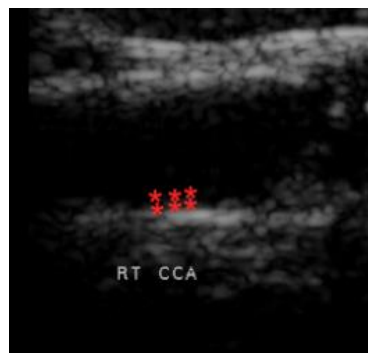


Figure 33 - Intima media Thickness

The second measurement of this group is the plaque thickness. When pressing this button the cursor becomes a cross and the user has to select a pair of points on the image and press Submit plaque (Figure 34).

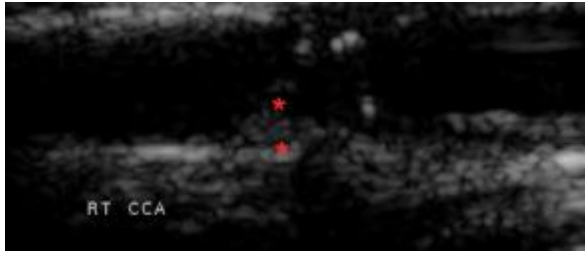


Figure 34 – Plaque Thickness

The third measurement is the same as the second one. It is used in vessels that have two plaque components.

The fourth measurement is the vessel width (adventitia to adventitia). When pressing this button, the cursor becomes a cross and the user has to select as many pairs of points as he/she wants on the image and press Submit Adventitia (Figure 35). The mean vessel width is automatically calculated and displayed.

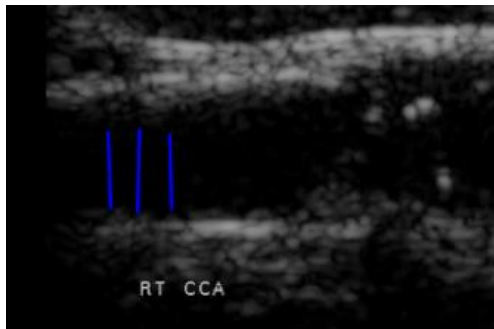


Figure 35– Vessel width

Finally, the area 1, 2 buttons are for measuring two different areas of the image (Figure 36). This is a free measurement tool that gives the selected area in mm².

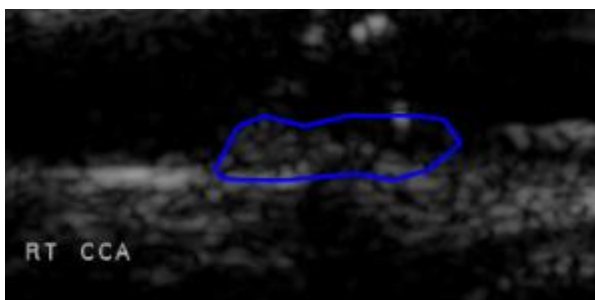


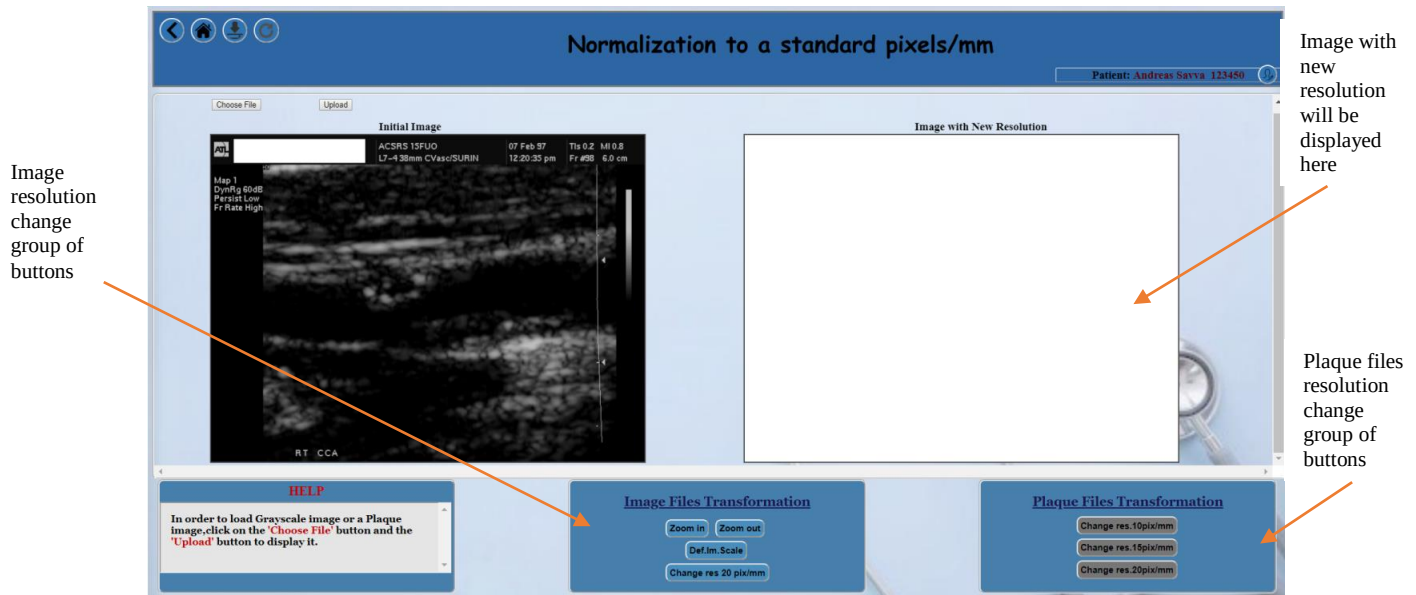
Figure 36– Area

When finished with all actions the screen will appear.

Measurements are automatically saved in the database.

Change image visual resolution

Through this option the user is able to standardize whole or images of a previously cropped plaque to a fixed number of pixels per mm. Figure 37 shows the main screen of this option.



following.

1. Press the "Choose File" button.
2. Write "no" into the prompt question for uploading plaque or not.
3. Choose the image and click the "Upload" button.
4. Press the "Def.Im.Scale" button (see def. image scale / measurements section) to define the scale of the image. The cursor becomes a cross.
5. Select two points on the image scale and press enter.
6. Give the real distance of the two points in millimeters into the input dialog that is appeared.
7. Press "Change res 20 pix/mm button".

Note 1: The selected points must be on the same vertical line.

Note 2: The Zoom In/ Zoom Out action is very useful for the exact selection of the two points.

Note 3: During the step 5, the user is able to delete a point that was selected by mistake by pressing the 'd' button from the keyboard.

The resolution of the selected image will be changed to 20 pixels per mm according to the bicubic interpolation method and the new image will be saved as file_name_20res.(type_of_original_image).

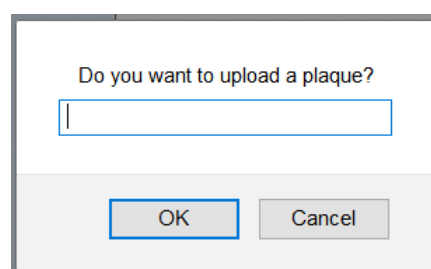


Figure 38 – Input dialog to upload plaque

To change the resolution of a previously cropped plaque, (see image crop section) please do the following:

1. Press the “Choose File” button.
2. Write “yes” into the prompt question for uploading plaque or not.
3. Choose the image and click the “Upload” button.
4. Choose the new resolution and press the appropriate button “Change res 10pixels/mm, 15pixels/mm or 20pixels/mm” . The plaque file will be changed to the new resolution, using the bicubic interpolation method.

The

new file will be saved as

file_name_plq_num_10res.(type_of_original_image),

file_name_plq_num_15res.(type_of_original_image) or

file_name_plq_num_20res.(type_of_original_image) respectively.

Note: when cropping the plaque one should define the scale of the image. If this is not done then the resolution of the plaque image cannot be changed (see Image Crop section).

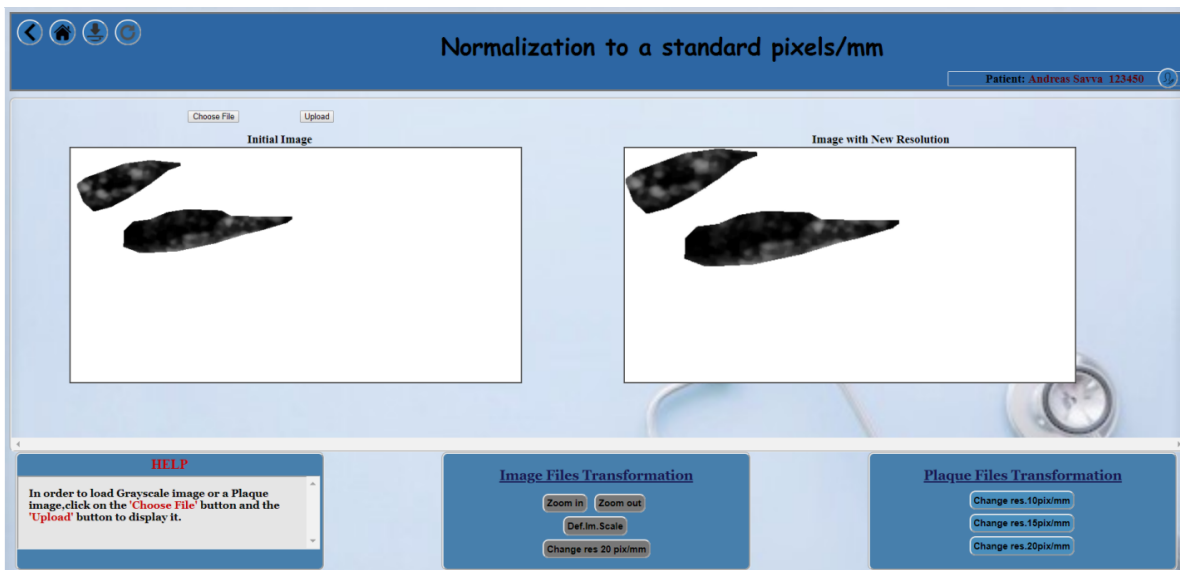


Figure 39 – Normalization of a plaque image

The images with the new resolution, are automatically saved into a folder named with the ID of the patient, on server.

In order to save the results to the database, the user must select the third icon at the top left of the page.

Image Crop

This module provides a means of selecting and cropping a plaque from an U/S carotid

image. Figure 40 shows the main panel of this module. On the left side the user is able to select the grayscale image that will be opened. On the right side of the panel the user may select the corresponding color image that can be displayed in order to help in the identification of the plaque outline (useful for plaques with black areas).

In order to change the contrast of the displayed image, the user can choose log image

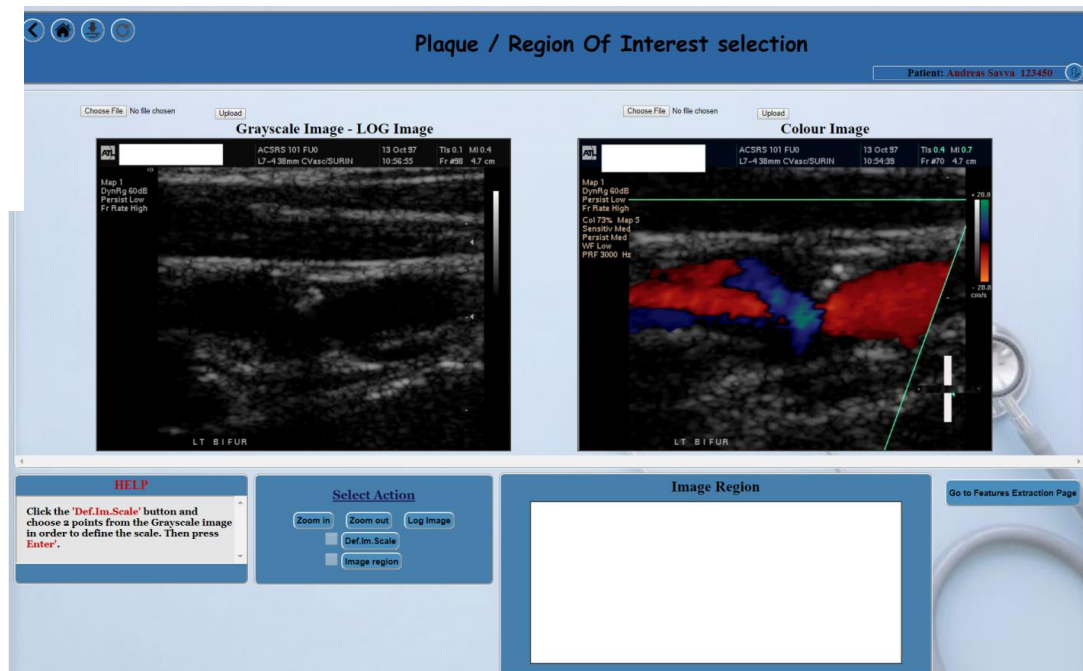


Figure 40 – Image Crop main panel

The buttons (on the Select Action part and those for uploading the RGB image) cannot be selected until the grayscale image is selected.

For the image region crop, please do the following:

1. Upload the grayscale Image in order to let the button on the Select Action section to be enabled.
2. Upload the RGB image (not necessary).
3. Press the “Def.Im.Scale” button to define the scale of the image. The cursor becomes a cross →
4. Select two points on the image scale and press enter.
5. Give the real distance of the two points in millimeters into the input dialog that is appeared.
6. Press the “Image Region” button to select the region of interest. The cursor becomes a cross.
7. Select different points on the image in order to select the polygon outlining the plaque.
8. Press enter and the region will be displayed at the bottom of the panel.

Note 1: When an image, which is not gray scale such as RGB, or intensity image is loaded on the left screen, the program transforms the image automatically into Gray Scale.

Note 2: The user is able to change the contrast of the grayscale image in order to better distinguish the plaque area, by pressing the “Log Image” button.

Note 3: The Zoom In/ Zoom Out action is very useful for the exact selection of the points.

Note 4: When selecting points, the user is able to delete a point that was selected by mistake by pressing the ‘d’ button from the keyboard.

Note 5: If the “Image Region” button is selected without having defined the scale of the image, a warning message will be appeared (Figure 41).

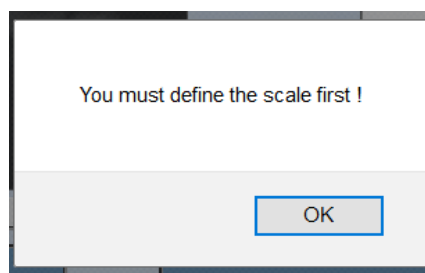


Figure 41 – Warning message for Note 5.

Selection
of a polygon
on GrayScale
image

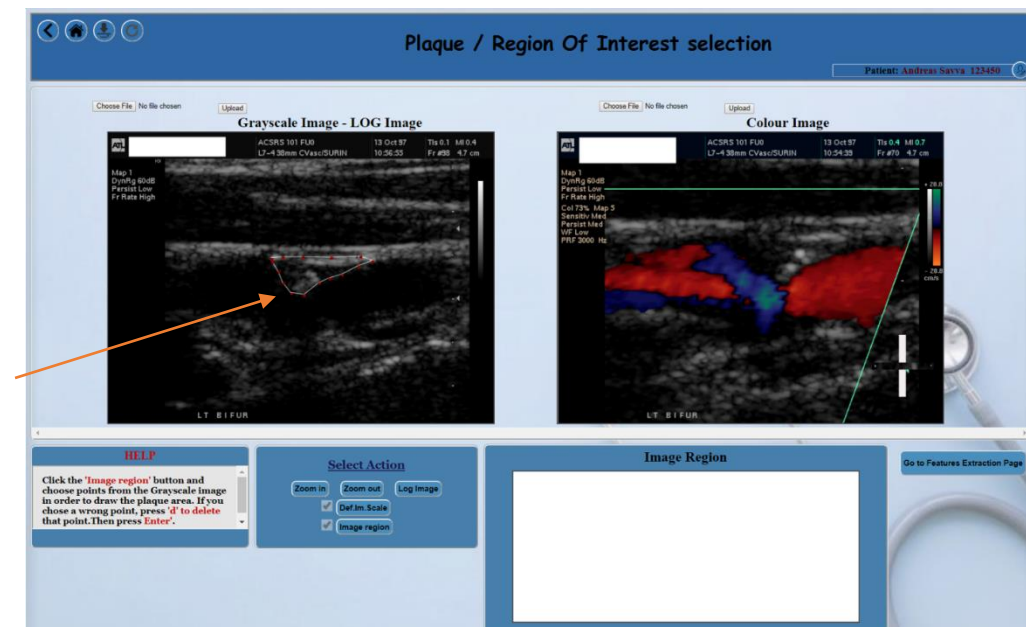


Figure 42 – Selections of polygon

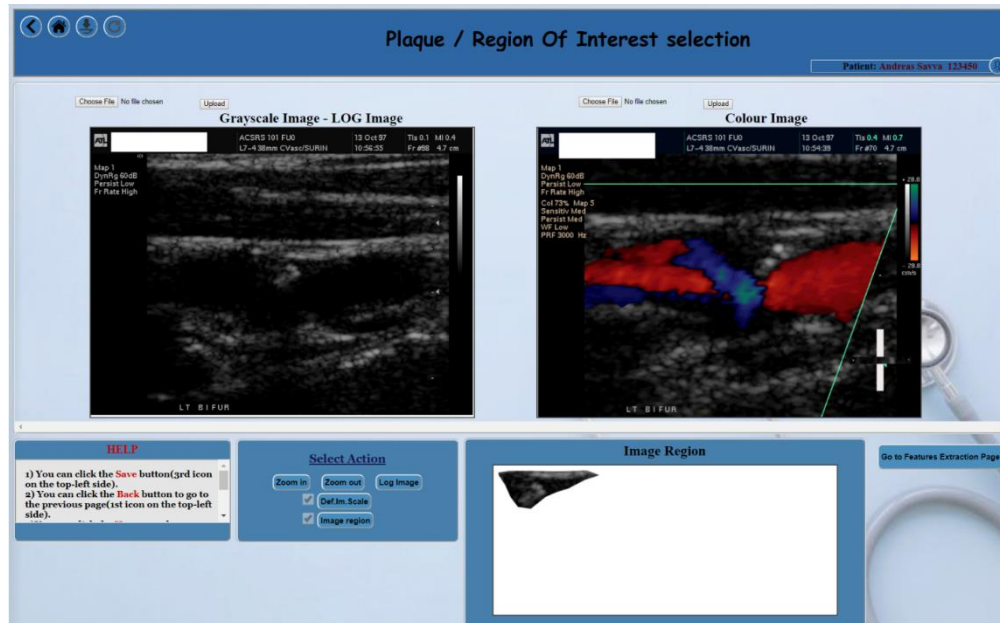


Figure 43 – Cropped plaque appears

Explanation of step 7:

The user is able to select two plaque components (if necessary) from one image, as can be seen in the following figures (Figure 44 and Figure 45). In order to select the two plaques without having unnecessary pixels connecting them the user has to connect the two plaques by a thin line (Figure 45).

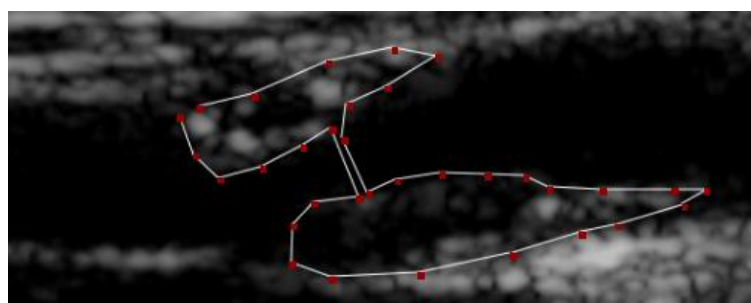


Figure 44 – Selection of plaques

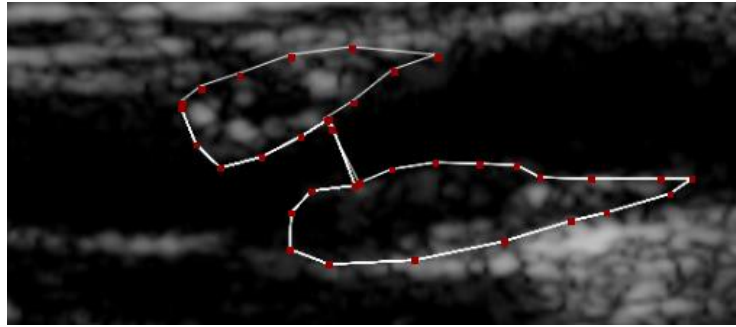


Figure 45 – Plaques connected by a thin line

When the step 7 is done, the selected region is displayed on the “Image Region” canvas (Figure 46).

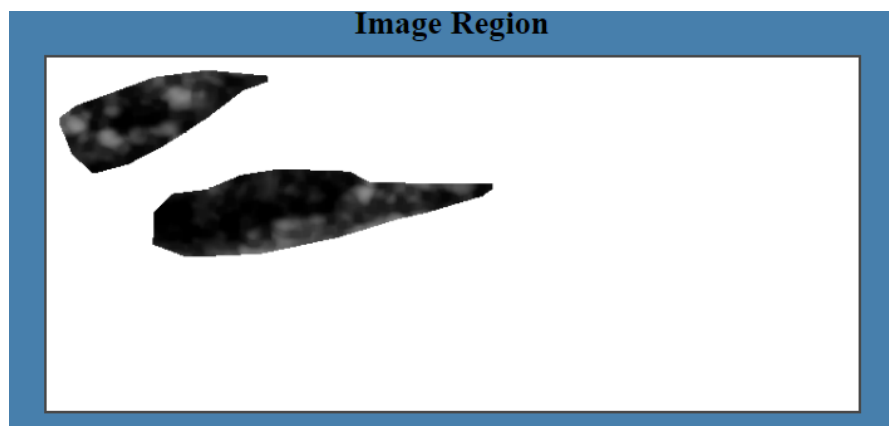


Figure 46 – Selected plaque

All the images among with the image at 20 pixels/mm which is automatically created, are saved into a folder named with the ID of the patient, on server. In order to save the results to the database, the user must select the third icon at the top left of the page.

Plaque texture parameters tool

The fifth module of the program is the plaque texture parameters tool. This function / tool can be selected either from the initial screen - features extraction (Figure 24) or from the image crop tool screen – feature extraction (Figure 47).

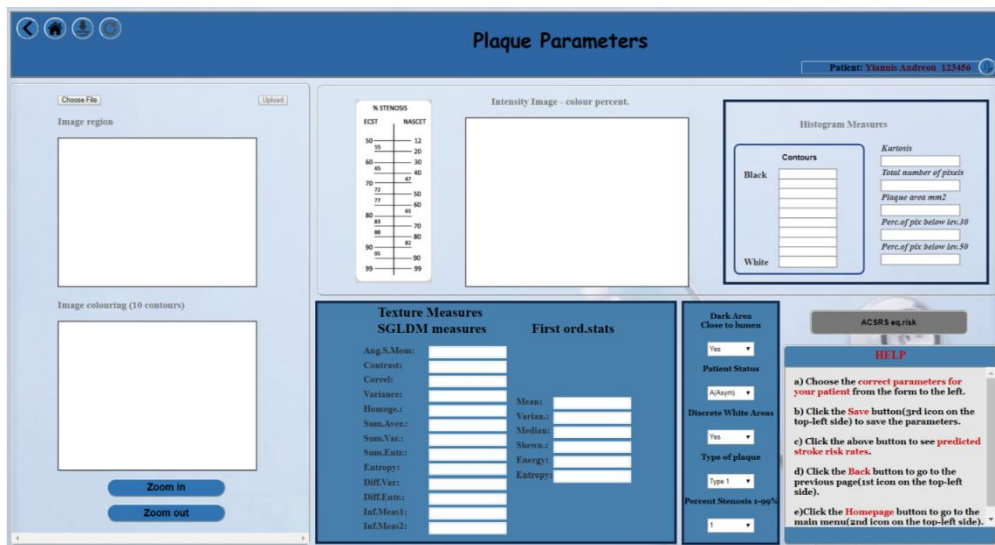


Figure 47 – Feature extraction

Firstly, the “Choose File” button must be selected and a popup window will be appeared (Figure 48). Choose the name of a plaque, and load this plaque. The system calculates the parameters as shown in Figure 49.

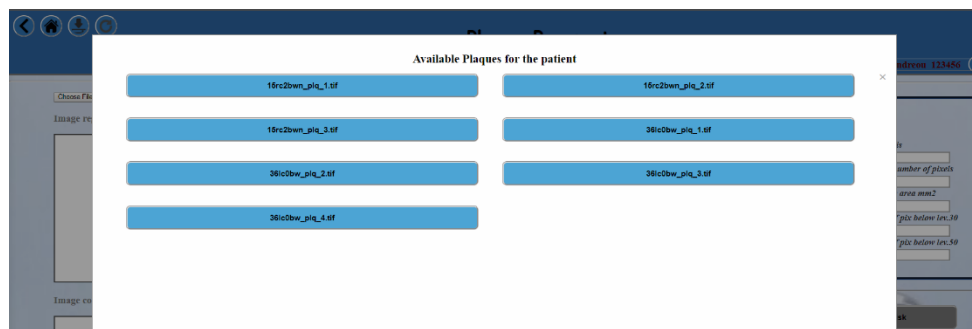


Figure 48 – Choose name of a plaque

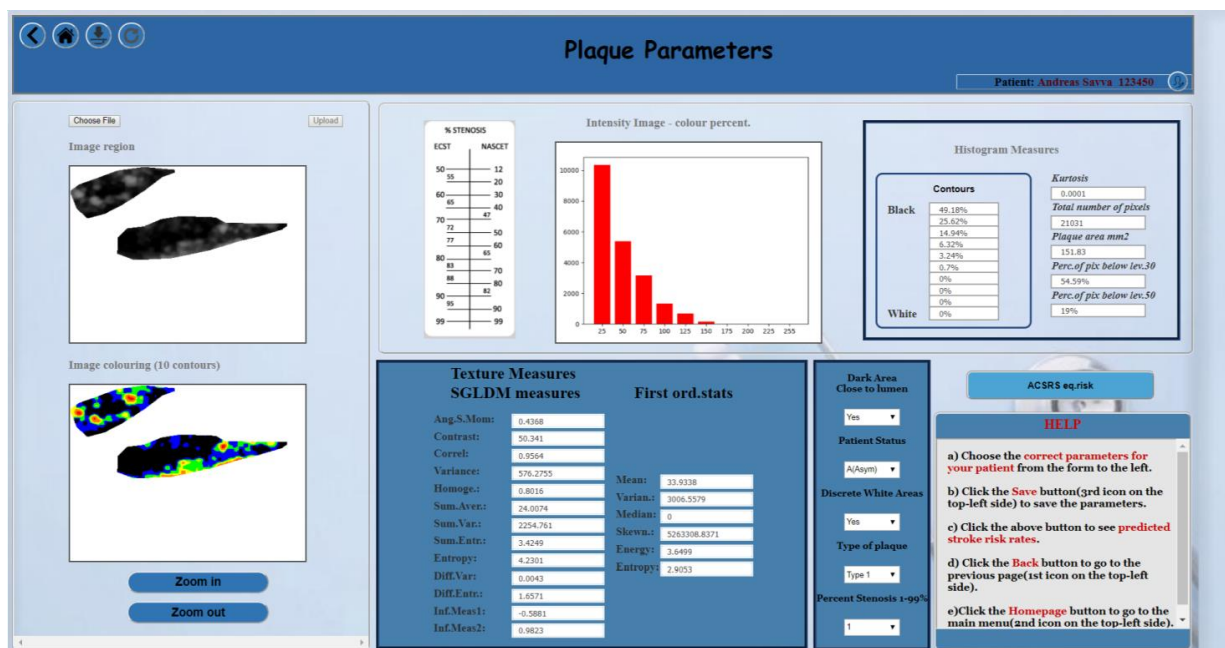


Figure 49 – Parameters of plaque

Image contour coloring

In order to support plaque viewing, a coloring option has been added to this module.

The pixels of the cropped plaque are displayed in ten colors according to the following coloring scheme (Figure 50).

Gray levels	0-25: Black
	26-50: Blue
	51-75: Green
	76-100: Yellow
	101-125: Orange
	126-255: Red

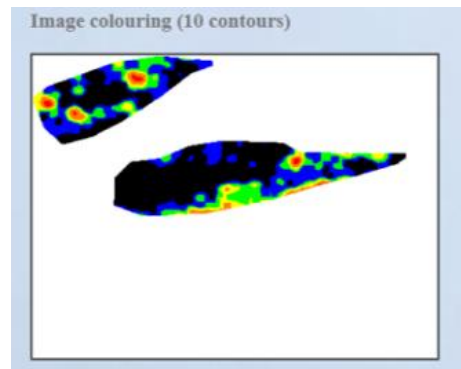


Figure 50 – Colored plaque

Image texture features:

The texture features available make this module a powerful research tool. They consist of histogram measures, first order gray level parameters and Spatial Gray Level Dependence Matrices (SGLDM).

For definitions and brief descriptions of these texture features please see Appendix B.

Additional features option:

Through this option the user is able to record some extra characteristics of the plaque

such as the presence of a dark area adjacent to the lumen, patient status (Asymptomatic, AF, TIA, or Stroke), the presence of discrete white (red) areas in the plaque, type of plaque according to the Geroulakos classification and percentage of stenosis. The type of plaque is calculated automatically by the program, which quotes both plaque type 4 and 5 as 4. However, the plaque type can be changed manually.

Furthermore, predicted stroke risk rates, based on the results from the ACSRS study, can be calculated through this module. User has to press the ACSRS eq.risk button, answer the question about history of contralateral TIAs and stroke; and the predicted stroke risk rates will be calculated and displayed (Figure 52).

For details on how to calculate the stroke risk rates, please see Appendix C.

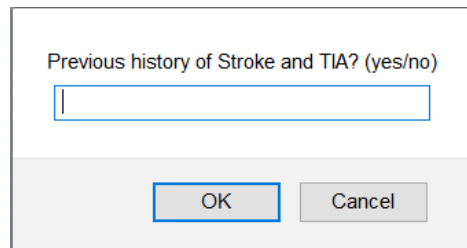
A screenshot of a software input dialog box. The dialog has a light gray border and a white background. At the top, the text "Previous history of Stroke and TIA? (yes/no)" is displayed in a small, black, sans-serif font. Below this text is a single-line text input field with a thin blue border. At the bottom of the dialog, there are two buttons: "OK" on the left and "Cancel" on the right. Both buttons have a light gray background and a thin blue border. The "OK" button is slightly larger and more prominent than the "Cancel" button.

Figure 51 - Input dialog for previous history of Stroke or TIA

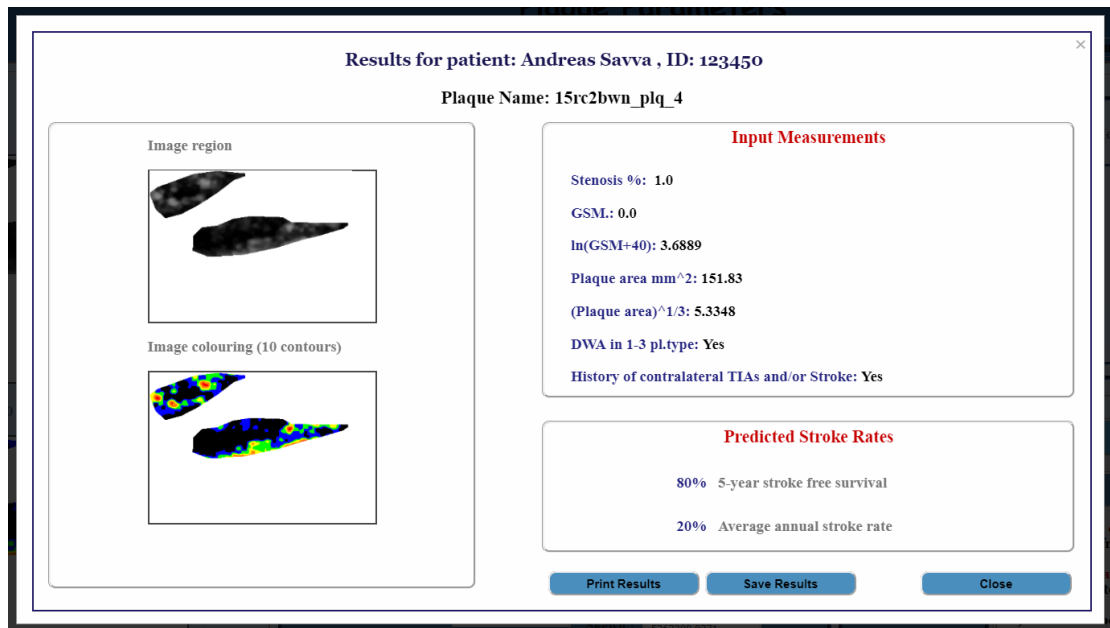


Figure 52 – Predicted stroke risk rates based on the ACSRS results

Patient's Personal information

As can be seen from the pictures of the functions, once the doctor chooses or records a patient, then the patient's name appears at the top of the page on the right along with his / her identity (Figure 53). Next to the data, a button is displayed which, when selected, enables the physician to update and / or process the patient's data (Figure 5.49).

The physician can process all of the data, except for the patient's identity, for security issues. When a change is made, the save button is selected (second button on the top left), and the appropriate confirmation message appears



Figure 53 – Patients ID

Appendix A

Instructions to Ultrasonographers

Recommended settings of duplex scanner for plaque image analysis (El-Atrozy et al, 1998)

For carotid and femoral bifurcation scanning, a high-frequency linear array transducer(ideally 7 10 or 7-12 MHz) should be used. Several technical ultrasound settings need to be observed to ensure optimum image quality for measurements of IMT, plaque thickness and analysis of plaques / images.

1. Maximum dynamic range should be used. The dynamic range refers to the way in which gray scale information is compressed. A high dynamic range ensures a greater display of gray scale values which is important for ultrasonic tissue characterization.
2. Persistence should be set on low and frame rate set on high, the latter ensuring good temporal resolution
3. The Time Gain Compensation curve (TGC) should be sloping through the tissues but should be positioned vertically through the lumen of the vessel, because there is little attenuation of the beam as it passes through blood. This will ensure that the adventitia of the anterior wall has the same brightness as the adventitia of the posterior wall.
4. The overall gain should be adjusted to give optimum image quality. It should be turned up until there is noise in the lumen of the artery and then reduced to minimise but not abolish the noise. Areas of blood without noise should be available.
5. A linear post-processing curve should also be used.
6. Where possible the ultrasound beam should be at 90° to the arterial wall.

Measurements

1. IMT of the Common Carotid Artery (mm)

This is a measurement of the Intima-Media thickness (IMT) on the far wall of the common carotid artery 1-2 cm proximal to the bifurcation. It is well documented that measurements taken from the near wall are less accurate and therefore less reproducible than those taken from the far wall. This is because the adventitia is more echogenic than the media and bright echoes produced by the adventitia of the near wall can “spill” into the adjacent media . Thus, echoes from the media are lost. This effect is far less apparent on the far wall where the media and media-adventitia interface are closer to the probe than the adventitia.

2. Presence of Plaque

Plaque is defined as a localized thickening involving the intima and media in the bulb, internal carotid, external carotid or common femoral arteries which is greater than 1.2 mm.

APPENDIX B

Image texture features (Description of algorithms used)

Several parameters are available in order to provide the user a wide choice. Based on the gray level values the parameters are divided into several groups as shown in the plaque parameters tool.

First order gray level parameters

In this category [[3]] the parameters are derived from the gray level histogram. They describe the gray level distribution without considering spatial independence; as a result they can only describe echogeneity of texture and the overall variation characteristics within the Region Of Interest (ROI). The parameters used from this category are:

The Mean gray level (MEA):

$$MEA = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j g(i,j)$$

this parameter describes the pixels mean gray level in a ROI.

Variance (VAR):

$$VAR = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j (g(i,j) - MEA)^2$$

This parameter describes the histogram width or an estimation whether the differences of the pixels gray level in the ROI differs from the mean gray level.

Kurtosis (KUR):

$$KUR = \frac{1}{N} \left[\frac{\sum_i \sum_j (g(i,j) - \mu)^4}{\sigma^4} \right]$$

Median (MED): Is the median gray level of image gray levels

Skewness (SKE):

$$SKE = \frac{\left[\sum_i \sum_j (g(i,j) - \mu)^3 \right]}{N}$$

Energy (ENER) :

$$ENER = \sum_i p(i)^2$$

Entropy (ENT) :

$$ENT = -\sum_i p(i) \log(p(i))$$

where $g(i,j)$ is the gray level of the pixel (i,j) , N is the total number of pixels in the specified ROI, μ & σ are the mean value and standard deviation of total number of pixels, p is the probability distribution table.

The Spatial Gray Level Dependence Matrices (SGLDM)

The SGLDM [[8], [10]] algorithm is based on the assumption that texture properties of an image are contained in the overall or “average” spatial relationship between the gray levels in the image. SGLDM is based on the estimation of the second order conditional probability density $f(i,j;d,\theta)$. Each value $f(i,j;d,\theta)$ represents the probability that two different resolution cells which are in the direction specified by an angle θ and have distance d , will have gray level values i and j respectively.

Assume that we have to analyse a rectangular image of size $N_x \times N_y$ (where N_x are the resolution cells in the x direction and N_y in the y direction). Each cell's gray level value is quantitised to N_g levels. Let $L_x = \{1, 2, \dots, N_x\}$ be the horizontal spatial domain, $L_y = \{1, 2, \dots, N_y\}$ be the vertical spatial domain, $G = \{1, 2, \dots, N_g\}$ be the quantitised gray level values of the image. $L_x \times L_y$ is the set of resolution cells of the image. The image can be represented as a function $I(x,y)$, which has quantitised values from the set $1, \dots, N_g$ for each different pair of coordinates (x,y) , $I: L_x \times L_y \rightarrow G$.

The estimation of $f(i,j;d,\theta)$ is evaluated for angles quantitised to 45° . Normalised frequencies are defined by:

$$\begin{aligned} P(i, j, d, 0^\circ) &= \# \{ ((k,l), (m,n)) \in (L_y \times L_x) \\ &\quad \times (L_y \times L_x) : k - m = 0, |l - n| = d, \\ &\quad I(k,l) = i, I(m,n) = j \} \\ P(i, j, d, 45^\circ) &= \# \{ ((k,l), (m,n)) \in (L_y \times L_x) \\ &\quad \times (L_y \times L_x) : (k - m = d, l - n = -d) \\ &\quad \text{or } (k - m = -d, l - n = d), \\ &\quad I(k,l) = i, I(m,n) = j \} \\ P(i, j, d, 90^\circ) &= \# \{ ((k,l), (m,n)) \in (L_y \times L_x) \\ &\quad \times (L_y \times L_x) : |k - m| = d, l - n = 0, \\ &\quad I(k,l) = i, I(m,n) = j \} \\ P(i, j, d, 135^\circ) &= \# \{ ((k,l), (m,n)) \in (L_y \times L_x) \\ &\quad \times (L_y \times L_x) : (k - m = d, l - n = d) \\ &\quad \text{or } (k - m = -d, l - n = -d), \end{aligned}$$

$$l(k,l) = i, l(m,n)=j \}$$

Where # denotes the number of elements in the set.

If texture is coarse and d is small, compared to the texture elements, the pairs of points with distance d will have similar gray level values so the points on the main diagonal of the matrices $P(i,j;d,\theta)$ will have high values. If texture is smooth the values will be more spread out.

The characterisation is done using features which measure the scatter around the main diagonal of the matrices. Harallick et al. (1973) has proposed 14 measures to extract useful texture information from an image. Some of the measures relate to specific textural characteristics of the image, such as homogeneity, contrast, the presence of organised structure within the image, complexity and nature of gray tone transitions.

Despite the fact that several characteristics contain information about certain textural features, it is difficult to identify which characteristic is identified by each measure.

The program calculates the following features:

Angular Second Moment (ASM):

$$f_1 = \sum_i \sum_j \{p(i,j)\}^2$$

Contrast (CON):

$$f_2 = \sum_{i=1}^{N_g-1} n^2 \left\{ \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i,j) \right\}_{|i-j|=k}$$

Correlation (COR):

$$f_3 = \frac{\sum_i \sum_j (ij) p(i,j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$$

Sum of squares: Variance (VAR):

$$f_4 = \sum_i \sum_j (i-j)^2 p(i,j)$$

Inverse Difference Moment – Homogeneity (HOM):

$$f_5 = \sum_i \sum_j \frac{1}{1+(i-j)^2} p(i,j)$$

Sum Average (SAV):

$$f_6 = \sum_{i=2}^{2N_g} i p_{x+y}(i)$$

Sum Variance (SVA):

$$f_7 = \sum_{i=2}^{2N_g} (i - f_8)^2 p_{x+y}(i)$$

Sum Entropy (SEN):

$$f_8 = - \sum_{i=2}^{2N_g} p_{x+y}(i) \log\{p_{x+y}(i)\}$$

Entropy (ENT):

$$f_9 = - \sum_i \sum_j p(i, j) \log(p(i, j))$$

Difference Variance (DVA):

$$f_{10} = \text{variance of } p_{x-y}$$

Difference Entropy (DEN):

$$f_{11} = - \sum_{i=0}^{N_g-1} p_{x-y}(i) \log\{p_{x-y}(i)\}$$

Information Measures of Correlation:

(InM1):

$$f_{12} = \frac{HXY - HXY1}{\max\{HX, HY\}}$$

(InM2):

$$f_{13} = (1 - \exp[-2.0(HXY2 - HXY)])^{1/2}$$

$$HXY = - \sum_i \sum_j p(i, j) \log(p(i, j))$$

Where HX and HY are the entropies of p_x, p_y and

$$HXY1 = - \sum_i \sum_j p(i, j) \log\{p_x(i) p_y(j)\}$$

$$HXY2 = - \sum_i \sum_j p_x(i) p_y(j) \log\{p_x(i) p_y(j)\}$$

where N_g is number of gray levels, μ_x & σ_x are the mean and standard deviation of the row sums of the matrix $p(i, j)$, and μ_y & σ_y are the corresponding statistics of the column sums with p_{x+y} and p_{x-y} given by:

$$p_{x-y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j), \quad k=0,1,\dots,N_g-1$$

$$|i-j|=k$$

$$p_{x+y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j), \quad k=2,3,\dots,2N_g$$

$$i+j=k$$

Each measure is evaluated for $d=10^1$ and $\theta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$; features are obtained from the sample mean of the estimated values.

Appendix C

Calculation of predicted 5 year survival based on the ACSRS study results

The hazard ratios for covariates presented in table 1 can be combined with the baseline survival function to predict 5-year survival probabilities for a patient with a given set of covariates.

For an individual with baseline covariate values (close to mean covariates) as listed in table 2 the stroke free survival at 5 years, $S_0(5y)$ is estimated as 0.972.

Table 1

Proportional hazards models with ipsilateral CORI events as the dependent variable.

(GSM = Gray Scale Median; DWA = Discrete White Areas; HR = Hazard Ratio).

Clinical factors with plaque features. Ipsilateral hemispheric stroke as the dependent variable. 5-year baseline hazard estimated as .972; Harrell's C = .80; Pseudo R² = .61

Variable	β	HR	95% CI	P
Stenosis (% ECST)	0.026	1.03	1.00 to 1.05	0.024
Log(GSM + 40)	-2.672	0.07	0.02 to 0.20	<0.0001
Plaque area ^{1/3} (mm ³)	0.629	1.88	1.28 to 2.75	<0.0001
DWA (Present vs. absent)	0.429	1.54	0.81 to 2.92	0.18
History of contralateral TIAs and/or stroke (Yes vs. no)	0.973	2.65	1.54 to 4.54	<0.0001

Table 2. Baseline covariates and transformed values in an individual

Covariate	Baseline value	Corresponding transformations
Stenosis, %	80	None
GSM	30	$\ln(\text{GSM}+40) = 4.248$
Plaque area, mm ²	40mm ²	$(\text{Plaque area})^{1/3} = 3.420$
DWA	Absent	0
History of contralateral TIAs and/or stroke	Absent	0

Predicted 5-year stroke free survival for a patient with different values of the covariates in table 2 can be calculated as follows.

1. Transform continuous covariates using the formulae given in table 2, third column.
2. Using these (possibly transformed) values, calculate the differences, x , between the value you are interested in and the values used in $S_0(5y)$ (Table 3, second column).
3. Multiply each of these differences by the corresponding log-hazard ratio, β , from table 1 to obtain βx as shown in table 3 column 4.
4. Sum the values obtained in step 3 above to denote this as βx .

5. Calculate $\exp(\beta x)$
6. Compute predicted survival probability as a percentage for a patient using $100 \times 0.972^{\exp(\beta x)}$.

Following this calculation for a patient with 90% stenosis, GSM = 10, plaque area = 80 mm², DWA present and history of contralateral TIAs and/or stroke absent:

1. $\ln(\text{GSM}+40) = 3.912$. $(\text{Plaque area})^{1/3} = 4.309$

Table 3 Steps 2 and 3 in the calculation of 5 year predicted stroke free survival

Variable	Calculation	2. x	β	3. βx
Stenosis	$90 - 80$	10	0.026	0.2600
$\ln(\text{GSM}+40)$	$3.912 - 4.248$	-0.336	-2.672	0.8978
$(\text{Plaque area})^{1/3}$	$4.309 - 3.4200$	0.889	0.629	0.5592
DWA	$1 - 0$	1	0.429	0.4290
History of contralateral TIAs and/or stroke	$0 - 0$	0	0.973	0

4. Sum of $\beta x = \beta x = 0.2600 + 0.8978 + 0.5592 + 0.4290 + 0 = 2.1460$
5. $\exp(2.146) = 8.551$
6. Predicted 5-year stroke free survival $100 \times 0.972^{\exp(2.146)} = 78.4\%$

Appendix D

Description of database tables

There are eight tables in the database, which are explained below:

- **Administrators Data table (adminData):**

This table includes the details of system administrators, who can add a new physician.

Specifically, this table includes the following:

- id: This field is the primary key of the table and is automatically generated for each administrator in ascending order.
- email: The administrator email, varchar type. Obligatory field.
- password: This is the code of the administrator to be able to connect to the system, encrypted using the Secure Hash Algorithm 256.

- **Patients Data Table (patientData):**

This table includes the demographics of the patient so the doctor can identify him when he wants to process his own ultrasound images.

Specifically, this table includes the following:

- id: This field is the primary key of the table and is automatically generated for each patient in ascending order.
- patient_id: It is the patient's identity which is completed by the doctor. It is a varchar type. The field is mandatory.
- national_healthcare_patient_id: It is the number of the patient's international medical card. It is a varchar type. Non-mandatory field.
- given_name: The name of the patient, type varchar. Obligatory field.
- family_name: The patient's surname, varchar type. Obligatory field.
- date_of_birth: The date of birth of the patient, type date. Obligatory field.
- gender_coding: The patient's gender. M - Male, F - Female. Obligatory field.
- telephone_no: Patient phone number, int type. Obligatory field.
- email: Patient e-mail, varchar type. Non-mandatory field.

- address_id: The key that appears in the addressData table, and specifies the patient address details (Foreign Key).
-
- Doctors Data Table (doctorData):
 This table includes the demographics of the doctor, which the administrator states when he adds a new doctor. The doctor himself can then process it.
 In particular, it includes the following fields:
 - di: This field is the primary key of the table and is automatically generated for each doctor in ascending order.
 - doctor_id: It is the doctor's identity. It is a varchar type. The field is mandatory.
 - national_healthcare_doctor_id: It is the number of the doctor's international medical card. It is a varchar type. Non-mandatory field.
 - given_name: The name of the doctor, type varchar. Obligatory field.
 - family_name: The doctor's surname, varchar type. Obligatory field.
 - date_of_birth: The date of birth of the doctor, type date. Obligatory field.
 - gender_coding: The doctor's gender. M - Male, F - Female. Obligatory field.
 - telephone_no: Doctor phone number, int type. Obligatory field.
 - email: Doctor e-mail, varchar type. Mandatory field.
 - pass_word: It is the code that the physician declares to be able to connect to the system, encrypted using the Secure Hash Algorithm 256.
 - address_id: The key that appears in the addressData table, and specifies the doctor address details (Foreign Key).

- Physician – patient table (doctor_patient):

In this table there are the codes of doctors and their patients, so as to distinguish which doctor can access each patient's data and process his data.

In particular, it includes the following fields:

- di: The primary key of the table, automatically generated by the system, in ascending order.
- doctor_id: Foreign Key, corresponds to the primary key of the doctorData table, and states the doctor.
- patient_id: Foreign Key, corresponds to the primary key of the patientData table and indicates the patient.

- Addresses Data Table (addressData):

In this table can be found the details of the address of both the patient and the doctor.

Specifically, the address fields are:

- address_id: The primary key, which is automatically generated in ascending order, is what corresponds to the patient / physician with the addresses.
- street: Corresponds to street name. Field type varchar.
- street_no: Address number. Field type Int.
- province: Corresponds to the province or area of residence. Field type varchar.
- city: The city where the patient / doctor resides. Varchar field.
- country: The country of residence. Field type varchar.
- post_code: Postcodes. Varchar field.

- Table with the data of the ultrasound images (ultrasoundImages):

Table of data storage of each ultrasound image of the patient's carotid artery.

In particular, the following elements are included:

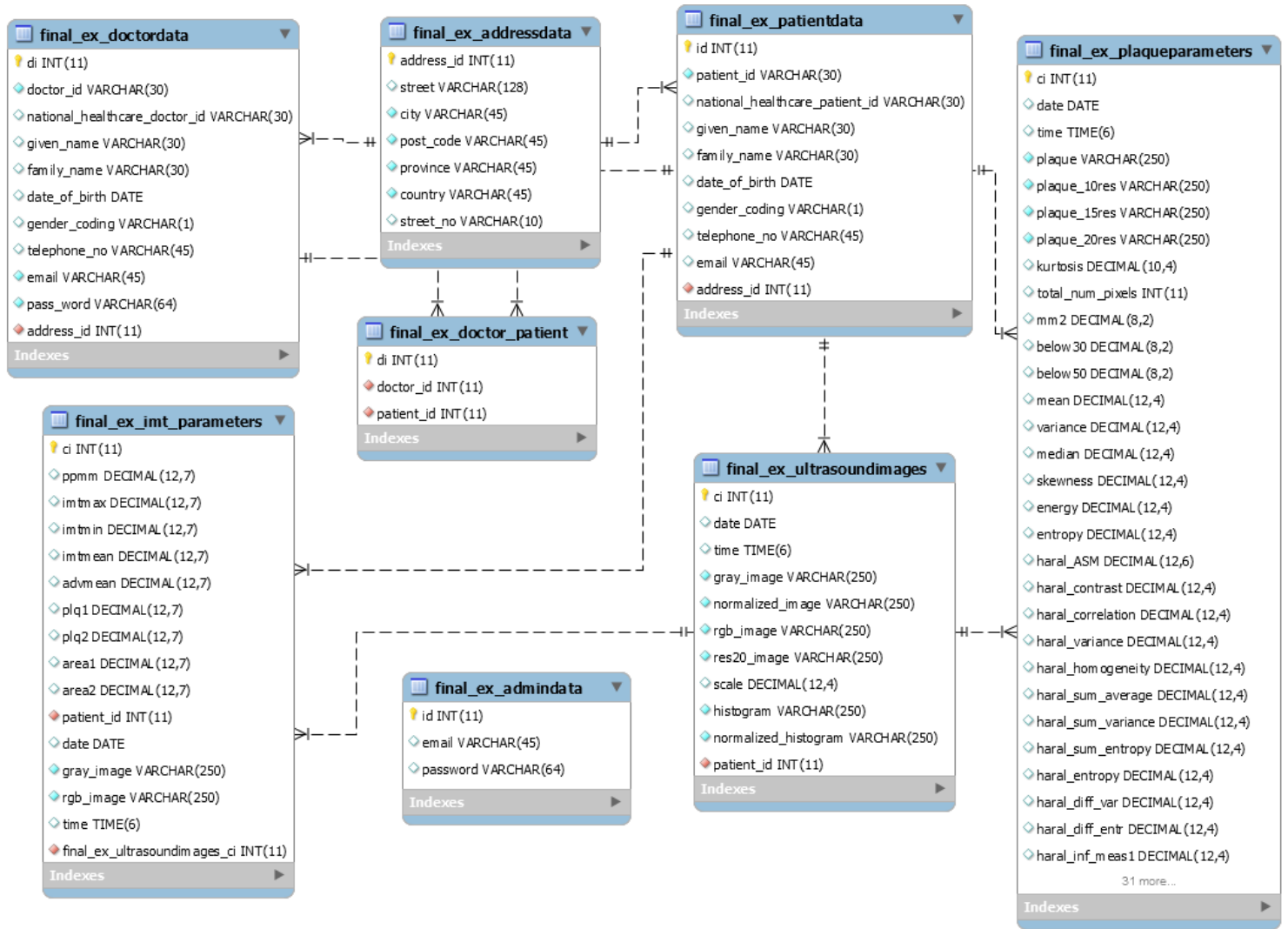
- ci: The primary key of the table, automatically generated by the system, in ascending order.
 - patient_id: the patient's mapping key of the ultrasonic image. It is matched to the primary key of the patientData table.
 - date: The date when this image was processed.
 - time: The time at which this image was processed.
 - gray_image: The ultrasonic image in grayscale form.
 - normalized_image: The normalized image created when performing the first operation.
 - rgb_image: The ultrasonic image in color.
 - res20_image: The ultrasonic image with a 20 pixels / mm resolution generated during the third and fourth operations.
 - scale: The scale of the image as stated by the doctor.
-
- Table with the IMT parameters (IMT_Parameters):
This table includes all the measurements related to IMT.
Specifically, this table includes:
 - ci: The primary key of the table, automatically generated by the system, in ascending order.
 - patient_id: the patient's mapping key of the ultrasonic image. It is matched to the primary key of the patientData table.
 - date: The date when this image was processed.
 - time: H The time at which this image was processed.
 - ppmm: The pixels per millimeter of the image scaling.
 - imtmax: The maximum number of IMT thickness.
 - imtmin: The minimum number of IMT thickness.
 - imtmean: The mean value of IMT thickness.
 - advmean: The mean value of vessel width.

- plq1: The thickness of plaque 1.
 - plq2: The thickness of plaque 2.
 - area1: The area of plaque 1.
 - area2: The area of plaque 2.
 - gray_image: The image in grayscale form.
 - rgb_image: The image in RGB form.
- Table with the elements and parameters of the plaque (plaqueParameters):
The last table of the database contains the data and measurements taken during the carotid plaque analysis.
The fields in this table are as follows:
 - ci: The primary key of the table, automatically generated by the system, in ascending order.
 - patient_id: the patient's mapping key of the ultrasonic image. It is matched to the primary key of the patientData table.
 - ultrasound_id: the plaque's mapping key of the ultrasonic image. It is matched to the primary key of the ultrasoundImages table.
 - date: The date when this image was processed.
 - time: H The time at which this image was processed.
 - plaque: The region of plaque on the ultrasonic image.
 - mask: Mask created by the system, which has the value 1 at the points corresponding to the foreground of the plaque image, and the value 0 at the points corresponding to the background of the plaque. It is a necessary field for calculating the features only from the foreground points of the plaque.
 - plaque_10res: Plaque image with new resolution 10pixels / mm created in operation 3.
 - plaque_15res: Plaque image with new resolution 15pixels / mm created in operation 3.

- plaque_20res: Plaque image with new resolution 20pixels / mm created in operation 3.
- kurtosis: The value of kurtosis calculated by the system.
- total_num_pixels: The total number of pixels that make up the foreground of the plaque image.
- mm2: The area of the plaque in square millimeters.
- below30: The pixel percentage of the plaque having a value less than 30.
- below50: The pixel percentage of plaque having a value greater than 30 but less than 50.
- mean: The average of the pixel values contained in the plaque.
- variance: The variance of the plaque.
- median: The median value from the pixel values of the plaque.
- skewness: The skewness value.
- energy: The energy value.
- entropy: The entropy value.
- haral_ASM: The value of the angular second moment by the Haralick method.
- haral_contrast: The value of the contrast by the Haralick method.
- haral_correlation: The value of the correlation by the Haralick method.
- haral_variance: The value of the variance by the Haralick method.
- haral_homogeneity: The value of the homogeneity by the Haralick method.
- haral_sum_average: The value of the sum average by the Haralick method.
- haral_sum_variance: The value of the sum variance by the Haralick method.
- haral_sum_entropy: The value of the sum entropy by the Haralick method.
- haral_entropy: The value of the entropy by the Haralick method.
- haral_diff_var: The value of the difference of variance by the Haralick method.

- haral_diff_entr: The value of the difference of entropy by the Haralick method.
- haral_inf_meas1: The value of the Information Measures of Correlation 1 by the Haralick method.
- haral_inf_meas2: The value of the Information Measures of Correlation 2 by the Haralick method.
- scaling: The scale of the image as stated by the doctor.
- darkArea: Indication of presence of a dark area next to the lumen. 'Y' - if any, 'N' - if it does not exist.
- status: Patient status indication ('A' - Asymptomatic, 'B' - AF, 'C' - TIA, 'D' - Stroke)
- dwa: Indication of presence of distinct white areas on the plaque. 'Y'- if they exist, 'N' - if they do not exist.
- type: Plaque type ('1', '2', '3', '4', '5').
- perc: The stenosis rate of the plaque.
- previous_history: Indication of patient history. 'Y' - if history exists, 'N' - if there is no history.
- year_5_stroke: The survival rate of the patient for 5 years without a stroke.
- aver_annual_stroke: The average annual rate of stroke.
- lnGSM: The value $\ln(\text{GSM} + 40)$ calculated by the system, where GSM is the Gray Scale Median.
- area13: The value $(\text{Plaque area})^{1/3}$ calculated by the system.
- bel10: The number of pixels in the plaque having a value of less than 10.
- bel20: The number of pixels in the plaque having a value of less than 20 and greater than 10.
- bel30: The number of pixels in the plaque having a value of less than 30 and greater than 20.
- bel40: The number of pixels in the plaque having a value of less than 40 and greater than 30.
- bel50: The number of pixels in the plaque having a value of less than 50 and greater than 40.

- col1: The number of plaque pixels having a gray level value of less than 25.
- col2: The number of plaque pixels having a gray level value of less than 50 and greater than 25.
- col3: The number of plaque pixels having a gray level value of less than 75 and greater than 50.
- col4: The number of plaque pixels having a gray level value of less than 100 and greater than 75.
- col5: The number of plaque pixels having a gray level value of less than 125 and greater than 100.
- col6: The number of plaque pixels having a gray level value of less than 150 and greater than 125.
- col7: The number of plaque pixels having a gray level value of less than 175 and greater than 150.
- col8: The number of plaque pixels having a gray level value of less than 200 and greater than 175.
- col9: The number of plaque pixels having a gray level value of less than 225 and greater than 200.
- col10: The number of plaque pixels having a gray level value of less than 255 and greater than 225.



Appendix E

Description of Files Content

The content of IMT Report is :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Patient Name	Plaque Name	Pixels per mm	Maximum Intima Media Thickness	Minimum Intima Media Thickness	Mean Intima Media Thickness	Mean Adventitia to Adventitia	Plaque 1	Plaque 2	Area 1
2	Maria Georgiou , 101010	15rc2bwn.tif	16,1	0,559	0,248	0,408	5,245	2,095	2,874	290,093
3										

The content of Plaque Report is:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Patient Na	Plaque Na	pixels<10	10<pixels<20	20<pixels<30	30<pixels<40	40<pixels<Below 30	Below 50	Col1	Col2	Col3	Col4	Col5	Col6	Col7	
2	Andreas Sz	15rc2bwn	3681	3178	2687	2338	1627	50,78	21	8573	5116	3228	1219	494	170	0
3																

The fields are explained at the Appendix D, in the corresponding tables of database.

Παράρτημα Δ

Technical Manual

Contents

General Instructions for the installation of the program on server	1
Run the Program	2
Modify the Database	3
Add a new Doctor	3
Forgot Password	4
HTML Files	4
View's Functions	5
Database	11

General Instructions for the installation of the program on server

For the transformation of the system onto the server, the following must be done:

1. If the settings.py file has something else than those starting with "django.xxx" and the name of the app on INSTALLED_APPS, then the user must install it with the pip.
2. In wsgi.py, the user must write the following code:

```
import os, sys
sys.path.append(" ") #the path of the app
```

```
os.environ.setdefault("DJANGO_SETTINGS_MODULE", " ") #the name of the
folder where the settigs.py is located
```

```
from django.core.wsgi import get_wsgi_application
application = get_wsgi_application()
```

3. Then, he have to go to server on path: /etc/apache2/apache2.conf, and write the following code on line 175:

```
WSGIScriptAlias / ..... # the path of wsgi.py file
WSGIProxyPath ..... # the path of the app
```

```
Alias ..... #The path where to collect the static files
```

```
<Directory ..... >#The path where to collect the static files
Require all granted
</Directory> #The user gives access on this path to the apache
```

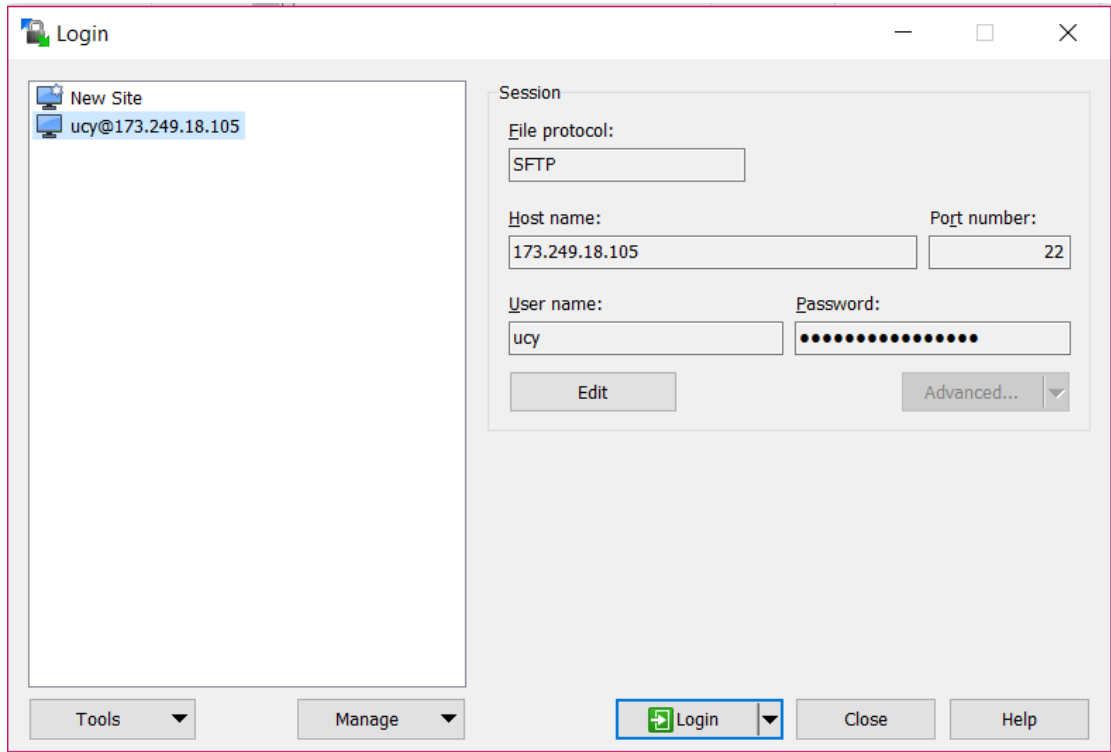
```
<Directory > # the path of the app
<Files wsgi.py>
Require all granted
</Files>
</Directory> #The user gives access on wsgi.py to the apache
```

4. Restart the apache service: `sudo service apache2 restart`
5. Run this command on terminal: `python3 manage.py runserver 173.249.10.105:8000`
6. If errors occur, then all the errors can be seen on `/var/log/apache2/error.log`.

Run the Program

In order to run the program, you must login into the server(Figure 1), with the following details:

- IP: 173.249.18.105
- Port Number: 22
- Username: ucy
- Password: U%c57!&kl



The server must be running during the usage of the program (Figure 2). For this, you must open a terminal and change the directory in thesis2018 using this command: “cd thesis2018/”. Then write the following command:

- python3 manage.py runserver 173.249.10.105:8000

```

ucy@vmi154301: ~/thesis2018
Using username "ucy".
ucy@173.249.18.105's password:
Welcome to Ubuntu 16.04.4 LTS (GNU/Linux 4.4.0-103-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

  _____
 |  _   _  |
 | | | | | |
 | |_| | | |
 |  _  | | |
 | | | | | |
 |_|_|_|_|_|

Welcome!

This server is hosted by Contabo. If you have any questions or need help,
please don't hesitate to contact us at support@contabo.com.

Last login: Sat Jun  2 19:14:56 2018 from 62.228.130.60
ucy@vmi154301:~$ cd thesis2018/
ucy@vmi154301:~/thesis2018$
ucy@vmi154301:~/thesis2018$ python3 manage.py runserver 173.249.18.105:8000
Performing system checks...

System check identified no issues (0 silenced).
June 02, 2018 - 17:16:20
Django version 2.0.5, using settings 'thesis.settings'
Starting development server at http://173.249.18.105:8000/
Quit the server with CONTROL-C.
```

Modify the Database

Models.py file:

This file contains the database tables of the system. If the user wants to make some changes in database, then he can make the changes into this file. Then, he must run the following command in terminal:

- python3 manage.py makemigrations
- python3 manage.py migrate

Add a new Doctor

The administrators of the program are the only ones who have the ability to add new doctors, for security issues.

For the moment, there is one administrator in the program, who can login with the following:

Email: epl400ADE2018@gmail.com

Password: 1234

URL: <http://173.249.18.105:8000/admin> login/

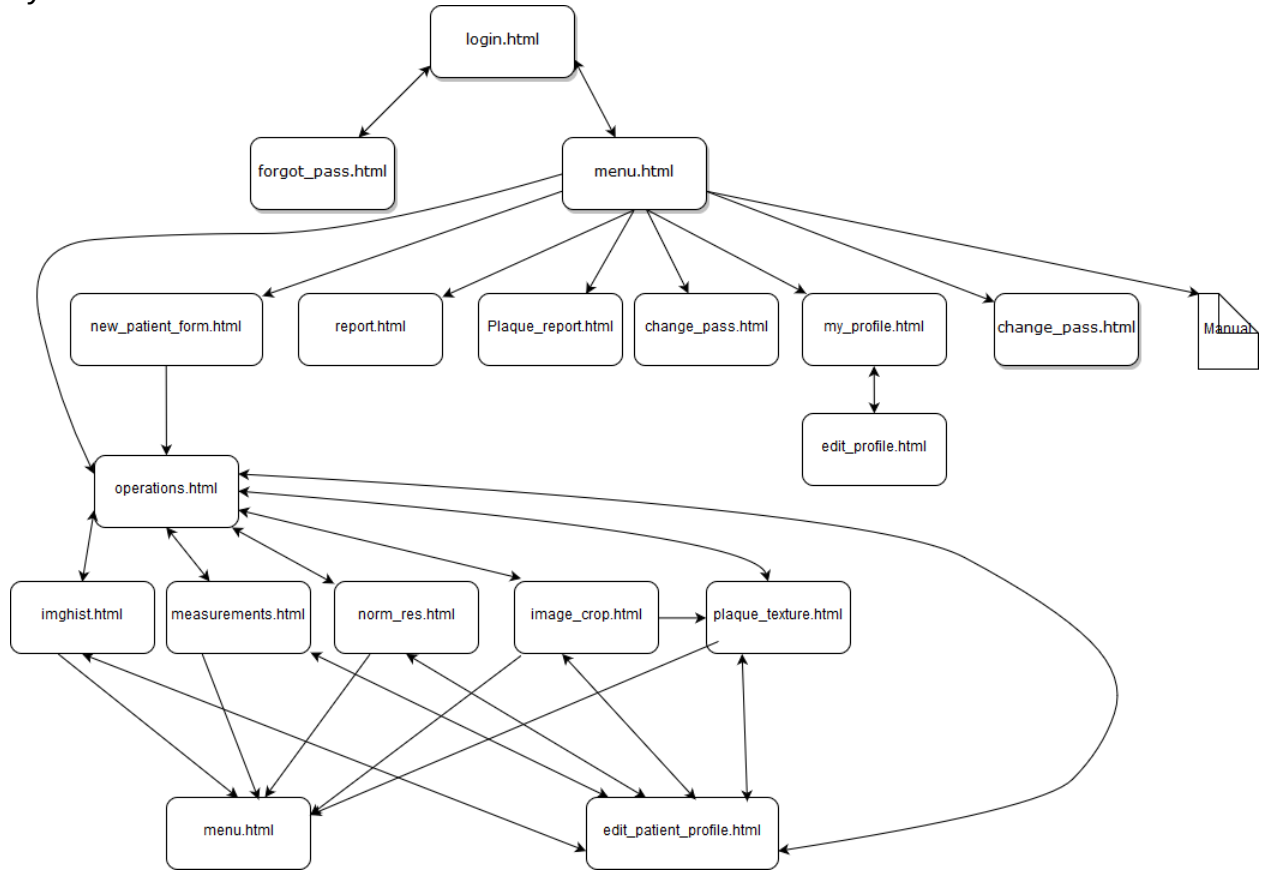
Forgot Password

If a doctor forgets his password, then an email is sent to him in his personal email address, with a new random password. This email is sent via the administrator of the program, namely via the mail: epl400ADE2018@gmail.com

To login the account of the administrator the password is: thesis2018.

HTML Files

The following diagram aims to show how the html files are connected in the system.



View's Functions

All the forms that is submitted and every request calls a function in the views.py. In this section you can find a brief description of every function:

login:

When requested, this function brings user to the login.html page. When the user submits his email and password, function saves the id into session 'doctor_id', in order to use it later. Function encodes the password with sha256 and compares the digest with the digest saved in the database. If the digests match, then user proceeds to menu.html.

admin_login:

When requested, this function brings admin to the admin_login.html page. When the admin submits his email and password, function encodes the password with sha256 and compares the digest with the digest saved in the database. If the digests match, admin proceeds to add_new_doctor.html.

edit_profile:

When requested, this function brings user to the edit_profile.html page. When user requests to change information, fields are enabled for change and function

gets from the page the content of all fields and updates database tables: doctorData.

Edit_patient_profile:

When requested, this function brings user to the edit_patient_profile.html page. When user requests to change information, fields are enabled for change and function gets from the page the content of all fields and updates database patientData.

Profile:

When requested, this function brings user to the my_profile.html page. Function loads from database all information from table doctorData and addressData

Id_generator:

This function creates a random sequence of 8 characters for system to use as new password, in case user forgets his.

Change_pass:

When requested, this function brings user to the change_pass.html page. When user submits new password, function checks if both fields are the same. If not, then function returns at same page with a message, warning user to use same password in both fields. Else, function encodes new password with sha256 and updates database table doctorData.

Forgot_pass:

When requested, this function brings user to the forgot_pass.html page. When user submits new password, function checks email exists in database. If not, the function returns at the same page. Else, function calls id_generator() and via the email account epl400ADE2018@gmail.com sends the product of id_generator() to user, and updates database table doctorData.

Add_new_doctor:

When requested, this function brings user to the add_new_doctor.html page. When user submits form, function adds new record in database table patientData.

Add_new_patient:

When requested, this function brings user to the add_new_patient.html page. Function, checks if patient id already exists in database. If not, then function adds new record in database table patientData. Else, if patient exists and was added to the system by the same user, then function does not allow user to add patient again. If patient exists, but was added by a different user, then allows user to use patient's existing information.

Operations:

When requested, this function brings user to the Operationion.html page. Function also sends patients full name and id, so they can be displayed at the top-right part of the page.

Menu:

When requested, this function brings user to the menu.html page. Function checks if doctor_id is null, meaning that no one signed in, and it returns to the login. If user selects "browse patient" from option "Patients" then function returns a list of all patients registered by the specific user. When user selects patient, then function saves patient's id, name, last name, table's primary key and plaque id into sessions to use it later. When user selects "Exit", session doctor_id becomes null.

Report:

When requested, this function brings user to the report.html page. This function creates a list with all dates of previous IMT measurements of a specific patient. When the date is chosen, function brings user at report.html page. If user chooses "Save Results", then an excel file is created and then downloaded to user's personal computer.

Imghist:

When requested, this function brings user to the imghist.html page. When user submits an image file, function saves image in folder '/static/' and shows image's histogram. When user submits low area, function gets the coordinates submitted and creates a sub image. After this, function calculates the median of low sub image. Some actions are done for submitting high area. With start_normalization, function uses previous low and high medians and applies image normalization to the original image. Finally, function saves normalized image and histogram and uploads it to imghist.html.

norm_res:

This function corresponds to the 3rd operation and interacts with the norm_res.html page.

Firstly, it checked if the doctor_id is empty, then no one has logged in to the system, so it returns to the login page. Otherwise, it does the following:

If the user wants to process a plaque image, then this function finds all the available plaques for the specific patient and sends them back to the html page. The user chooses the plaque he wants and accordingly to what number pixels per millimeter he wants to make the new image, the system creates that image.

If the user wants to process an ultrasonic image, then he must define the scale of the image, and using the Euclidean distance, the function calculates the pixels per millimeter of the image. It creates a new image with the new resolution (20pix/mm) and this image is displayed on the html page.

image_crop:

This function corresponds to the 4th operation, namely the Image Crop and interacts with the image_crop.html file. Firstly, it checked if the doctor_id is empty, then no one has logged in to the system, so it returns to the login page. Otherwise, it does the following:

When user wants to upload the grayscale or the RGB image, via image_crop.html, this function helps the uploading. It finds the location of images, and it send them back to the html file. In addition, it can log the grayscale image if the user wants to see the contrast more enhanced.

Also, in this function the scaling of the image is calculated in the same way as in the previous functions. Automatically, it generates the image with 20pix/mm in order to save it to the database.

If the user wants to save the data to the database, then this function calls another function (crop_plaque) which is responsible to crop the region of interest of the whole image. Then all the information is saved to the database.

crop_plaque:

This method is responsible for finding the appropriate polygon on the original grayscale image that corresponds the region of plaque, according to the points that user noted on the html page. It crops the plaque and creates a mask of the plaque. In the mask the pixels have the value of 1 or 0. The zero value on the

pixels that are inside the plaque region, and the one value on the pixels out of bounds of the plaque.

@points: The points (x,y) that user noted on the html file

@imgName: The name of the original grayscale image

@ppmm_plaque: The pixels per millimeter of the image

@top: The y-coordinate of the upper point of image

@left: The x-coordinate of the more left point of image

plaque_texture:

This function corresponds to the 5th module, and interacts with the plaque_texture.html file.

Firstly, it checked if the doctor_id is empty, then no one has logged in to the system, so it returns to the login page. Otherwise, it does the following:

It finds all the available cropped plaques for this patient and send them to the html file, in order to choose the doctor which plaque wants to process. Then, it calculates all the parameters, histogram measurements, first order statistics, SGLDM statistics and so on, for the specific plaque and saves them to the database.

When the physician wants to see the risk rates, then this function calculates the two risk rates and send them back to the html file.

find_average:

This function finds the average value of an array of values.

@x: The array of values

PolygonArea2:

This function calculates the area of a polygon region, specifically of the plaque region.

@x: The x-coordinates

@y: The y-coordinates

@ppmm: The pixels per millimeter of the image

createMask:

It creates a mask for the plaque, if there is no matching mask.

@maskname: The name for the new mask

@imgname: The name of the image

@direct: The path to save this mask

save_plaque_features:

This function takes the input parameters of the plaque, and calls another function to save it to the database.

saveResults:

This function save the input parameters of the plaque to the database.

@darkArea: Existence of dark area next to the lumen

@status: Patient status

@dwa: Existence of discrete white areas

@type: Plaque type

@perc: The percentage of stenosis

Plaque_report:

This function finds the parameters of plaque, according to the specific patient, date and time that were selected from the physician and sends them back to the Plaque_report.html page. Then, it creates an excel file with all these parameters and saves it on the local computer of the physician. Also, it saves the grayscale plaque and the rgb plaque.

Measurements:

When requested, this function brings user to the measurements.html page. When user submits an image file, function saves image in folder and updates database table utltradounsImages with the path. Some procedure is done if user uploads a colored image.

Def_im_scale_measurements:

When requested, this function brings user to the measurements.html page. Function takes the coordinates of two points and calculates the Euclidian distance between them. Also, function takes the number of millimeters and calculates pixels per millimeters(ppmm). Finally, function adds a new record at table IMT_Parameters, with the ppmm and the paths saved in function measurements. In session "IMT_id" the primary key of the record created id saved, in order to add the measurements of IMT that will follow.

IMT:

When requested, this function brings user to the measurements.html page. Function takes two lists, one with all x coordinates and one with all y coordinates. If the lists contain odd number of numbers, then the last number is ignored. Function calculates the Euclidian distance between them and with the ppmm found at Def_im_scale_measurements it finds the maximum distance, the minimum and the average. Finally, function adds the max, min and average value into table IMT_Parameters, at record saved in session "IMT_id".

Adventitia:

When requested, this function brings user to the measurements.html page. Function takes two lists, one with all x coordinates and one with all y coordinates. If the lists contain odd number of numbers, then the last number is ignored. Function calculates the Euclidian distance between them and with the ppmm found at Def_im_scale_measurements it finds the average distance. Finally, function adds average value of vessel width into table IMT_Parameters, at record saved in session "IMT_id".

Plaque_th:

When requested, this function brings user to the measurements.html page. Function takes the coordinates of two points and calculates the Euclidian distance between them and with the ppmm found at Def_im_scale_measurements it finds the real distance in mm, which represents the thickness of the plaque. Finally, function adds average value into table IMT_Parameters, at record saved in session "IMT_id".

Plaque_th2:

Same as plaque_th, when requested, this function brings user to the measurements.html page. Function takes the coordinates of two points and calculates the Euclidian distance between them and with the ppm found at Def_im_scale_measurements it finds the real distance in mm, which represents the thickness of the plaque. Finally, function adds average value into table IMT_Parameters, at record saved in session "IMT_id".

Area1:

When requested, this function brings user to the measurements.html page. Function takes two lists, one with all x coordinates and one with all y coordinates and with the function PolygonArea it calculates the area. The result is divided with the ppm found at Def_im_scale_measurements it finds the real area in mm. Finally, function adds area into table IMT_Parameters, at record saved in session "IMT_id".

Area2:

Same as area1, when requested, this function brings user to the measurements.html page. Function takes two lists, one with all x coordinates and one with all y coordinates and with the function PolygonArea it calculates the area. The result is divided with the ppm found at Def_im_scale_measurements it finds the real area in mm. Finally, function adds area into table IMT_Parameters, at record saved in session "IMT_id".

PolygonArea1:

This function calculates the area of a polygon region.

Database

The following diagram shows all the tables in the database and how they are connected.

The name and password are:

Username: root

Password: root

