

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΥΠΕΡΧΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΚΑΡΩΤΙΔΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ**

Ελένη Παλαμά

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΑΪΟΣ 2014

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΚΑΙ
ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΚΑΡΩΤΙΔΙΚΗΣ
ΠΛΑΚΑΣ

Ελένη Παλαμά

Επιβλέπων Καθηγητής
Κωνσταντίνος Σ. Παττίχης

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

Μάϊος 2014

Copyright © Ελένη Κ. Παλαμά, 2014
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής για εμπορικό ή κερδοσκοπικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης. Σε αυτή την περίπτωση, η αναφορά της πηγής προέλευσης θα ήταν απλά ικανοποίηση για τη συγγραφέα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τη συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τη συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Κύπρου.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Κωνσταντίνο Παττίχη, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ως επιβλέπων καθηγητής, μου έθεσε τις κατευθυντήριες γραμμές και μου πρόσφερε τα απαραίτητα εφόδια για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας αυτής. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την εξαιρετική συνεργασία, την αμέριστη υποστήριξη, την υπομονή, το ενδιαφέρον και γενικά την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα ευχαριστήσω τους φίλους μου, οι οποίοι μου συμπαραστάθηκαν όλο αυτόν τον καιρό αλλά και τους γονείς μου, στους οποίους και αφιερώνω την παρούσα εργασία, για την αμέριστη συμπαράσταση και καθοδήγηση που μου προσφέρουν όλα αυτά τα χρόνια καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Στην διπλωματική αυτή εργασία παρουσιάζω την διαδικασία επεξεργασίας εικόνων από υπερηχογράφημα καρωτιδικής πλάκας, και τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο της καρωτίδας. Έχουν χρησιμοποιηθεί 20 εικόνες, οι οποίες είναι επικεντρωμένες στην περιοχή της καρωτίδας, όπως παρουσιάζεται η πλάκα, για να είναι πιο ξεκάθαρη η ανάλυση.

Έχουν κατασκευαστεί αρκετά τεχνητά μοντέλα της καρωτίδας, με την προσθήκη της καρωτιδικής πλάκας, που σκοπό είχε την βελτιστοποίηση της ποιότητας των τρισδιάστατων μοντέλων και της ανάλυσης των αποτελεσμάτων τους. Εκτός από την παραγωγή της τεχνητής καρωτίδας, γίνεται παραγωγή και μοντέλου πραγματικής καρωτίδας για να μπορεί να γίνει έγκυρη σύγκριση των αποτελεσμάτων. Για την επίτευξη αυτής της εργασίας χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο GIMIAS.

Ακόμη, γίνεται αναφορά για τους αλγόριθμους κατάτμησης και την επίδραση που είχαν όταν εφαρμόστηκαν για τη διαδικασία απομόνωσης της καρωτιδικής πλάκας. Για την απομόνωση της καρωτιδικής πλάκας χρησιμοποιήθηκαν οι αλγόριθμοι Simple Region και Connected Threshold που θα τους μελετήσουμε στη συνέχεια.

Επιπρόσθετα, εφαρμόστηκαν συγκεκριμένοι αλγόριθμοι κατάτμησης, στα μοντέλα της καρωτίδας, οι οποίοι επιλέχθηκαν για την κατάτμηση της καρωτιδικής πλάκας, με τις κατάλληλες παραμέτρους εισόδου και παρουσιάζονται στα αντίστοιχα κεφάλαια τα νέα τρισδιάστατα μοντέλα της καρωτιδικής πλάκας. Γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων που πήραμε από την τεχνητή καρωτίδα, και των αποτελεσμάτων που πήραμε από την πραγματική καρωτίδα. Αυτό έχει ως σκοπό να μπορέσουμε να πούμε με βεβαιότητα ότι τα αποτελέσματα που πήραμε είναι έγκυρα και δεν έχουν αμφιβολία.

Τέλος, γίνεται αναφορά των συμπερασμάτων που μπορούμε να αντλήσουμε από την παρούσα εργασία, καθώς και θέματα πάνω στα οποία μπορεί να γίνει μελλοντική έρευνα για την καλύτερη επίλυση του συγκεκριμένου θέματος.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες
Περίληψη
Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

- 1.1 Εισαγωγή
- 1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας
- 1.3 Αρτηριακή πλάκα
- 1.4 Αθηροσκλήρωση
- 1.5 Καρωτιδική πλάκα
 - 1.5.1 Κακοήθεις καρωτιδική πλάκα
- 1.6 Υπέρηχοι - Υπερηχογράφημα
- 1.7 Παρούσα μελέτη

Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση Παρόμοιων Συστημάτων

- 2.1 Περιγραφή Προβλήματος
- 2.2 Άλλα Παρόμοια Συστήματα (Ανασκόπηση εργαλείων 3D)
 - 2.2.1 ImageVis3D
 - 2.2.2 ITK/VTK
 - 2.2.2.1 ITK
 - 2.2.2.2 VTK
 - 2.2.3 Seg3d
 - 2.2.4 3DSlicer
- 2.3 GIMIAS
- 2.4 MATLAB
- 2.5 ImageJ
- 2.6 Επιλογή κατάλληλων εργαλείων για την ολοκλήρωση της διπλωματικής
 - 2.6.1 Επιλογή GIMIAS
 - 2.6.2 Επιλογή MATLAB
 - 2.6.3 Επιλογή ImageJ

Κεφάλαιο 3: GIMIAS– 3Δ Αναπαράσταση και αλγόριθμοι κατάτμησης

- 3.1 3Δ Αναπαράσταση (3ΔΡεψονστρθψτιον)
- 3.2 Κατάτμηση εικόνας (Σεγμεντατιον)
- 3.3 Αλγόριθμοι κατάτμησης στο GIMIAS
 - 3.3.1 Συμπλε Ρεγιον Γροζινγ
 - 3.3.2 Fast Marching Segmentation
 - 3.3.3 Mesh Contour Segmentation

Κεφάλαιο 4: Υλοποίηση

- 4.1 Workflows που παρέχει το GIMIAS
 - 4.1.1 Τι είναι workflow
 - 4.1.2 Workflow AngioImages
 - 4.1.3 Workflow BrainImages
 - 4.1.4 Workflow CardioImages
 - 4.1.4.1 Επεξεργασία Cardio Images
- 4.2 Τεχνητή καρωτίδα
 - 4.2.1 Δημιουργία εικόνων
 - 4.2.2 Περεταίρω επεξεργασία εικόνων
 - 4.2.3 Σειριοποίηση και μεγέθυνση εικόνων
 - 4.2.3.1 Εισαγωγή σειράς εικόνων
 - 4.2.3.2 Καθορισμός χαρακτηριστικών της δέσμης εικόνων
 - 4.2.3.3 Οπτικοποίηση και αποθήκευση της δέσμης εικόνων
 - 4.2.4 GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων, κατάτμηση και αναπαράσταση 3Δ μοντέλου
 - 4.2.4.1 GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων
 - 4.2.4.2 GIMIAS – Simple Region Growing Segmentation
 - 4.2.4.3 GIMIAS – Connected Threshold Segmentation
- 4.3 Πραγματική καρωτίδα
 - 4.3.1 Επεξεργασία εικόνων
 - 4.3.2 Σειριοποίηση και μεγέθυνση εικόνων
 - 4.3.2.1 Εισαγωγή σειράς εικόνων
 - 4.3.2.2 Καθορισμός χαρακτηριστικών της δέσμης εικόνων

- 4.3.2.3 Οπτικοποίηση και αποθήκευση της δέσμης εικόνων
- 4.3.3 GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων, κατάτμηση και αναπαράσταση 3Δ μοντέλου
 - 4.3.3.1 GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων
 - 4.3.3.2 GIMIAS – Simple Region Growing Segmentation
 - 4.3.3.3 GIMIAS – Connected Threshold Segmentation
- 4.4 Αποτελέσματα Τεχνητής καρωτίδας
- 4.5 Αποτελέσματα Πραγματικής καρωτίδας

Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία

- 5.1 Συμπεράσματα
- 5.2 Προβλήματα και τρόποι που αντιμετωπίστηκαν
- 5.3 Μελλοντική Εργασία

Βιβλιογραφία

Παράρτημα Α: Πηγαίος Κώδικας

- Matlab - Δημιουργία τεχνητών εικόνων
- Matlab - Επεξεργασία τεχνητών εικόνων
- Matlab - Θόρυβος Speckle σε τεχνητές εικόνες
- Matlab - Επεξεργασία πραγματικών εικόνων

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή	6
1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας	9
1.3 Αρτηριακή πλάκα	9
1.4 Αθηροσκλήρωση	10
1.5 Καρωτιδική πλάκα	10
1.5.1 Κακοήθεις καρωτιδική πλάκα	11
1.6 Υπέρηχοι - Υπερηχογράφημα	11
1.7 Παρούσα μελέτη	13

1.1 Εισαγωγή

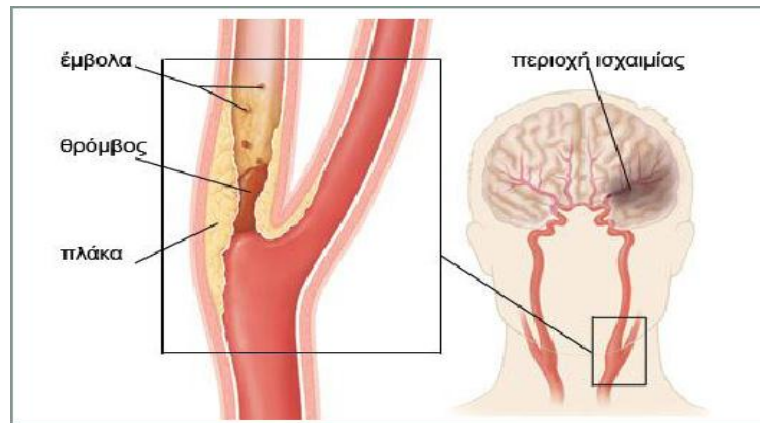
Σκοπός της υπο-ενότητας αυτής είναι να γίνει εγκυκλοπαιδική εισαγωγή στο θέμα που μελετούμε, για την κατανόηση των εισαγωγικών εννοιών. Πέραν αυτού στις υπόλοιπες υποενότητες που ακολουθούν θα γίνει εκτενέστερη περιγραφή για την κάθε έννοια που είναι συμφραζόμενη με το θέμα της διπλωματικής μου. Αυτό γίνεται για να έχουμε μια πιο ξεκάθαρη όψη των εννοιών.

Αρχικά, οι καρωτίδες [1] είναι οι βασικές αρτηρίες που τροφοδοτούν με αίμα τον εγκέφαλο. Βρίσκονται στον τράχηλο όπου ανεβαίνουν η καθεμιά, προς το αντίστοιχο ημισφαίριο του εγκεφάλου με σκοπό την οξυγόνωσή του. Η καρωτιδική νόσος, ονομάζεται η στένωση ή η απόφραξη των αρτηριών της καρωτίδας. Συνήθως, η καρωτιδική νόσος παρουσιάζεται σε ηλικιωμένους ασθενείς. Μόνο το 1% των ασθενών ηλικίας 50-59 ετών εμφανίζει σοβαρού βαθμού στένωση των καρωτίδων ενώ το ποσοστό αυτό είναι 10% για τις ηλικίες 80-89 ετών.

Η καρωτιδική νόσος οφείλεται στη δημιουργία αθηρωματικής πλάκας η οποία προκαλεί στένωση στο διχασμό της καρωτίδας (η κοινή καρωτίδα χωρίζεται στην έσω καρωτίδα που αιματώνει τον εγκέφαλο και την έξω καρωτίδα που αιματώνει τον τράχηλο και το

πρόσωπο). Η αθηρωματική πλάκα αποτελείται από χοληστερόλη, ασβέστιο και ινώδη ιστό. Η δημιουργία της αθηρωματικής πλάκας ονομάζεται αθηροσκλήρωση ή σκλήρυνση των αρτηριών και οι αρτηρίες στενεύουν ή αποφράσσουν καθώς η αθηρωματική πλάκα των τοιχωμάτων τους αυξάνεται.

Όταν η αθηρωματική πλάκα μεγαλώσει σημαντικά, μπορεί να οδηγήσει σε εγκεφαλικό επεισόδιο λόγω αθηροεμβολής ή λόγω απότομης απόφραξης της έσω καρωτίδας.



Εικόνα 1.1 - Στένωση καρωτίδας λόγω αθηρωματικής πλάκας και θρόμβου. Απόσπαση τμήματος του θρόμβου ή της πλάκας δημιουργεί έμβολο, το οποίο με την κυκλοφορία του αίματος καταλήγει και ενσφηνώνεται σε μικρότερες αρτηρίες, προκαλώντας την απόφραξή τους και τη δημιουργία ισχαιμικού εμφράκτου στον εγκέφαλο [2].

Μπορείτε να προλάβετε ή να επιβραδύνετε την εξέλιξη της καρωτιδικής νόσου. Η διακοπή του καπνίσματος είναι μία σημαντική αλλαγή για την πρόληψη της καρωτιδικής νόσου. Επίσης η τακτική άσκηση, η υγιεινή διατροφή, η διατήρηση του ιδανικού σωματικού βάρους και έλεγχος των παραγόντων κινδύνου (όπως σάκχαρο, υψηλή αρτηριακή πίεση και υψηλή χοληστερίνη) βοηθούν σημαντικά το σκοπό αυτό.

Για να δούμε όμως τους παράγοντες που οδηγούν στην δημιουργία της αθηρωματικής αυτής πλάκας. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι εξής: ηλικία, κάπνισμα, υπέρταση, παχυσαρκία (μειωμένη φυσική δραστηριότητα), διαβήτης, καθώς και αυξημένη χοληστερίνη.

Ας προχωρήσουμε στα συμπτώματα της καρωτιδικής στένωσης. Από την μία, σε μεγάλο αριθμό ασθενών η πρώτη εκδήλωση μπορεί να είναι το εγκεφαλικό επεισόδιο, από την άλλη, σε αρκετούς ασθενείς η πρώτη εκδήλωση μπορεί να είναι ένα παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο, δηλαδή απώλεια της όρασης από το ένα μάτι, διαταραχές της ομιλίας (μπέρδεμα της γλώσσας), μούδιασμα του ενός χεριού / ποδιού με διάρκεια από λεπτά έως και ώρες.

Η διάγνωση της καρωτιδικής στένωσης γίνεται με εξέταση έγχρωμου υπερηχογραφήματος (triplex), η οποία είναι αξιόπιστη και παράλληλα απλή και οικονομική μέθοδος. Η διαδικασία του έγχρωμου υπερηχογραφήματος είναι μέθοδος που χρησιμεύει για την διάγνωση και την παρακολούθηση της καρωτιδικής στένωσης. Επιπλέον, άλλοι τρόποι διάγνωσης της καρωτιδικής νόσου είναι η μαγνητική αγγειογραφία - τομογραφία (MRA), και η αγγειογραφία.

Καλό θα ήταν να αναφέρουμε και τις μεθόδους αντιμετώπισης της καρωτιδικής νόσου. Μερικοί από αυτούς είναι η αλλαγή του τρόπου ζωής που περιλαμβάνει την διακοπή του καπνίσματος, έλεγχο της αρτηριακής πίεσης, των επιπέδων της χοληστερίνης, του σακχάρου και του διαβήτη, καθώς και καθημερινή άσκηση. Ακόμη, συνιστάται η φαρμακευτική αγωγή που περιλαμβάνει ασπιρίνες, στατίνες κλπ. Τέλος άλλη μέθοδος είναι η χειρουργική αντιμετώπιση που περιέχει ενδαρτηρεκτομή των καρωτίδων, και αγγειοπλαστική με τοποθέτηση stent.

Η νόσος της καρωτιδικής πλάκας είναι συχνό φαινόμενο στις μέρες μας, και με τον σύγχρονο τρόπο ζωής που επικρατεί μπορούμε πλέον να χρησιμοποιούμε την τρισδιάστατη απεικόνιση και στον ιατρικό κόσμο. Μπορούμε να πούμε πως αυτές οι καινοτομίες στον κόσμο της τεχνολογίας και παράλληλα στον κόσμο της ιατρικής έδωσαν νέα όψη στις αρνητικές πτυχές της σύγχρονης ζωής, όπως είναι η νόσος της καρωτιδικής πλάκας.

Μέσω της τρισδιάστατης απεικόνισης έχουμε την δυνατότητα να κατασκευάσουμε τρισδιάστατα μοντέλα, αντίγραφα της καρωτίδας κάποιου ασθενούς, παρέχοντας στους ιατρούς σημαντικές πληροφορίες που αφορούν τις μετρήσεις, συγκρίσεις καθώς και εναλλακτικές όψεις και άλλα πολλά. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να

χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια από τους γιατρούς ως μέτρο σύγκρισης πριν από μια χειρουργική επέμβαση, ως μια καλή διάγνωση της προόδου ενός ασθενή καθώς και ως σύμβουλος σε μια επέμβαση.

1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Κύριος στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου αναπαράστασης της καρωτίδας με σκοπό να γίνεται πιο κατανοητή η μελέτη των υπερηχογραφημάτων της αθηροσκληρωτικής καρωτιδικής πλάκας. Σημαντικές πληροφορίες για την καρωτιδική πλάκα στο εσωτερικό της αρτηρίας λαμβάνονται μέσω της επεξεργασίας εικόνας.

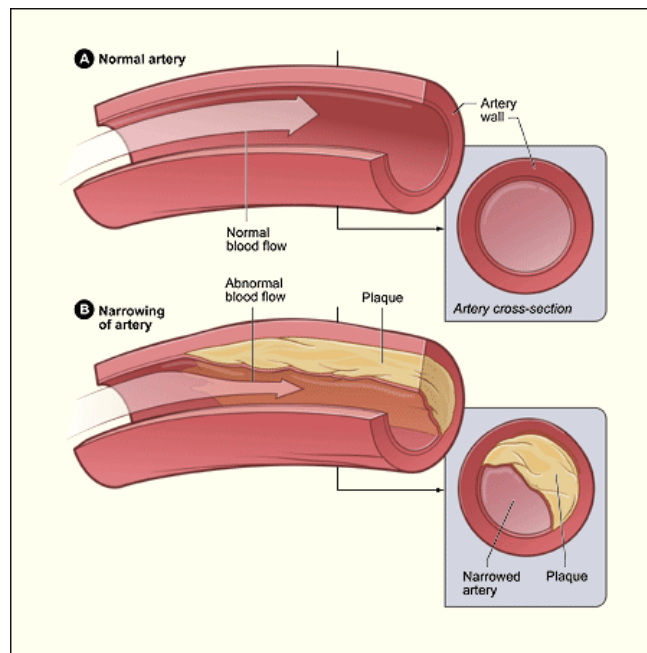
Οι πληροφορίες αυτές είναι χρήσιμες για τον υπολογισμό των παραμέτρων εισόδου των αλγορίθμων κατάτμησης της καρωτιδικής πλάκας, από το μοντέλο ολόκληρης της καρωτιδικής πλάκας. Τα μοντέλα της αθηροσκληρωτικής πλάκας που θα παραχθούν, είναι σε θέση να χρησιμοποιηθούν από τον ιατρό για την πρόληψη από τα προβλήματα που προκαλεί η καρωτιδική πλάκα.

1.3 Αρτηριακή πλάκα

Οι αρτηρίες είναι αιμοφόρα αγγεία τα οποία μεταφέρουν αίμα πλούσιο σε οξυγόνο στην καρδιά και σε άλλα μέρη του σώματος. Η πλάκα που συσσωρεύεται στα εσωτερικά τοιχώματα των αρτηριών αποτελείται από ένα πλήθος ουσιών οι οποίες κυκλοφορούν στο αίμα. Αυτές περιλαμβάνουν το ασβέστιο, το λίπος, τη χοληστερόλη, τα κυτταρικά απόβλητα, και το ινώδες, ένα υλικό που εμπλέκετε στην πήξη του αίματος. Ως αντίδραση στην συσσώρευση πλάκας, τα κύτταρα στα τοιχώματα των αρτηριών πολλαπλασιάζονται και εκκρίνουν πρόσθετες ουσίες που μπορούν να επιδεινώσουν την κατάσταση της φραγμένης αρτηρίας. Καθώς αυξάνεται η εναπόθεση της πλάκας, παρουσιάζεται μια κατάσταση που ονομάζεται αθηροσκλήρωση.

1.4 Αθηροσκλήρωση

Η αθηροσκλήρωση είναι μια νόσος στην οποία γίνεται συσσώρευση πλάκας στο εσωτερικών των αρτηριών. Αυτή η κατάσταση προκαλεί στένωση και σκλήρυνση στις αρτηρίες. Αν και οι ειδικοί δεν γνωρίζουν με βεβαιότητα τι προκαλεί αθηροσκλήρωση, η διαδικασία φαίνεται να προέρχεται από βλάβη στο αρτηριακό τοίχωμα η οποία επιτρέπει την εναπόθεση της πλάκας. Αυτό περιορίζει τη ροή του αίματος που είναι πλούσιο σε οξυγόνο προς τα όργανα και άλλα μέρη του σώματος .



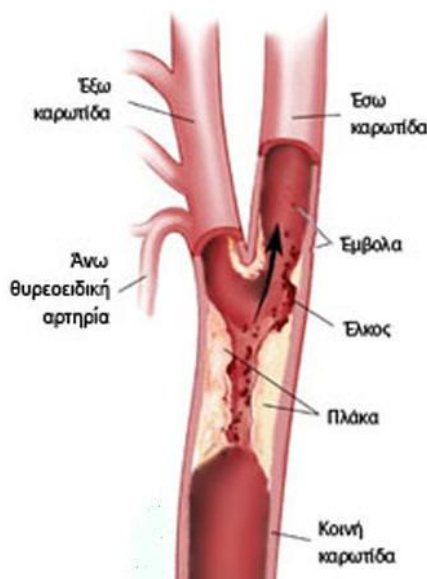
Εικόνα 1.2– Το σχήμα A (πάνω σχήμα) δείχνει μια φυσιολογική αρτηρία με κανονική ροή αίματος. Το σχήμα B (κάτω σχήμα) δείχνει μια αρτηρία με συσσώρευση πλάκας [3].

1.5 Καρωτίδα και καρωτιδική πλάκα

Η καρωτιδική πλάκα παρουσιάζεται όταν η πλάκα συσσωρεύεται στις αρτηρίες που βρίσκονται στις δύο πλευρές του λαιμού (καρωτίδες αρτηρίες). Αυτές οι αρτηρίες παρέχουν πλούσιο σε οξυγόνο αίμα προς τον εγκέφαλο. Εάν η ροή του αίματος προς τον εγκέφαλο μειωθεί ή μπλοκαριστεί, μπορεί να προκαλέσει εγκεφαλικό επεισόδιο .

1.5.1 Κακοήθεις καρωτιδική πλάκα

Εκτός από την πρόκληση εγκεφαλικού επεισοδίου λόγω στένωσης της καρωτίδας, υπάρχει και η περίπτωση όπου μικρά φράγματα πλάκας αποκολλούνται από τα τοιχώματα της αρτηρίας. Αυτά τα μικρά φράγματα ταξιδεύουν προς τον εγκέφαλο και μπορούν να φράξουν μικρότερα αγγεία προκαλώντας έτσι ένα εγκεφαλικό επεισόδιο.



Εικόνα 1.3 - Στένωση των καρωτίδων αρτηριών

1.6 Υπέρηχοι - Υπερηχογράφημα

Το υπερηχογράφημα χρησιμοποιεί υψηλής συχνότητας ηχητικά κύματα για να δείξει τους μαλακούς ιστούς όπως οι μύες και τα εσωτερικά όργανα. Επειδή οι εικόνες υπερήχων παρουσιάζονται σε πραγματικό χρόνο, μπορούν να παρουσιάσουν τις μετακινήσεις των εσωτερικών οργάνων του σώματος καθώς και τη ροή του αίματος μέσα στα αιμοφόρα αγγεία. Σε μια εξέταση υπερηχογραφήματος, ένας αισθητήρας χειρός τοποθετείται στο δέρμα. Ο αισθητήρας αυτός στέλνει υψηλής συχνότητας ηχητικά κύματα που ανακλώνται από τις δομές του σώματος. Τα ηχητικά κύματα που επιστρέφουν, εμφανίζονται ως εικόνα σε μια οθόνη. Η εικόνα βασίζεται στη συχνότητα

και ένταση(πλάτος) του ηχητικού σήματος και το χρόνο που χρειάζεται για να επιστρέψει από τον ασθενή στον αισθητήρα. Σε αντίθεση με μια ακτινογραφία, κατά το υπερηχογράφημα δεν υπάρχει έκθεση σε ακτινοβολία.

Τα υπερηχογραφήματα χρησιμοποιούνται σε πολλούς τύπους εξετάσεων και διαδικασιών. Μερικά παραδείγματα είναι τα πιο κάτω:

- Υπερηχογράφημα Doppler (για την απεικόνιση της ροής του αίματος μέσω των αιμοφόρων αγγείων).
- Υπερηχογραφήματα οστών (για τη διάγνωση της οστεοπόρωσης).
- Ηχοκαρδιογράφημα (για την οπτικοποίηση της καρδιάς).
- Υπερηχογράφημα εμβρύου (για την οπτικοποίηση του εμβρύου κατά την εγκυμοσύνη).
- Βιοψίες καθοδηγούμενες από υπέρηχους.

Τα υπερηχογραφήματα χρησιμοποιούνται πέρα των 20 χρόνων και έχουν ένα εξαιρετικό ιστορικό ασφαλείας. Η απεικόνιση με χρήση υπερήχων της καρωτίδας είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη για τη διάγνωση της αθηροσκλήρωσης, επειδή επιτρέπει τη μη-επεμβατική εκτίμηση της στένωσης καθώς και της μορφολογίας της πλάκας. Η ανάλυση ψηφιακών εικόνων αθηρωματικών πλακών παρέχει ποσοτικά μέτρα για τη μορφολογία της πλάκας, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταυτοποίηση των συστατικών της πλάκας. Επιπλέον, ακολουθίες εικόνων υπερήχων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της κίνησης της πλάκας.

1.7 Παρούσα μελέτη

Οι πολλές μέθοδοι προβολής 3D έχουν αναπτυχθεί την τελευταία δεκαετία.

Οι συγγραφείς έχουν υπολογίσει καρωτιδική αθηροσκλήρωση χρησιμοποιώντας χειροκίνητη καταμέτρηση των επίπεδων επιφανειών για την δημιουργία : του συνολικού όγκου της πλάκας (TPV) και του όγκου των τοιχωμάτων των αγγείων (VWV). Για τη μέτρηση του TPV, κάθε 3D εικόνα της καρωτίδας είναι κόπηκε σε εγκάρσιες φέτες σε σχέση με τον άξονα της αρτηρίας, αρχίζοντας από το ένα άκρο της πλάκας και χρησιμοποιώντας μια απόσταση μεταξύ των φετών (ISD) 1,0 mm. Χρησιμοποιώντας λογισμικό που αναπτύχθηκε στο εργαστήριο των συγγραφέων, η πλάκα χωρίζεται σε κάθε εικόνα διατομής με ένα γραμμικό δρομέα. Καθώς τα περιγράμματα περιγράφονται με το χέρι, το λογισμικό απεικόνισης υπολογίζει την περιοχή των περιγραμμάτων αυτόματα. Οι διαδοχικές περιοχές που περικλείονται από τα περιγράμματα προσεγγίζονται στον μέσο όρο και πολλαπλασιάζεται με την ISD, προκειμένου να υπολογιστεί ο οριακός όγκος. Μετά από μια πλήρη μέτρηση της έντασης της πλάκας, η 3D εικόνα μπορεί να προβληθεί σε πολλαπλές κατευθύνσεις, προκειμένου να εξακριβωθεί ότι το σύνολο του όγκου της πλάκας περιγράφεται από το σύνολο των περιγραμμάτων. Έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμα εργαλεία για τις μετρήσεις της καρωτιδικής αθηροσκλήρωσης και χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των ασθενών που διατρέχουν κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου, που παρουσιάζουν δηλαδή υψηλή πίεση του αίματος και υψηλά επίπεδα χοληστερόλης. Εδώ, έγινε χρήση των 3D υπερήχων των καρωτίδων για την παρακολούθηση της αθηροσκλήρωσης. Για την απεικόνιση των αλλαγών στην καρωτιδική αρτηρία και ενδεχόμενη αρτηριακή αναδιαμόρφωση που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της εντατικής θεραπείας, οι συγγραφείς προσπάθησαν να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η 3D απεικόνιση, με διαδοχικές μετρήσεις του τοιχώματος της αρτηρίας και με κατατμήσεις σε διάφορα πάχη τοιχωμάτων.

Κεφάλαιο 2

Ανασκόπηση Παρόμοιων Συστημάτων

2.1 Περιγραφή Προβλήματος	14
2.2 Άλλα Παρόμοια Συστήματα (Ανασκόπηση εργαλείων 3D)	15
2.2.1 ImageVis3D	15
2.2.2 ITK/VTK	15
2.2.2.1 1ITK	15
2.2.2.2 VTK	16
2.2.3 Seg3d	16
2.2.4 3DSlicer	17
2.3 GIMIAS	18
2.4 MATLAB	20
2.5 ImageJ	22
2.6 Επιλογή κατάλληλων εργαλείων για την ολοκλήρωση της διπλωματικής	23
2.6.1 Επιλογή GIMIAS	23
2.6.2 Επιλογή MATLAB	24
2.6.3 Επιλογή ImageJ	24

2.1 Περιγραφή Προβλήματος

Στην διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η διαδικασία επεξεργασίας εικόνων υπερηχογραφήματος και πως με τη χρήση τους θα δημιουργηθεί το τρισδιάστατο μοντέλο της καρωτίδας, έτσι ώστε η μελέτη των υπερηχογραφήματων της καρωτιδικής πλάκας να γίνεται πιο αποδοτική.

Τα μοντέλα της αθηροσκληρωτικής πλάκας που θα παραχθούν, είναι σε θέση να χρησιμοποιηθούν από τον ιατρό για την πρόληψη από τα προβλήματα που προκαλεί η καρωτιδική πλάκα.

2.2 Άλλα Παρόμοια Συστήματα - Ανασκόπηση εργαλείων 3D

2.2.1 ImageVis3D

ImageVis3D [4] είναι ένα πολύ διαδεδομένο λογισμικό που οι κύριοι στόχοι του σχεδιασμού του ImageVis3D είναι: η απλότητα, επεκτασιμότητα, και η διαδραστικότητα. Οι στόχοι του επιτυγχάνονται με ένα νέο περιβάλλον εργασίας που δίνει ένα πρωτοφανές επίπεδο ευελιξίας. Είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα και χρησιμοποιείται για την παροχή πληροφοριών μεγάλης κλίμακας. Μπορεί να διαβάσει ένα μεγάλο εύρος μορφών αρχείων όπως DICOMs, imagestacks, Analyze 7.5, Kitware MHD files, BOV meshes, και NRRDs.

2.2.2 ITK/VTk

2.2.2.1 ITK

Το ITK [5] (Insight Segmentation and Registration Toolkit) είναι ένα πλαίσιο ανάπτυξης εφαρμογών ανοικτού κώδικα που χρησιμοποιούνται ευρέως για την ανάπτυξη προγραμμάτων κατάτμησης και εγγραφής εικόνας. Η κατάτμηση είναι η διαδικασία αναγνώρισης και κατηγοριοποίηση των στοιχείων που βρέθηκαν σε ψηφιακά αντιπροσωπευτικά δείγματα. Το ITK χρησιμοποιεί το περιβάλλον Cmake για τη διαχείριση της διαδικασίας διαμόρφωσης. Το λογισμικό υλοποιείται σε C++ και έχει περιτύλιγμα για Tcl, Python (με τη χρήση CableSwig) και Java. Αυτό επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν το λογισμικό χρησιμοποιώντας μια ποικιλία γλωσσών προγραμματισμού. Το ITK σε C++ κώδικα είναι γνωστό ως γενικού προγραμματισμού (δηλαδή, χρησιμοποιώντας τον κωδικό templated). Η C++ templating σημαίνει ότι ο κώδικας είναι εξαιρετικά αποτελεσματικός, και ότι πολλά προβλήματα λογισμικού ανακαλύπτονται κατά την μεταγλώττιση, παρά κατά τον χρόνο εκτέλεσης κατά την εκτέλεση του προγράμματος.

2.2.2.2 VTK

Το VTK [6] είναι ένας οδηγός οπτικοποίησης, ανοικτού κώδικα, που παρέχει τη δυνατότητα για επεξεργασία εικόνας και απεικόνιση καθώς επίσης και 3D γραφικά υπολογιστών. Ακόμη το VTK υποστηρίζει μια μεγάλη ποικιλία από αλγόριθμους απεικόνισης, συμπεριλαμβανομένων: διανυσμάτων, υφής, και ογκομετρικών μεθόδων. Επίσης υποστηρίζει προηγμένες τεχνικές μοντελοποίησης όπως: έμμεση μοντελοποίηση, πολυγωνική μείωση, χάραξη περιγράμματος, και τριγωνοποίησης Delaunay. Το VTK είναι cross-platform και τρέχει σε Linux, Windows, Mac και Unix πλατφόρμες.

Το VTK χρησιμοποιείται παγκοσμίως σε εμπορικές εφαρμογές, στην έρευνα και στην ανάπτυξη, και είναι η βάση πολλών προηγμένων εφαρμογών οπτικοποίησης, όπως τα: ParaView, VisTrails, 3DSlicer, MayaVi και OsiriX.

2.2.3 Seg3d

Το Seg3D [7] είναι ένα δωρεάν εργαλείο για κατάτμηση και επεξεργασία τρισδιάστατων όγκων-μοντέλων, το οποίο αναπτύχθηκε από το NIH κέντρο βιοϊατρικής πληροφορικής, στο επιστημονικό ινστιτούτο υπολογισμού και απεικόνισης του πανεπιστημίου της Γιούτα. Συνδυάζει ένα ευέλικτο εγχειρίδιο διασύνδεσης για την κατάτμηση, με ένα ισχυρό μίγμα αλγορίθμων για την επεξεργασία εικόνας και την κατάτμηση από το Insight Toolkit. Οι χρήστες μπορούν να εξερευνήσουν και να επισημαίνουν όγκους εικόνας με τη χρήση volume rendering και ορθογώνιων παραθύρων τομής. Το Seg3D διαβάζει τις στοίβες εικόνων ως ένα όγκο χρησιμοποιώντας τυπικές μορφές αρχείων και παρέχει μια σειρά από εργαλεία για τον εντοπισμό των διαφόρων περιοχών μέσα στον όγκο δημιουργώντας έτσι ένα labelmap του όγκου.

Τα δύο λογισμικά, ImageVis3D και Seg3D μπορεί να πει κανείς ότι σε μεγάλο βαθμό είναι ίδια. Αυτό στηρίζεται στο γεγονός ότι και τα δύο είναι μικρά προγράμματα που δημιουργήθηκαν από μια μικρή ομάδα με στόχο να διευκολύνουν την ταχεία προσαρμογή ή προσθήκη νέων χαρακτηριστικών στο περιβάλλον εργασίας του χρήστη. Αν και τα δύο προαναφερθέντα προγράμματα είναι ξεχωριστά, παρόλ' αυτά

ενσωματώνουν τις λειτουργίες τους στη ροή εργασίας μέσω των αρχείων, τα οποία μπορούν εύκολα να διαβαστούν.

2.2.4 3D Slicer

Το 3D Slicer [8] είναι ένα δωρεάν λογισμικό ανοιχτού κώδικα, για την οπτικοποίηση και την ανάλυση εικόνας. Αυτή η πλατφόρμα παρέχει δυνατότητες για πολλά όργανα του ανθρώπινου σώματος, δυνατότητα επέκτασης για πολλά εργαλεία, ειδική ανάλυση εικόνας και την απεικόνιση εικόνων. Είναι διαθέσιμο σε πολλές πλατφόρμες όπως Windows, Linux, Mac OS και Mac OS X. Παρέχει ακόμη μια γραφική διεπαφή χρήστη για την αλληλεπίδραση με τα δεδομένα, κατασκευάζει και απεικονίζει δεδομένα από συλλογές MRI έτσι ώστε να αποφανθούν οι χωρικές συντεταγμένες των οργάνων για την παρακολούθησή τους. Το Slicer αξιοποιεί μια ποικιλία εργαλείων και μεθοδολογιών λογισμικού που έχουν επισημανθεί στην NAMIC.

Το Slicer έχει χρησιμοποιηθεί στην κλινική έρευνα, χρησιμοποιείται συχνά για να κατασκευάσει και να απεικονίσει δεδομένα από συλλογές μαγνητικής τομογραφίας ώστε να καταστεί δυνατή η απόκτηση των χωρικών συντεταγμένων των οργάνων για την παρακολούθησή τους. Στην πραγματικότητα, το Slicer έχει ήδη παίξει τόσο ζωτικό ρόλο στην εικονικά κατευθυνόμενη θεραπεία, που θα μπορούσε να θεωρηθεί πως μεγαλώνει παράλληλα με τον τομέα αυτό.

Το Slicer παρέχει μια γραφική διεπαφή χρήστη για την αλληλεπίδραση με τα δεδομένα.

20

Εκτός από το εγχειρίδιο του κατακερματισμού και τη δημιουργία 3D μοντέλων επιφανειών από συμβατικές εικόνες μαγνητικής τομογραφίας, το Slicer έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για τη non-rigid καταγραφή εικόνας και την ενσωμάτωση μοντέλων της νευροαγγειακής κατηγορίας χρησιμοποιώντας κατάτμηση εικόνας σε κατευθυνόμενες μαγνητικές τομογραφίες για βιοψίες του προστάτη.

2.3 GIMIAS

Το GIMIAS [9] (Graphical Interface for Medical Image Analysis and Simulation) είναι ένα περιβάλλον εργασίας για την επίλυση εικόνας καθώς και εξατομικευμένων προβλημάτων προσομοίωσης μέσω της προηγμένης βιοϊατρικής πληροφορικής, και μπορεί να επεκταθεί μέσα από την ανάπτυξη του προβλήματος με την χρήση ειδικών plug-ins.

Κύριος σκοπός του είναι η γρήγορη προτυποποίηση των ιατρικών εφαρμογών. Ακόμη το GIMIAS βοηθά στην αποτελεσματική ανάπτυξη έρευνας. Το λογισμικό είναι διαθέσιμο σε bits των Windows και Linux, 64 και 32 bits.

Το GIMIAS είναι ιδιαίτερα γνωστό για την ενσωμάτωση εργαλείων ιατρικής απεικόνισης, υπολογιστικής μοντελοποίησης, αριθμητικών μεθόδων και γραφικά υπολογιστών ώστε να παρέχει στους προγραμματιστές και ερευνητές ένα πλαίσιο λογισμικού για την οικοδόμηση μιας ευρείας ποικιλίας εργαλείων.

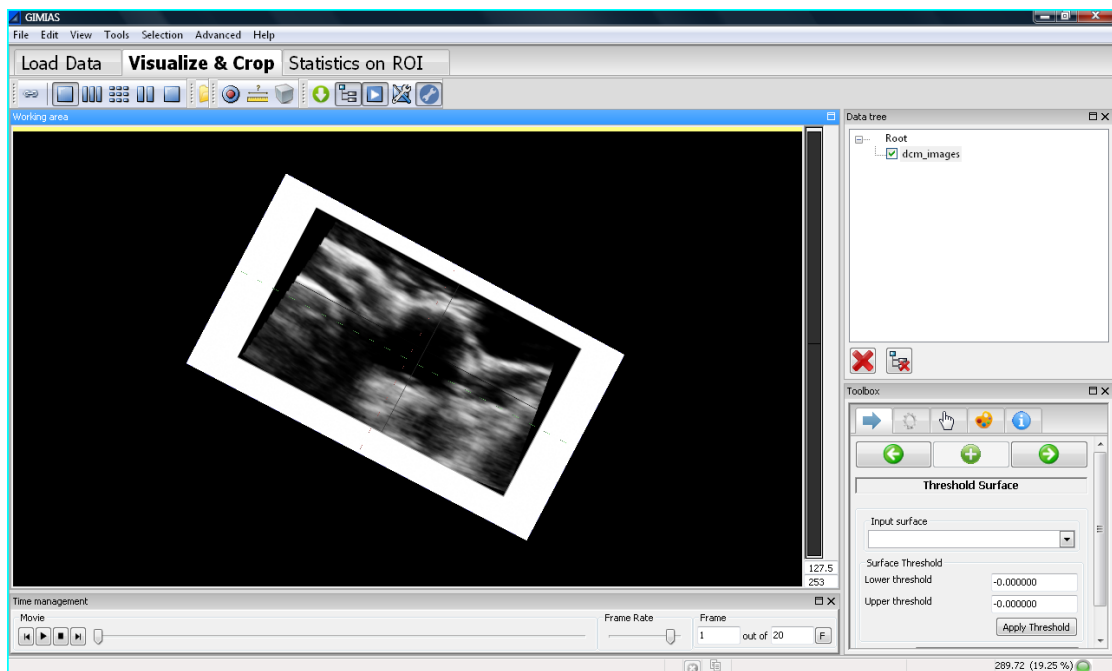
Το εργαλείο GIMIAS παρέχει υποστήριξη για διάφορες απεικονιστικές μεθόδους, βιοϊατρική απεικόνιση δεδομένων σε δισδιάστατη και τρισδιάστατη μορφή. Ακόμη επιτρέπει πλοήγηση στη ροή εργασίας που μπορεί να βοηθήσει τον χρήστη να λάβει χρήσιμες πληροφορίες για την θεραπεία του ασθενούς, μειώνοντας έτσι τον χρόνο που απαιτείται για να πάρει νέες ιδέες από την έρευνα στο κλινικό περιβάλλον. Το GIMIAS έχει σχεδιαστεί για την πολυτροπική επεξεργασία εικόνας, τη δημιουργία εξατομικευμένων μοντέλων και πολλές άλλες εφαρμογές. Επιπλέον, παρέχει μια γραφική διεπαφή για τον χρήστη με όλα τα κύρια στοιχεία εισόδου και εξόδου, οπτικοποίησης και λειτουργίες αλληλεπίδρασης για εικόνες και μηνύματα. Περιλαμβάνει ακόμα πρόσθετα εργαλεία για την κατάτμηση εικόνας, επεξεργασία πλεγμάτων, σημάτων πλοήγησης και ειδικές απεικονίσεις.

Το GIMIAS είναι ένα πλαίσιο ανάπτυξης που επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν τις δικές τους ιατρικές εφαρμογές, χρησιμοποιώντας διαφορετικά plug-ins που μπορεί να φορτωθεί δυναμικά και σε συνδυασμό. Τα πρωτότυπα που έχουν αναπτυχθεί με GIMIAS μπορεί να επαληθευτούν από τους τελικούς χρήστες σε

πραγματικά σενάρια και με πραγματικά δεδομένα στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται ο χρόνος και η προσπάθεια που απαιτείται για να πάρει νέες ιδέες από την έρευνα στο κλινικό περιβάλλον.

Επιπλέον επιτρέπει τη δημιουργία πρωτοτύπων για αξιολόγηση στους τομείς της ιατρικής ανάλυσης εικόνας, μοντελοποίησης και προσομοίωσης. Απλοποιεί την ενσωμάτωση των εργαλείων που απαιτούνται για τη δημιουργία νέων κλινικών ροών εργασίας. Απλοποιεί επίσης τη χρήση κοινών βιβλιοθηκών από τον χρήστη για τις διεπαφές του, την απεικόνιση, καθώς και για την επεξεργασία εικόνας.

Έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας C++ γλώσσα. Το plug-in μπορεί να επεκτείνει το πλαίσιο προσθέτοντας νέα στοιχεία επεξεργασίας, GUI στοιχεία, όπως γραμμές εργαλείων, νέες διαδικασίες επεξεργασίας δεδομένων τύπους ή νέες βιβλιοθήκες.



Εικόνα 3.1 – Τρισδιάστατη αναπαράσταση πραγματικής καρωτίδας μέσω του εργαλείου GIMIAS.

2.4 MATLAB

Η MATLAB [10] είναι μια υψηλού επιπέδου γλώσσα και περιβάλλον για αριθμητικούς υπολογισμούς, οπτικοποίηση, και προγραμματισμό. Χρησιμοποιώντας το MATLAB, μπορούμε να αναλύσουμε τα δεδομένα, να αναπτύξουμε αλγόριθμους, και να δημιουργήσουμε μοντέλα και εφαρμογές. Η γλώσσα, τα εργαλεία και οι ενσωματωμένες μαθηματικές συναρτήσεις μας επιτρέπουν να εξερευνήσουμε πολλαπλές προσεγγίσεις

Το λογισμικό MATLAB, είναι ένα διαδραστικό πρόγραμμα για αριθμητικούς υπολογισμούς και για κατασκευή γραφημάτων, παρέχει τη δυνατότητα προγραμματισμού, κάτι που το καθιστά ένα χρησιμότερο εργαλείο για όλους όσους ασχολούνται με τις θετικές επιστήμες (και όχι μόνο). Στις νεότερες εκδόχές του, το πακέτο MATLAB περιλαμβάνει εργαλείοι που επιτρέπουν συμβολικούς υπολογισμούς.

Όπως υποδηλώνεται και από το όνομα του, το MATLAB είναι ειδικά σχεδιασμένο για υπολογισμούς με πίνακες, όπως η επίλυση γραμμικών συστημάτων, η εύρεση ιδιοτιμών και ιδιοδιανυσμάτων, η αντιστροφή τετραγωνικού πίνακα κλπ. Επιπλέον το πακέτο αυτό είναι εφοδιασμένο με πολλές επιλογές για γραφικά (δηλ. την κατασκευή γραφικών παραστάσεων) και προγράμματα γραμμένα στη δική του γλώσσα προγραμματισμού για την επίλυση άλλων προβλημάτων όπως η εύρεση των ριζών μη γραμμικής εξίσωσης, η επίλυση μη γραμμικών συστημάτων, η επίλυση προβλημάτων αρχικών τιμών με συνήθεις διαφορικές εξισώσεις κ.α. Η γλώσσα προγραμματισμού του MATLAB δίνει την ευχέρεια στον χρήστη να το επεκτείνει με δικά του προγράμματα.

Το MATLAB είναι σχεδιασμένο για την αριθμητική επίλυση προβλημάτων σε αριθμητική πεπερασμένης ακρίβειας. Με άλλα λόγια, δεν βρίσκει την ακριβή λύση αλλά μια προσεγγιστική λύση ενός προβλήματος.

Η MATLAB είναι ένα αριθμητικό υπολογιστικό περιβάλλον και μια τέταρτης γενιάς γλώσσα προγραμματισμού. Αναπτύχθηκε από την εταιρεία The Math Works. Η MATLAB επιτρέπει χειρισμούς πινάκων, σχεδίαση λειτουργιών και δεδομένων,

εφαρμογή αλγορίθμων, δημιουργία διεπαφών χρήστη, και διασυνδέεται με προγράμματα που είναι γραμμένα σε άλλες γλώσσες, συμπεριλαμβανομένων των C, C++, Java και Fortran. Αν και η MATLAB προορίζεται κυρίως για την αριθμητική υπολογιστών, μια προαιρετική εργαλειοθήκη χρησιμοποιεί τη συμβολική μηχανή MuPAD, επιτρέποντας την πρόσβαση σε συμβολικές υπολογιστικές δυνατότητες. Ένα επιπλέον πακέτο, το Simulink, προσθέτει γραφικά προσομοίωσης και μοντελοποιημένους σχεδιασμούς στα οποία βασίζονται τα δυναμικά και ενσωματωμένα συστήματα.

Χρησιμοποιώντας τη MATLAB, μπορούν να επιλυθούν τεχνικά προβλήματα πληροφορικής ταχύτερα από ό, τι με τις παραδοσιακές γλώσσες προγραμματισμού, όπως η C, C++ και Fortran .

Η MATLAB μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της επεξεργασίας σήματος και εικόνας, επικοινωνιών, στο σχεδιασμό ελέγχου, δοκιμών και μετρήσεων, οικονομικής μοντελοποίησης και ανάλυσης, και υπολογιστικής βιολογίας. Για ένα εκατομμύριο μηχανικούς και επιστήμονες για τη βιομηχανία και τον ακαδημαϊκό κόσμο, η MATLAB είναι η γλώσσα των τεχνικών πληροφορικής.

Το 2004, το MATLAB είχε περίπου ένα εκατομμύριο χρήστες σε όλη τη βιομηχανία και τον ακαδημαϊκό κόσμο. Οι χρήστες της MATLAB προέρχονται από διάφορους χώρους της μηχανικής, της επιστήμης, και της οικονομίας. Η MATLAB χρησιμοποιείται ευρέως σε ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα καθώς και βιομηχανικές επιχειρήσεις.

2.5 IMAGEJ

Το ImageJ [11] είναι ένα πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας που τρέχει είτε ως απευθείας εφαρμογή ή ως downloadable εφαρμογή, σε οποιοδήποτε υπολογιστή με Java 1.4 ή μεταγενέστερη εικονική μηχανή. Είναι διαθέσιμο για Windows, Mac OS, Mac OS X και Linux. Μπορεί να προβάλει, να επεξεργαστεί, να αναλύσει, να επεξεργαστεί, να αποθηκεύσει και να εκτυπώσει εικόνες των 8-bit, 16-bit και 32-bit. Μπορεί να διαβάσει πολλές μορφές εικόνας όπως TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, ταιριάζει ακόμα και με raw τύπο. Υποστηρίζει "στοίβες", μια σειρά από εικόνες που μοιράζονται ένα μόνο παράθυρο. Είναι πολύνηματική, έτσι χρονοβόρες ενέργειες, όπως η ανάγνωση αρχείου εικόνας μπορούν να εκτελούνται παράλληλα με άλλες δραστηριότητες. Το ImageJ μπορεί να μετρήσει αποστάσεις και γωνίες. Μπορεί να δημιουργήσει ιστογράμματα πυκνότητας και γραμμικά γραφήματα. Υποστηρίζει τυπικές λειτουργίες επεξεργασίας εικόνας, όπως οι αντιθέσεις, το ακόνισμα, λείανση, ανίχνευση ακμών και το median φιλτράρισμα. Ακόμη, κάνει γεωμετρικούς μετασχηματισμούς, όπως η κλιμάκωση, περιστροφή και αντιστροφή. Η εικόνα μπορεί να μεγεθυνθεί έως και 32:1 και να σμικρυνθεί μέχρι 1:32. Όλες οι αναλύσεις και οι λειτουργίες επεξεργασίας είναι διαθέσιμες σε κάθε παράγοντα μεγέθυνσης. Το ImageJ σχεδιάστηκε με μια ανοικτή αρχιτεκτονική που παρέχει επεκτασιμότητα μέσω Java plugins. Προσαρμοσμένη απόκτηση, ανάλυση και επεξεργασία των plugins μπορεί να αναπτυχθεί με τη χρήση του ενσωματωμένου ImageJ επεξεργαστή και του μεταγλωττιστή της Java. Γενικά είναι ένα πολύ βοηθητικό και εύχρηστο εργαλείο.

2.6 Επιλογή κατάλληλων εργαλείων για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας

2.6.1 Επιλογή GIMIAS

Έχει επιλεγθεί το GIMIAS για την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου της καρωτίδας και έχει επιλεγθεί ανάμεσα από τα ακόλουθα : ITK/VTK, 3D Slicer, ImageVis3D και Seg3d.

Από τα πιο πάνω λογισμικά που αναφερθήκαν τα πιο ολοκληρωμένα για τη δημιουργία τρισδιάστατων όγκων για ιατρική χρήση είναι το GIMIAS, καθώς παρέχει τη δυνατότητα χρήσης διαφόρων αλγορίθμων για την κατάτμηση όγκου.

Επιτρέπει επίσης την πλοήγηση στη ροή εργασίας που μπορεί να βοηθήσει τον χρήστη να λάβει χρήσιμες πληροφορίες για την θεραπεία του ασθενούς, μειώνοντας έτσι τον χρόνο που απαιτείται για να πάρει νέες ιδέες από την έρευνα στο κλινικό περιβάλλον.

Τα άλλα λογισμικά δεν επιλέγηκαν διότι μερικών λογισμικών είναι πολύπλοκη η διαδικασία εγκατάστασής τους (ITK/VTK), καθώς γίνεται μέσω μιας ενδιάμεσης πλατφόρμας της CMake, η οποία με τη σειρά της δημιουργεί ένα αρκετά μεγάλο αριθμό διεργασιών στην VisualStudio. Αυτό από την μια μπορεί να είναι εύχρηστο, καθώς παρέχει εύκολη πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα των αλγορίθμων, αλλά από την άλλη κάνει πολύ δύσκολη την επικοινωνία με τον χρήστη. Άλλος και κύριος λόγος που δεν επιλέγηκαν τα λογισμικά που αναφέρθηκαν πιο πάνω, είναι το γεγονός ότι τα συστατικά που παρέχουν αυτά τα λογισμικά, βρίσκονται ήδη στο ενεργητικό του εργαλείου GIMIAS.

Επομένως, με βάση τα πιο πάνω, το GIMIAS είναι το πιο ολοκληρωμένο και εύκολο στην χρήση για τον σκοπό που χρειαζόταν, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα λογισμικά που μελετήθηκαν.

2.6.2 Επιλογή Matlab

Το λογισμικό Matlab έχει επιλεχθεί κυρίως επειδή είναι το πιο ολοκληρωμένο και διαδεδομένο δωρεάν λογισμικό για την επιστημονική επεξεργασία εικόνας. Σκοπός μας είναι η δημιουργία καθώς και επεξεργασία των εικόνων που θα χρησιμοποιούνταν για τη δημιουργία του τρισδιάστατου όγκου.

Ένας άλλος σημαντικός λόγος για την επιλογή της Matlab ήταν το γεγονός ότι υπήρχε εξοικείωση με το λογισμικό αυτό καθώς είχε διδαχτεί και χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια του προπτυχιακού μαθήματος ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας.

Η Matlab χρησιμοποιήθηκε για την διεκπεραίωση δύο σημαντικών εργασιών που αφορούσαν τις εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στην δημιουργία των τρισδιάστατων μοντέλων της καρωτίδας. Η πρώτη εργασία ήταν η δημιουργία των εικόνων για τη χρήση τους στη δημιουργία ενός τεχνητού μοντέλου καρωτίδας. Η δεύτερη εργασία ήταν η επεξεργασία των πραγματικών εικόνων για τη χρήση τους στη δημιουργία ενός πραγματικού μοντέλου καρωτίδας.

2.6.3 Επιλογή ImageJ

Το εργαλείο ImageJ χρησιμοποιήθηκε για την σειριοποίηση των εικόνων σε δέσμες. Οι πραγματικές εικόνες που παραχωρήθηκαν καθώς και οι τεχνητές εικόνες που δημιουργήθηκαν για το κάθε μοντέλο καρωτίδας δεν είχαν κάποια δομή που να καθορίζει την μεταξύ τους σχέση, όπως την σειρά τους, τις σχετικές τους συντεταγμένες κτλ. Αυτή η σειριοποίηση όμως ήταν απαραίτητη καθώς το GIMIAS την απαιτεί, ούτως ώστε να αναγνωρίσει τις εικόνες ως δέσμη (banch) και όχι ως μεμονωμένες εικόνες για την δημιουργία των μοντέλων. Έτσι έγινε χρήση του εργαλείου ImageJ το οποίο παρέχει την δυνατότητα σειριοποίησης του περιεχόμενου φακέλων εικόνων σε δέσμες εικόνων, κάνοντας με αυτό τον τρόπο συμβατά τα αποτελέσματα εξόδου της Matlab με τις απαιτήσεις για την μορφή των δεδομένων εισόδου του GIMIAS.

Κεφάλαιο 3

GIMIAS– 3Δ Αναπαράσταση και αλγόριθμοι κατάτμησης

3.1	3Δ Αναπαράσταση (3DReconstruction)	25
3.2	Κατάτμηση εικόνας (Σεγμεντατιον)	26
3.3	Αλγόριθμοι Κατάτμησης στο GIMIAS	26
3.3.1	Simple Region Growing	27
3.3.2	Fast Marching Segmentation	28
3.3.3	Mesh Contour Segmentation	29

3.1 3Δ Αναπαράσταση (3D Reconstruction)

Η 3Δ αναπαράσταση είναι η διαδικασία εξαγωγής ενός τρισδιάστατου μοντέλου από ένα σύνολο δυσδιάστατων εικόνων. Με την εξαγωγή των ιατρικών πληροφοριών που περιέχονται στις εικόνες σε μια σειρά από 3Δ μοντέλα, είναι δυνατό να ληφθεί ένα προ-εγχειρητικό 3Δ μοντέλο του ασθενούς, δηλαδή ένας ψηφιακός κλώνος του πραγματικού ασθενή. Η 3Δ απεικόνιση γνώρισε μια πραγματική επανάσταση στα τέλη του περασμένου αιώνα, δίνοντας νέα δεδομένα στον ιατρικό κόσμο.

Ένα παράδειγμα προγράμματος που χρησιμοποιεί την 3Δ αναπαράσταση είναι το πρόγραμμα *visible human*, όπου μπορεί να αντικατασταθεί με μοντέλα από ιατρικές εικόνες από πραγματικούς ασθενείς. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν προ-εγχειρητικά ως προετοιμασία για μια χειρουργική επέμβαση, διεγχειρητικά για να καθοδηγήσουν τον χειρουργό αλλά και μετεγχειρητικά στο πλαίσιο της ανατομικής εκπαίδευσης και ιατρικής προσομοίωσης. Ακόμη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση των διάφορων κατατμήσεων και αλγορίθμων προσομοίωσης.

3.2 Κατάτμηση εικόνας (Image Segmentation)

Η κατάτμηση είναι το πρώτο βήμα στην ανάλυση εικόνας. Η κατάτμηση υποδιαιρεί μια εικόνα στα τμήματα ή αντικείμενα που την αποτελούν. Στόχος της κατάτμησης είναι η απλοποίηση καθώς και η τροποποίηση της αναπαράστασης μιας εικόνας σε κάτι που είναι πιο ουσιαστικό και πιο εύκολο να αναλυθεί.

Η κατάτμηση αποτελεί βασικό βήμα της ιατρικής απεικόνισης και χρησιμοποιείται συνήθως για να εντοπιστούν κάποιες γραμμές, καμπύλες κλπ. Γίνεται δηλαδή για τον εντοπισμό των αντικειμένων και των ορίων σε εικόνες. Αν θέλουμε να γίνουμε πιο συγκεκριμένοι, ο κατακερματισμός μιας εικόνας είναι η διαδικασία ανάθεσης μιας ετικέτας σε κάθε pixel της εικόνας αυτής, έτσι ώστε τα pixels με την ίδια ετικέτα να μοιράζονται ορισμένα οπτικά χαρακτηριστικά.

Το αποτέλεσμα της κατάτμησης μιας εικόνας είναι ένα σύνολο τμημάτων που καλύπτουν συλλογικά ολόκληρη την εικόνα, ή ένα σύνολο από καμπύλες που προέρχονται από την εικόνα (ανίχνευση ακμών). Κάθε ένα από τα pixels σε μια περιοχή είναι παρόμοιο σε σχέση με κάποιο χαρακτηριστικό ή κάποια υπολογιζόμενη ιδιότητα ,όπως το χρώμα, την ένταση ή την υφή.

Γειτονικές περιοχές διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με το ίδιο χαρακτηριστικό (ά). Κατά την κατάτμηση της εικόνας οι προκύπτουσες καμπύλες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία 3D αναπαραστάσεων με τη βοήθεια των αλγορίθμων παρεμβολής όπως τους κύβους πορείας.

3.3 Αλγόριθμοι κατάτμησης στο GIMIAS

Η κατάτμηση των εικόνων είναι η διαδικασία αναγνώρισης και επισήμανσης περιοχών ενδιαφέροντος (region of interest) μέσα σε μια εικόνα. Το GIMIAS είναι ένα ισχυρό και ευέλικτο εργαλείο για την ημι-αυτοματοποιημένη και χειροκίνητη κατάτμηση εικόνων. Είναι αναμφισβήτητο, ένα πρότυπο για ανοιχτού κώδικα GUI που βασίζεται σε 3D

κατάτμηση της εικόνας, μαζί με άλλα γνωστά εργαλεία όπως το 3D slicer, το VTK και άλλα. Έχει επί του παρόντος βελτιστοποιηθεί για κατάτμηση των εικόνων μαγνητικής τομογραφίας του εγκεφάλου, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε τμήμα του συνόλου δεδομένων DICOM.

Το GIMIAS παρέχει αρκετούς αλγόριθμους κατάτμησης αλλά θα γίνει περεταίρω αναφορά και ανάλυση σε αυτούς στη συνέχεια των οποίων η εφαρμογή είναι συμβατή και χρήσιμη για τις εργασίες της παρούσας ατομικής διπλωματικής εργασίας.

3.3.1 SimpleRegionGrowing (Απλή μέθοδος ανάπτυξης περιοχής)

Ο SimpleRegion Growing [12] είναι ένας στατιστικός αλγόριθμος αναπτυσσόμενης περιοχής. Ο αλγόριθμος παίρνει ένα ή περισσότερα σημεία (seeds) ως είσοδο και εκτελείται ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

- Εκτιμάτε ένα στατιστικό μοντέλο των νέων στοιχείων (μέσος όρος και τυπική απόκλιση της έντασης) πάνω από τις περιοχές των σημείων. Το στατιστικό μοντέλο μετατρέπεται σε μια βαθμωτή κλίμακα ορίων (scalartresholdrange) χρησιμοποιώντας τη μέση ένταση του κάθε σημείου συν ή πλην ένα πολλαπλασιαστή ή την τυπική απόκλιση.
- Ο αλγόριθμος στη συνέχεια κατασκευάζει μια κατάτμηση, επισημαίνοντας όλα τα voxels που συνδέονται με τα voxels των σημείων - seeds και που ικανοποιούν την βαθμωτή κλίμακα ορίων. (voxel είναι ένας συνδυασμός του όγκου και pixel, όπου pixel είναι ένας συνδυασμός της εικόνας και του στοιχείου).

Μετά από αυτή την αρχική κατάτμηση, το στατιστικό μοντέλο μπορεί να τελειοποιηθεί επαναληπτικά μέσω εκ νέου υπολογισμού της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της έντασης των voxels στην αρχική κατάτμηση. Το εκλεπτυσμένο στατιστικό μοντέλο με τη σειρά του μετατρέπεται σε μια νέα βαθμωτή κλίμακα ορίων, όπως προαναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Αυτό ακολουθείται από μια νέα

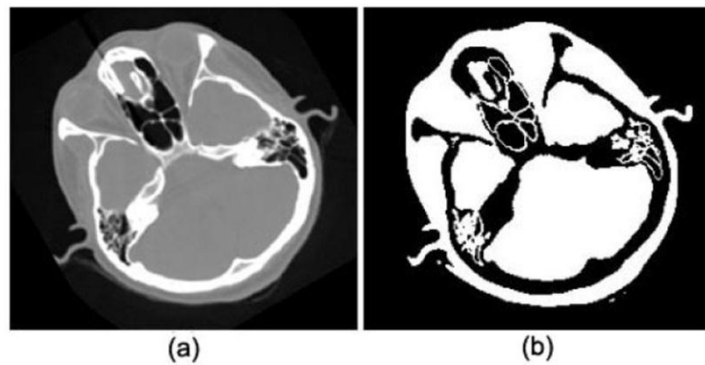
κατάτμηση, όπου ο αλγόριθμος επισημαίνει όλα τα voxels που συνδέονται με τα voxels των σημείων – seeds και που ικανοποιούν την βαθμωτή κλίμακα ορίων. Ο αριθμός των επαναλήψεων για τη διαδικασία κατάτμησης ορίζεται χρησιμοποιώντας μια παράμετρο επανάληψης του αλγορίθμου.

Μέσω αυτής της διαδικασίας, ο αλγόριθμος κατάτμησης SimpleRegionGrowing επιχειρεί να προσαρμοστεί στις στατιστικές ιδιότητες της εικόνας. Αρχικά, το στατιστικό μοντέλο βασίζεται αυστηρά στις περιοχές για τα seeds. Αυτό το στατιστικό μοντέλο είναι ακριβές (αφού βασίζεται στα seeds που παρέχονται από τον χρήστη), αλλά και αβέβαιη (επειδή ο αριθμός των δειγμάτων στο μοντέλο μπορεί να είναι σχετικά μικρός). Μετά την αρχική κατάτμηση, τα στατιστικά στοιχεία υπολογίζονται εκ νέου δίνοντας έτσι ένα πιο αξιόπιστο μοντέλο (γιατί ο αριθμός των δειγμάτων στο μοντέλο είναι πλέον αρκετά μεγαλύτερος).

3.3.2 Connected Threshold Segmentation (Κατάτμηση συνδεδεμένου ορίου)

Η μέθοδος Connected Threshold Segmentation [13] χρησιμοποιείται για την κατάτμηση εικόνων MRI, η οποία είναι μια αναπτυσσόμενη περιοχή μεθόδου τμηματοποίησης (region growing segmentation method). Σε αυτή τη μέθοδο ορίζουμε ένα κατώτατο και ένα ανώτατο όριο (που αν δεν δοθούν είναι δεδομένα εξ' αρχής), ορίζεται ένα αντικείμενο με τα σημεία (seeds) που δίνει ο χρήστης.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση τμηματοποίησης των 2D και 3D εικόνων. Οι περιοχές που έγιναν segmented θα περιέχουν όλα τα όλα τα pixel που συνδέονται με το σημείο seed που η ένταση είναι μεταξύ των ορίων ελάχιστης και μέγιστης τιμής που ορίστηκαν.



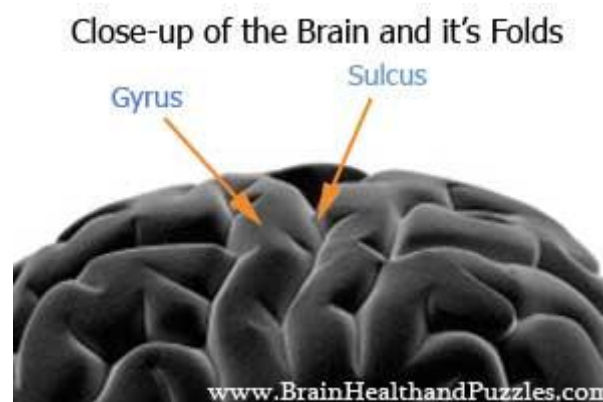
Εικόνα 3.1: (a) Αρχική εικόνα (b) Αποτέλεσμα εικόνας που έχει εφαρμοστεί σε αυτήν Connected Threshold Segmentation [14].

3.3.3 MeshContourSegmentation (Τμηματοποίηση περιγράμματος)

Οι μέθοδοι περιγράμματος μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την τμηματοποίηση ενός τρισδιάστατου πλέγματος, μετακινώντας επαναληπτικά το περίγραμμα στην περιοχή του πλέγματος, που ελαχιστοποιεί την ενέργεια του περιγράμματος. Όμως, καθώς κινείται το περίγραμμα, μπορεί να μην βρίσκεται στην περιοχή του πλέγματος. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, οι υπάρχουσες μέθοδοι, χρησιμοποιούν την παραμετροποίηση mesh , για να ληφθεί το αντίστοιχο περίγραμμα στην επιφάνεια πλέγματος.

Ο αλγόριθμος κατάτμησης MeshContour [15] χρησιμοποιείται για τη δημιουργία κλειστών περιγραμμάτων σε μία επιφάνεια 3D. Το περίγραμμα αρχικοποιείται με μια σειρά από σημεία που εισάγονται από το χρήστη, και στη συνέχεια «εξελίσσεται», σύμφωνα με κάποιο γεωμετρικό κριτήριο της υποκείμενης επιφάνειας (π.χ. κανονικότητα επιφάνειας, μέση καμπυλότητα κλπ) και της ενσωματωμένης καμπύλης (π.χ. γεωδαισιακής καμπυλότητας, κανονικής καμπυλότητας κλπ.).

Η εφαρμογή χρησιμοποιεί μια εκδοχή του Sparse Field Level Sets τροποποιημένη για ένα πλέγμα όπου υπάρχει ένας αυθαίρετος αριθμός από γειτονικές κορυφές. Ενώ το κινητήριο πρόβλημα για αυτή την εφαρμογή του αλγορίθμου ήταν ο κατακερματισμός των Sulcus και Gyrus στην επιφάνεια του φλοιού του εγκεφάλου, η τεχνική αυτή εφαρμόζεται επίσης στην ανάλυση και άλλων ανατομικών δομών όπως τα οστά και τα κατάγματα.



Εικόνα 3.2: Οι πτυχώσεις στον εγκέφαλο έχουν φυσικά τεχνικές ονομασίες. Οι υψηλότερες κορυφογραμμές που ονομάζεται Γύρι ή Αύλακες. Τα χαμηλότερα «κοιλιάδες» ονομάζεται αύλακες ή Sulcus [16].

Κεφάλαιο 4

Υλοποίηση

4.1	Workflows που παρέχει το GIMIAS	32
4.1.1	Τι είναι workflow	32
4.1.2	Workflow AngioImages	33
4.1.3	Workflow BrainImages	34
4.1.4	Workflow CardioImages	34
4.1.4.1	Επεξεργασία Cardio Images	34
4.2	Τεχνητή καρωτίδα	48
4.2.1	Δημιουργία εικόνων	49
4.2.2	Περεταίρω επεξεργασία εικόνων	51
4.2.3	Σειριοποίηση και μεγέθυνση εικόνων	52
4.2.3.1	Εισαγωγή σειράς εικόνων	52
4.2.3.2	Καθορισμός χαρακτηριστικών της δέσμης εικόνων	53
4.2.3.3	Οπτικοποίηση και αποθήκευση της δέσμης εικόνων	54
4.2.4	GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων, κατάτμηση και αναπαράσταση 3Δ μοντέλου	55
4.2.4.1	GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων	55
4.2.4.2	GIMIAS – Simple Region Growing Segmentation	56
4.2.4.3	GIMIAS – Connected Threshold Segmentation	58
4.3	Πραγματική καρωτίδα	59
4.3.1	Επεξεργασία εικόνων	60
4.3.2	Σειριοποίηση και μεγέθυνση εικόνων	61
4.3.2.1	Εισαγωγή σειράς εικόνων	61
4.3.2.2	Καθορισμός χαρακτηριστικών της δέσμης εικόνων	61
4.3.2.3	Οπτικοποίηση και αποθήκευση της δέσμης εικόνων	62
4.3.3	GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων, κατάτμηση και αναπαράσταση 3Δ μοντέλου	63
4.3.3.1	GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων	63
4.3.3.2	GIMIAS – Simple Region Growing Segmentation	64

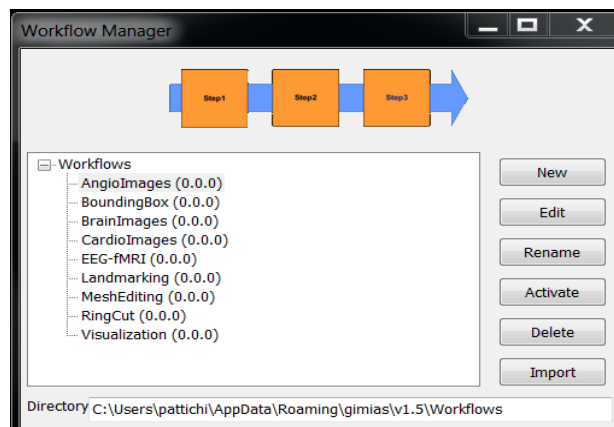
4.3.3.3	GIMIAS – Connected Threshold Segmentation	66
4.4	Αποτελέσματα Τεχνητής καρωτίδας	68
4.5	Αποτελέσματα Πραγματικής καρωτίδας	77

4.1 Workflows που παρέχει το GIMIAS

4.1.1 Τι είναι workflow (Εφαρμογή Ροής)

Η εφαρμογή ροής εργασίας είναι μια εφαρμογή λογισμικού που αυτοματοποιεί, μια σειρά από διαδικασίες. Οι διαδικασίες αυτές, μπορεί να είναι οποιαδήποτε διαδικασία που απαιτεί μια σειρά από βήματα. Μερικά βήματα της διαδικασίας μπορεί να απαιτούν ανθρώπινη παρέμβαση, όπως την έγκριση ή την ανάπτυξη των προσαρμοσμένων κειμένων, αλλά οι λειτουργίες που μπορούν να αυτοματοποιηθούν πρέπει να αντιμετωπίζονται από την εφαρμογή.

Μια εφαρμογή ροής στο GIMIAS [17] είναι ένας τρόπος για οργάνωση των σταδίων επεξεργασίας και παρέχει μια αποποιημένη πλοήγηση στον τελικό χρήστη, από το αρχικό βήμα μέχρι το τελικό βήμα. Για τη διαχείριση των εφαρμογών εργασίας θα πρέπει να επιλέξετε το File->Workflow Manager, όπου εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:



Οι βασικές λειτουργίες που παρέχονται είναι :

- New : Δημιουργεί ένα νέο κενό workflow.
- Edit : Επιτρέπει να αλλάξουμε το παρών επιλεγμένο workflow. Μπορούμε επίσης να κάνουμε double – click στο workflow για να το τροποποιήσουμε.
- Rename : Μετονομάζει το παρών επιλεγμένο workflow. Αυτό επίσης αλλάζει και το όνομα του XML αρχείου. (Στο XML αρχείο αποθηκεύεται η επεξεργασία που γίνεται στις εικόνες με την επιλογή Save Session).
- Activate : Αλλάζουμε το ενεργοποιημένο workflow. Αυτό το κουμπί αλλάζει αυτόματα το workflow και κάνει επανεκκίνηση του GIMIAS.
- Delete : Διαγράφει το workflow και το XML αρχείο από το δίσκο.
- Import : Προσθέτει workflow στο workflow manager.

Στη συνέχεια θα σας περιγράψω τα πιο σημαντικά workflows που παρέχει το GIMIAS και αργότερα θα εξηγηθεί ένα ολοκληρωμένο παράδειγμα για το workflow Cardio Images.

4.1.2 Workflow AngioImages

Χρησιμοποιώντας αυτό το workflow μπορούμε να φορτώσουμε τον τύπο των εικονών που επιθυμούμε (π.χ. DICOM εικόνες). Μπορούμε να συγκρίνουμε το σχήμα της εικόνας με άλλο σχήμα.

Μας παρέχει τη δυνατότητα να κόψουμε μια εικόνα για να περιορίσουμε την περιοχή που μας ενδιαφέρει, να βγάλουμε τη γεωμετρία της περιοχής ενδιαφέροντος που επιλέξαμε, να εκτελέσουμε διάφορες λειτουργίες επεξεργασίας για τη βελτίωση της γεωμετρίας της περιοχής ενδιαφέροντος. Ακόμη, μπορούμε να ενεργοποιήσουμε διάφορες επιλογές απεικόνισης όπως για παράδειγμα πολλαπλά παράθυρα για σύγκριση σχήματος, οπτικές αναπαραστάσεις της γεωμετρίας κλπ.

4.1.3 Workflow BrainImages

Αυτό το workflow μας παρέχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούμε πολλές λειτουργίες που εφαρμόζονται σε νευρολογικές εικόνες. Η προκαθορισμένη ροή εργασίας που θα φορτωθεί στο GIMIAS, θα μας επιτρέψει να φορτώσουμε εικόνες που αποκτήθηκαν χρησιμοποιώντας διάφορους τρόπους (MRI, SPECT κλπ.). Ακόμη, μπορούμε να περιστρέψουμε και να γυρίσουμε (flip) τις εικόνες χρησιμοποιώντας την προβολή multislice, που παρέχει το GIMIAS.

Στο επόμενο workflow θα δούμε και ένα παράδειγμα εκτέλεσης για να γίνουν πιο κατανοητές οι λειτουργίες που προσφέρει το GIMIAS.

4.1.4 Workflow Cardio Images

4.1.4.1 Επεξεργασία Cardio Images

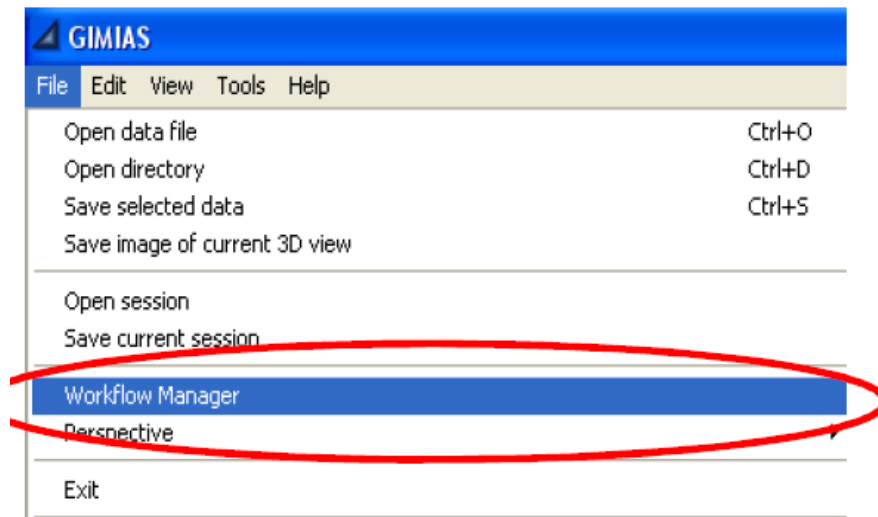
Σκοπός του υποκεφαλαίου αυτού είναι να δούμε αρχικά την λειτουργικότητα που έχει το εργαλείο GIMIAS, χρησιμοποιώντας ως είσοδο για επεξεργασία εικόνες που απεικονίζουν την καρδιά από διάφορες όψεις. Μέσα από τα βήματα που θα περιγραφούν στη συνέχεια, γίνεται εξερεύνηση των διαφορετικών τύπων των μετρήσεων που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στο GIMIAS. Τα πιο κάτω βήματα θα εξηγούν με περισσότερη ανάλυση τις πιο κάτω ενέργειες: να φορτώσουμε τις DICOM εικόνες στη ροή εργασίας, να μετρήσουμε αποστάσεις, να επιλέξουμε σημεία και να αποθηκεύσουμε τις συντεταγμένες τους για την ανάλυση της μετατόπισής τους στο χρόνο, να σχεδιάσουμε με το χέρι περιοχές ενδιαφέροντος (region of interest), να υπολογίσουμε τη μέση τιμή, την τυπική απόκλιση, ελάχιστες και μέγιστες τιμές των εικόνων με σημεία ενδιαφέροντος και να δούμε τις τιμές αυτές πως εναλλάσσονται με την πάροδο του χρόνου.

(Σημείωση: η πιο κάτω επεξεργασία θα παρουσιαστεί και θα εξηγηθεί αναλυτικά με demo στην παρουσίαση).

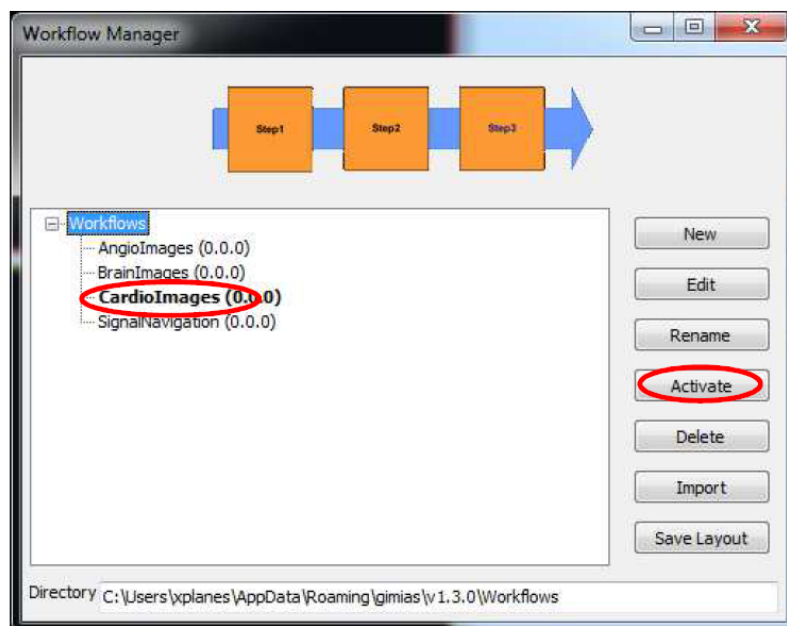
Βήματα για επεξεργασία εικόνων καρδιάς στο GIMIAS:

- Αρχικά πριν ξεκινήσουμε την υλοποίηση της εργασίας μας θα πρέπει να επιλέξουμε και να ενεργοποιήσουμε τη ροή εργασίας σε CardioImages από το Workflow Manager ως εξής:

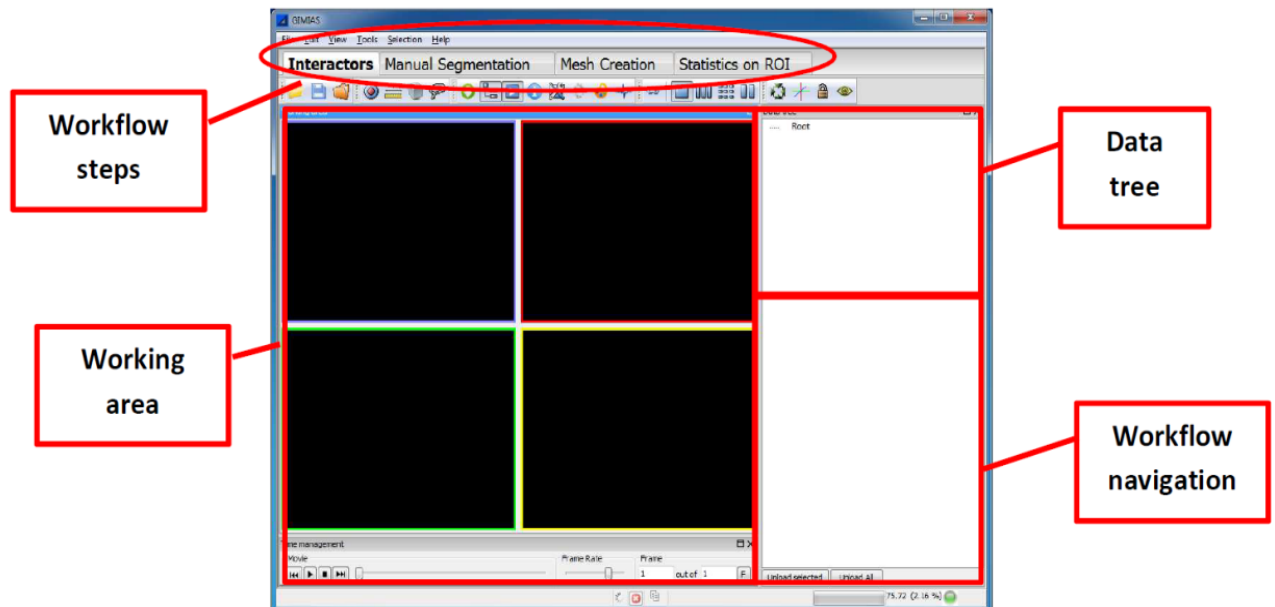
Ανοίγουμε το GIMIAS και από το menu File -> Workflow Manager όπως πιο κάτω.



- Ενεργοποιώ τη ροή εργασίας, στην κατάλληλη ροή. Επιλέγουμε το CardioImages Workflow και πατούμε το κουμπί activate.



Το GIMIAS θα έχει την πιο κάτω διαμόρφωση μετά την επιλογή της ροής εργασίας.



Κάθε καρτέλα στο επάνω μέρος του χώρου εργασίας αντιστοιχεί σε βήμα της ροής εργασίας. Στο κάτω δεξί μέρος του GUI είναι τα βήματα επεξεργασίας που ορίζονται για κάθε βήμα της ροής εργασίας.

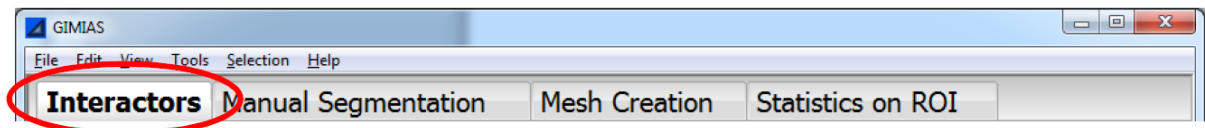
Θα εξηγήσουμε τι σημαίνουν τα μέρη που είναι σημειωμένα με κόκκινο στην πιο πάνω εικόνα έτσι ώστε να μην υπάρχουν οποιεσδήποτε ασάφειες όσον αφορά τη ροή εργασίας του GIMIAS.

- Workflow Steps : Αυτά είναι τα κύρια βήματα της ροής εργασίας. Για κάθε βήμα, υπάρχει μια συγκεκριμένη περιοχή εργασίας.
- Working Area : Η κύρια όψη οπτικοποίησης. Εδώ θα εμφανίζεται τα δεδομένα μας.
- Data Tree : Φορτώνονται τα δεδομένα στη μνήμη και εμφανίζονται στο data tree.
-

- Workflow Navigation : Μας επιτρέπει να πλοηγηθούμε σε όλα τα βήματα της ροής εργασίας χρησιμοποιώντας τα βέλη που υπάρχουν.

Βήμα 1 : Interactors (Ορισμός Σημείου και Μέτρηση)

Αρχικά φορτώνουμε τις εικόνες DICOM στη ροή εργασίας για την καρδιά. Αφού φορτωθούν τα δεδομένα μας στο GIMIAS πατούμε την καρτέλα Interactors και ακολουθούμε τα πιο κάτω βήματα.



1) Μελέτη της εικόνας :

Μπορείτε να περιηγηθείτε και να επιθεωρήσετε την εικόνα σε 2d προβολές και στην 3d προβολή. Αυτό μπορεί να γίνει με την χρήση του τροχού του ποντικιού για να πλοηγηθούμε σε διαφορετικές φέτες (slices) της εικόνας. Ακόμη, πατώντας το δεξί κλικ του ποντικιού + drag για να μεγεθύνουμε ή να αναιρέσουμε τη μεγέθυνση.

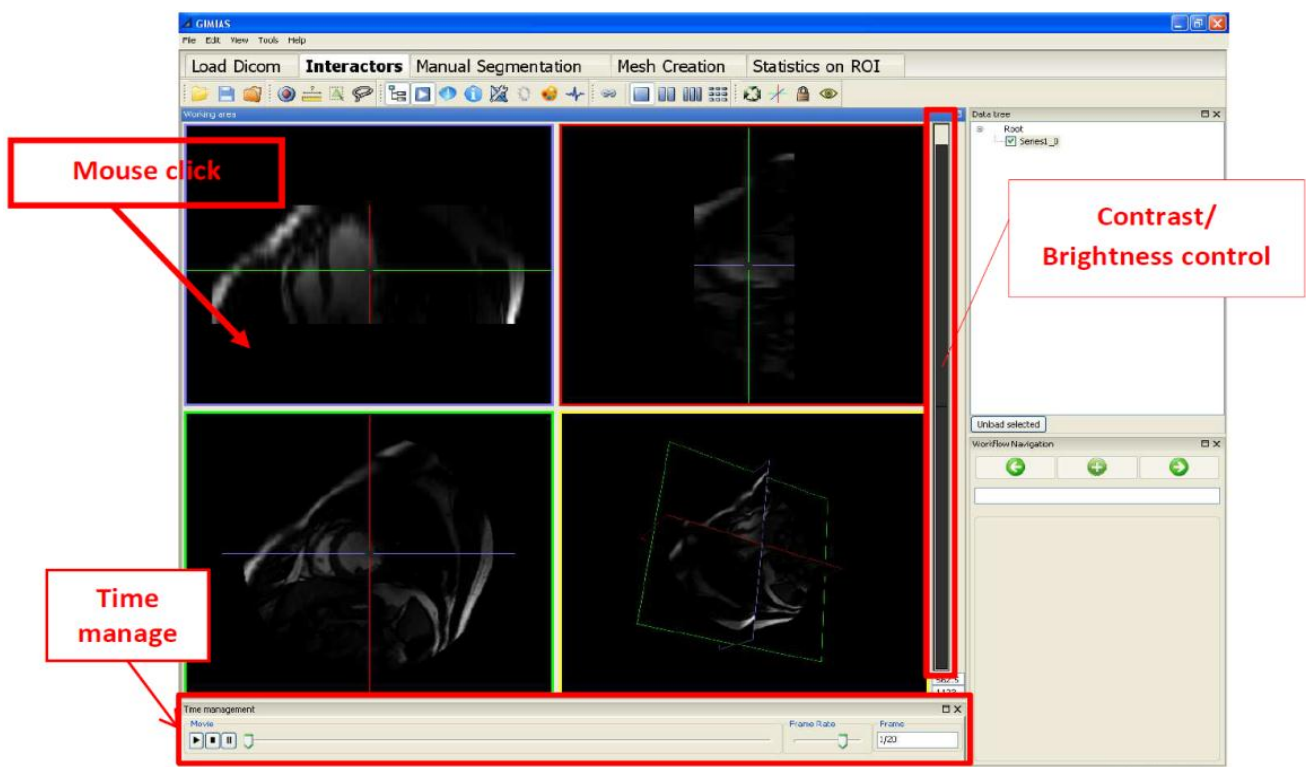
Ακόμη, η πλοήγηση στα διάφορα χρονικά σημεία της εικόνας, μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τη γραμμή διαχείρισης του χρόνου (time management) στο κάτω μέρος του GUI. Όταν γίνεται επεξεργασία της εικόνας, θα πρέπει πάντα να σταματούμε το χρόνο για να ξέρουμε σε ποιο frame γίνεται η επεξεργασία.

Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της βελτίωσης της φωτεινότητας που έχουν οι εικόνες μας. Αυτό, μπορεί να γίνει από τη γραμμή αντίθεσης που είναι στα δεξιά του working area. Πατώντας κλικ με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού στο παράθυρο

απεικόνισης και καθώς το κουμπί του ποντικιού είναι πατημένο σύρετε το ποντίκι προς κατεύθυνση πάνω ή κάτω για να αλλάξετε την αντίθεση, και αριστερά – δεξιά για να αλλάξετε την φωτεινότητα.

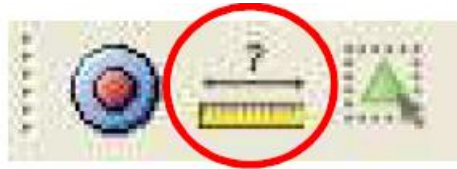
Μπορούμε να περιηγηθούμε ανάμεσα στα frames με την επιλογή του κουμπιού play από το time management.

Αυτά που εξηγήθηκαν πιο πάνω απεικονίζονται καλύτερα μέσα από την πιο κάτω εικόνα.

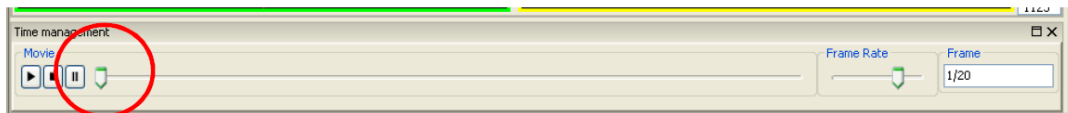


2) Μετρήσεις στην εικόνα

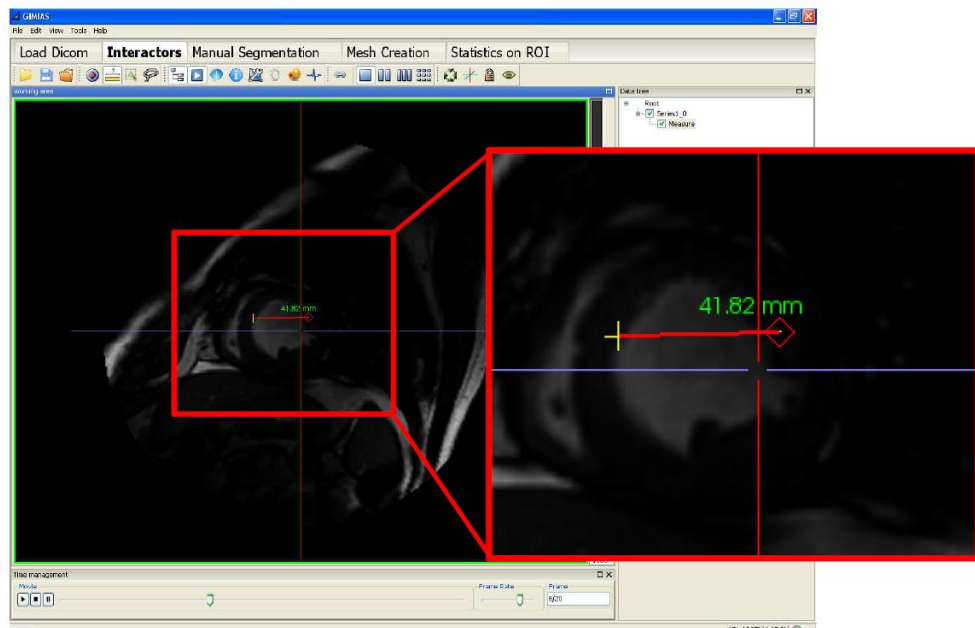
Από τη γραμμή επιλογής (Selection Toolbar) κάνουμε κλικ στο κουμπί μετρήσεων ως ακολούθως.



Επιλέγουμε την 2D προβολή που θέλουμε να κάνουμε μέτρηση. Για παράδειγμα κάνουμε διπλό κλικ στο επίπεδο Y (κάτω αριστερά της περιοχής εργασίας), για να τη μεγεθύνουμε. Επιλέγουμε ως πρώτο χρονικό σημείο το σημείο 8 (frame 8), χρησιμοποιώντας το slider που βρίσκεται στο time management, και κάνουμε μια μέτρηση.

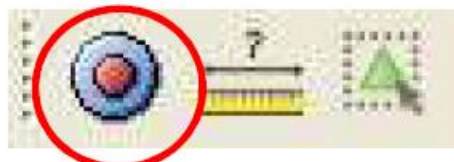


Η μέτρηση μπορεί να γίνει με τη χρήση των κουμπιών shift + left click (για την τοποθέτηση του πρώτου σημείου, και το ίδιο για την τοποθέτηση και του δεύτερου σημείου). Όπως φαίνεται και στο demo η πρώτη μέτρηση έγινε. Επιλέγουμε άλλο χρονικό σημείο (για παράδειγμα το frame 19) και κάνουμε άλλη μέτρηση όπως περιγράφηκε πιο πάνω.

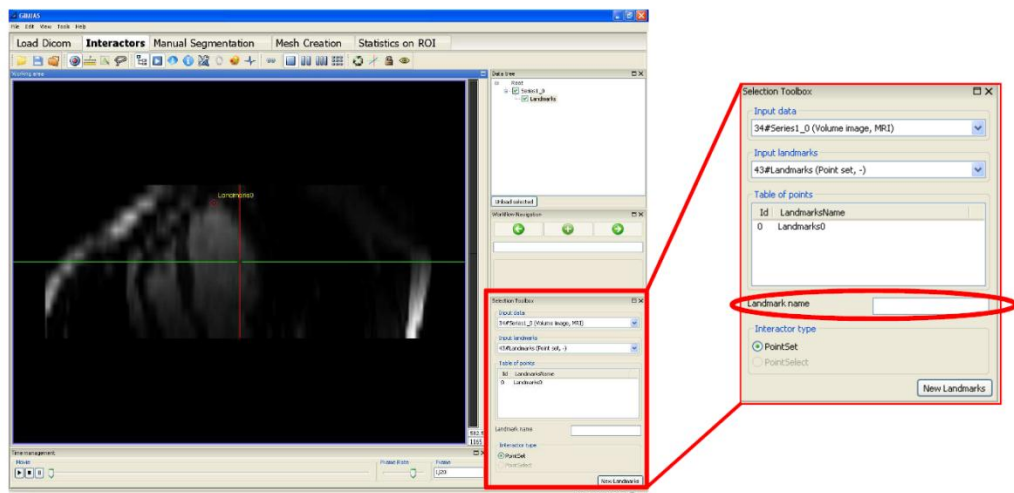


3) Τοποθέτηση σημείων ενδιαφέροντος (landmarks) στην εικόνα

Επιλέγουμε από το selection toolbar το κουμπί landmark selector για να επιλέξουμε τα σημεία ενδιαφέροντος που θέλουμε.

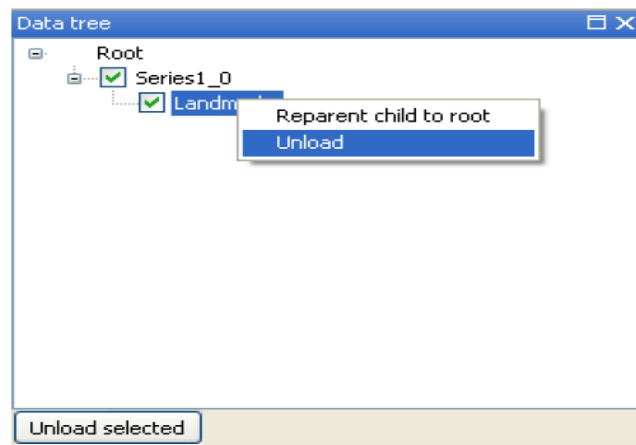


Επιλέγουμε ένα σημείο στην εικόνα που θέλουμε και τοποθετούμε ένα landmark (shift + left click) . Προχωρούμε σε άλλο frame με τη χρήση του slider και τοποθετούμε άλλο landmark. Κάνουμε την ίδια διαδικασία και για άλλα χρονικά σημεία. Μπορούμε να αλλάξουμε το όνομα του landmark αλλάζοντάς το από το πεδίο landmark name, που βρίσκεται στο selection toolbox.



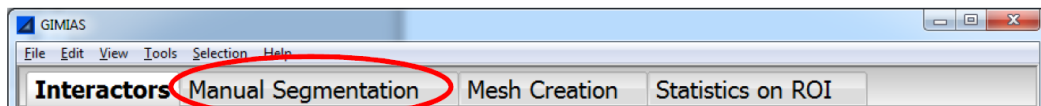
Μπορούμε να αποθηκεύσουμε τα landmarks επιλέγοντας το landmark από το data tree και πατώντας το κουμπί save. Κάνουμε unload των σημείων ενδιαφέροντος και των μετρήσεων που εξηγήσαμε πριν, για να προχωρήσουμε με τα επόμενα βήματα επεξεργασίας.

Αφαιρούμε τα landmarks από το data tree

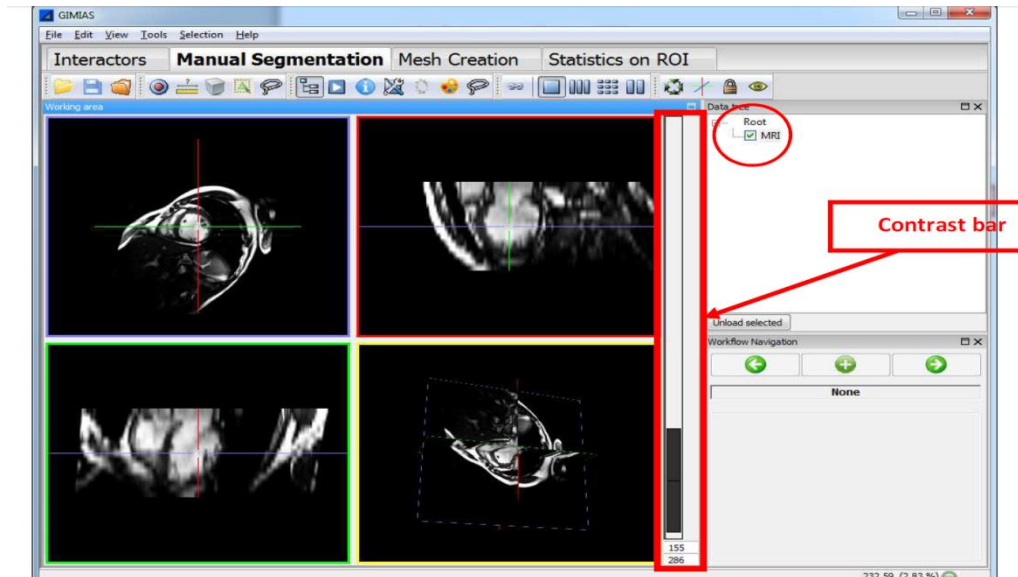


Βήμα 2 : Manual Segmentation (Τμηματοποίηση με το χέρι)

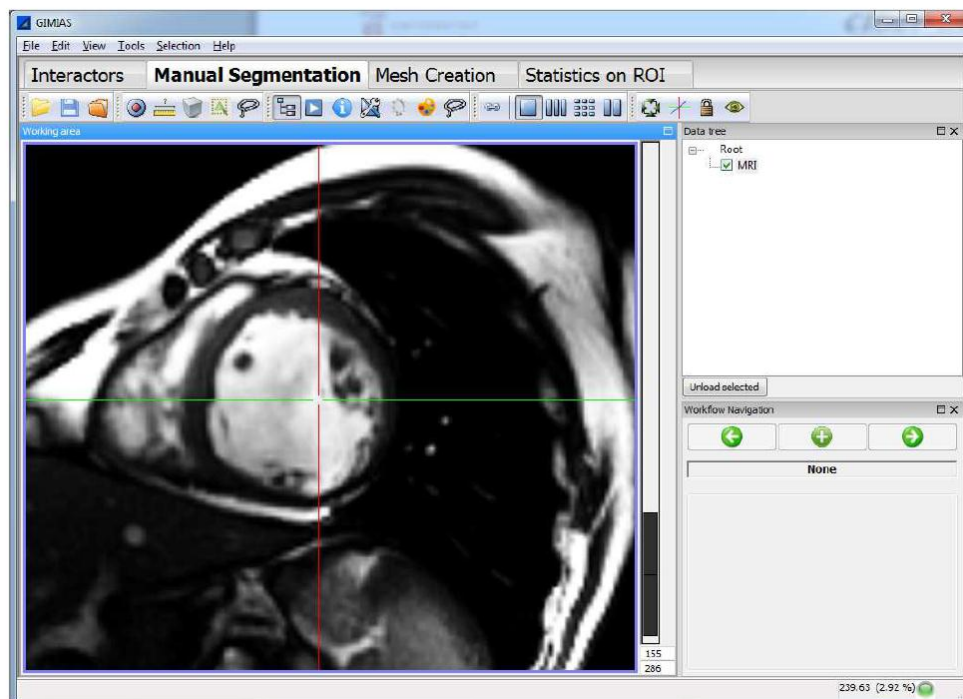
Πατούμε πάνω στην καρτέλα manual segmentation και ακολουθούμε τα εξής βήματα:



Αρχικά φτιάχνουμε τη φωτεινότητα με το contrast bar όπως θέλουμε εκεί που είναι καλή η ορατότητα.



Διπλοπατούμε στην πάνω αριστερά προβολή για να την μεγαλώσουμε και με δεξί κλικ και drag κάνουμε μεγέθυνση μέσα στην καρδιά (είναι το σημείο που μας ενδιαφέρει).

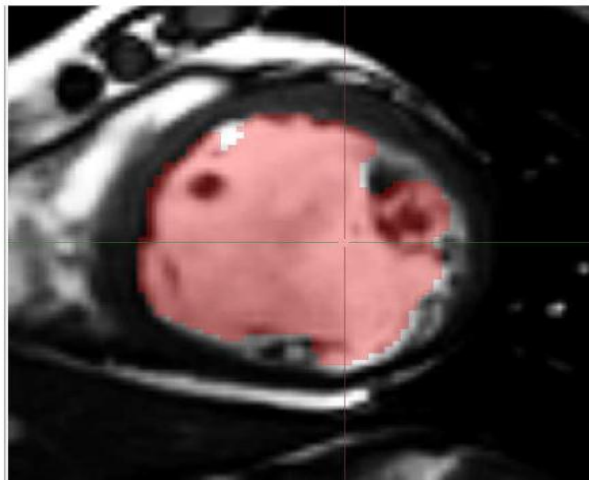


Πάμε στο χρονικό σημείο που θέλουμε για παράδειγμα στο frame 19 με τη χρήση του time management bar.

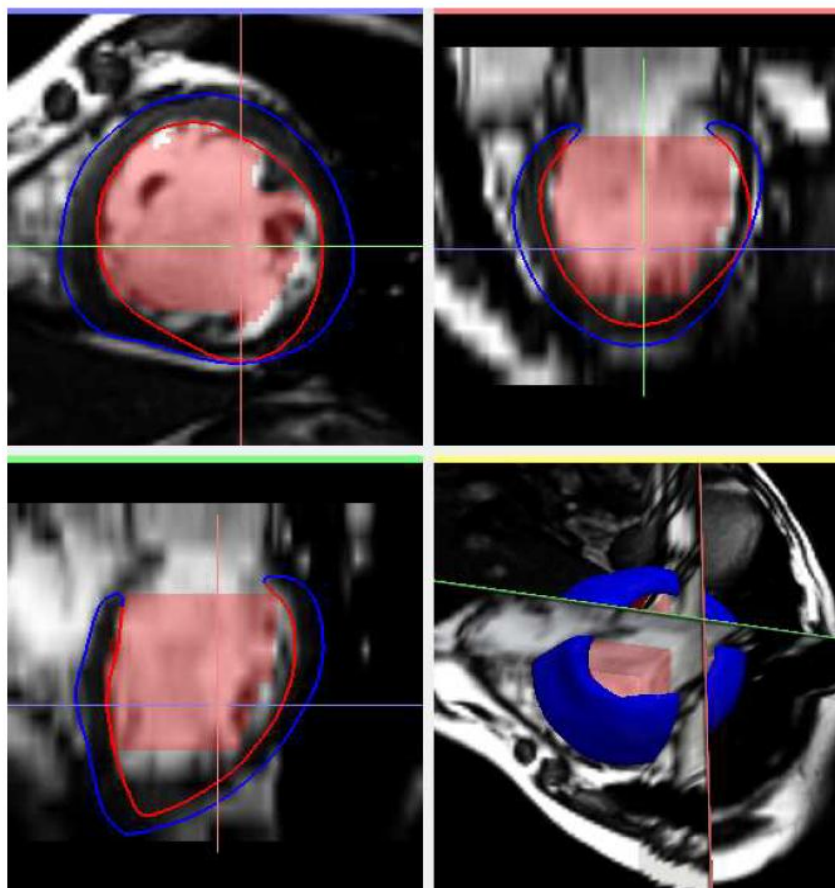
Από το selection toolbar επιλέγουμε το εικονίδιο manual segmentation.



Μπορούμε να δώσουμε ένα όνομα για το σημείο ενδιαφέροντος που θα χρωματίσουμε, στο πεδίο add level και πατώντας το κουμπί add είμαστε έτοιμοι να χρωματίσουμε την περιοχή που θέλουμε. Διορθώνουμε ανάλογα κάποιες περιοχές για να είναι μέσα στην περιοχή που θέλουμε να χρωματιστεί. Βλέπουμε την περιοχή που χρωματίσαμε, και είμαστε έτοιμοι να εστιάσουμε σε αυτήν.

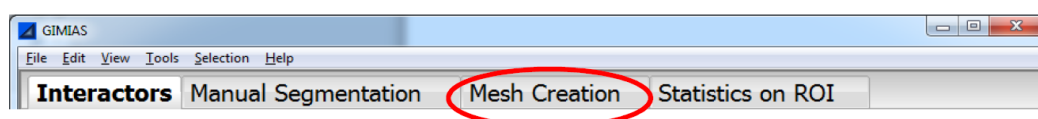


Μπορούμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα με την εικόνα της καρδιάς που ήδη έγινε segmented. Παρατηρούμε ότι είμαστε πολύ κοντά στα αποτελέσματα της άλλης εικόνας.

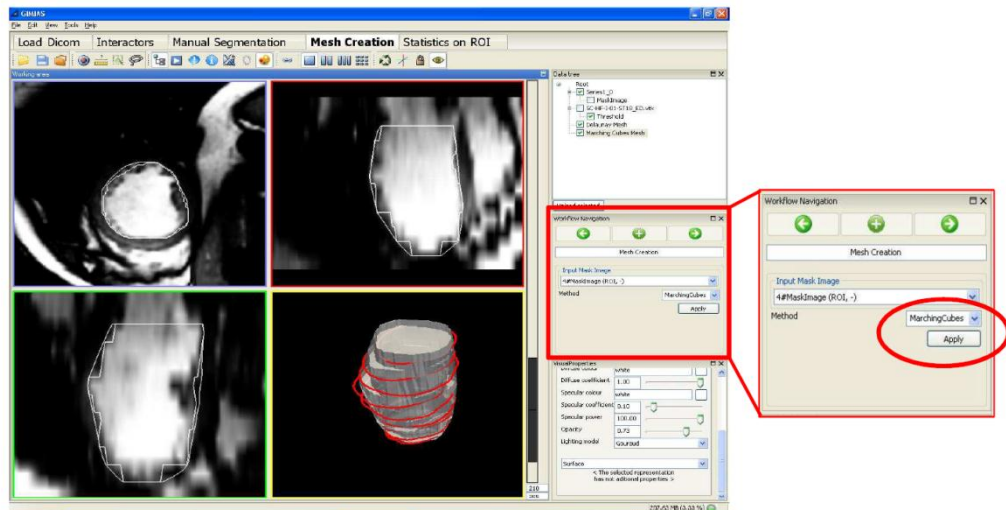


Βήμα 3: Δημιουργία Πλέγματος (Mesh Creation)

Πατούμε στην καρτέλα Mesh Creation και εφαρμόζουμε τα εξής βήματα.



Αρχικά επιλέγουμε το χρονικό σημείο που έχουμε δημιουργήσει το manual segmentation (χειροκίνητη τμηματοποίηση), και εφαρμόζουμε στην εικόνα με χρωματισμό (mask image) , τη μέθοδο Delaunay και επιλέγουμε apply. Παρατηρούμε ότι δημιουργείται ένα πλέγμα στην περιοχή ROI.



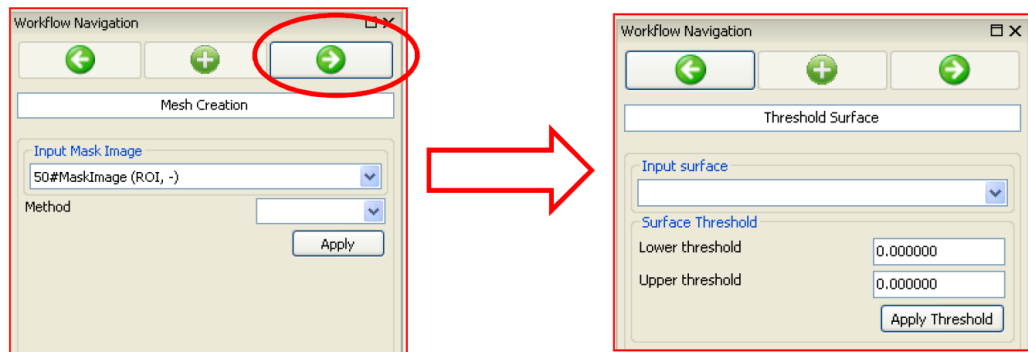
Στη συνέχεια επιλέγουμε τη μέθοδο Marching Cubes και πατούμε apply. Αν θέλουμε να δούμε μόνο το πλέγμα που δημιουργείται με την εφαρμογή των δύο μεθόδων, επιλέγουμε το κουμπί hide x,y,z planes και βλέπουμε κάτω δεξιά μόνο το πλέγμα που δημιουργείται.

Έπειτα χρησιμοποιούμε το visual properties εικονίδιο για να δούμε τη διαφορά των δύο μεθόδων. Θέτουμε το κόκκινο χρώμα για τη μέθοδο Delaunay και το μπλε χρώμα για τη μέθοδο Marching Cubes.

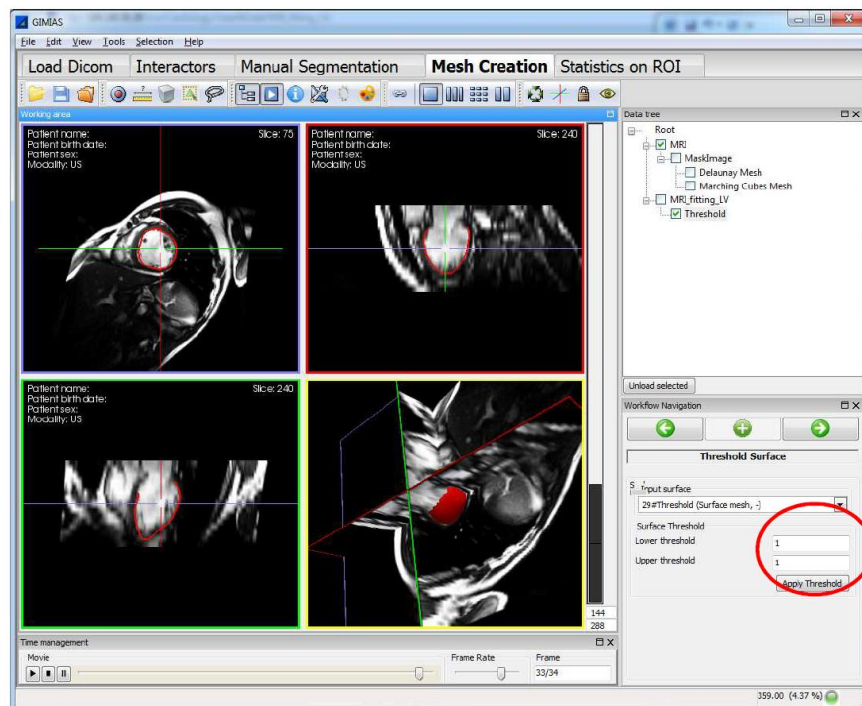


Αλλάζουμε το opacity (θολότητα) του Delaunay σε 0.82 και του Marching Cubes σε 0.86.

Προχωρούμε στο επόμενο βήμα επεξεργασίας που είναι η εφαρμογή κατωφλίου (threshold).

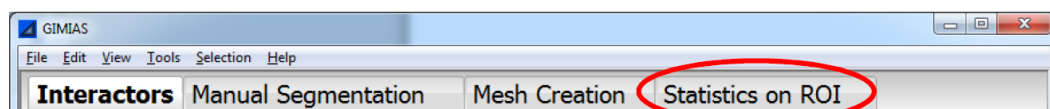


Βάζουμε lower και upper threshold να είναι ίσα με 1 και πατούμε apply threshold. Παρατηρούμε ότι μόνο η κατάτμηση του ενδοκάρδιο απεικονίζεται.



Βήμα 4: Στατιστικά Στοιχεία για ROI (Statistics on ROI)

Πατούμε πάνω στην καρτέλα statistics on Roi και ακολουθούμε τα ακόλουθα βήματα.

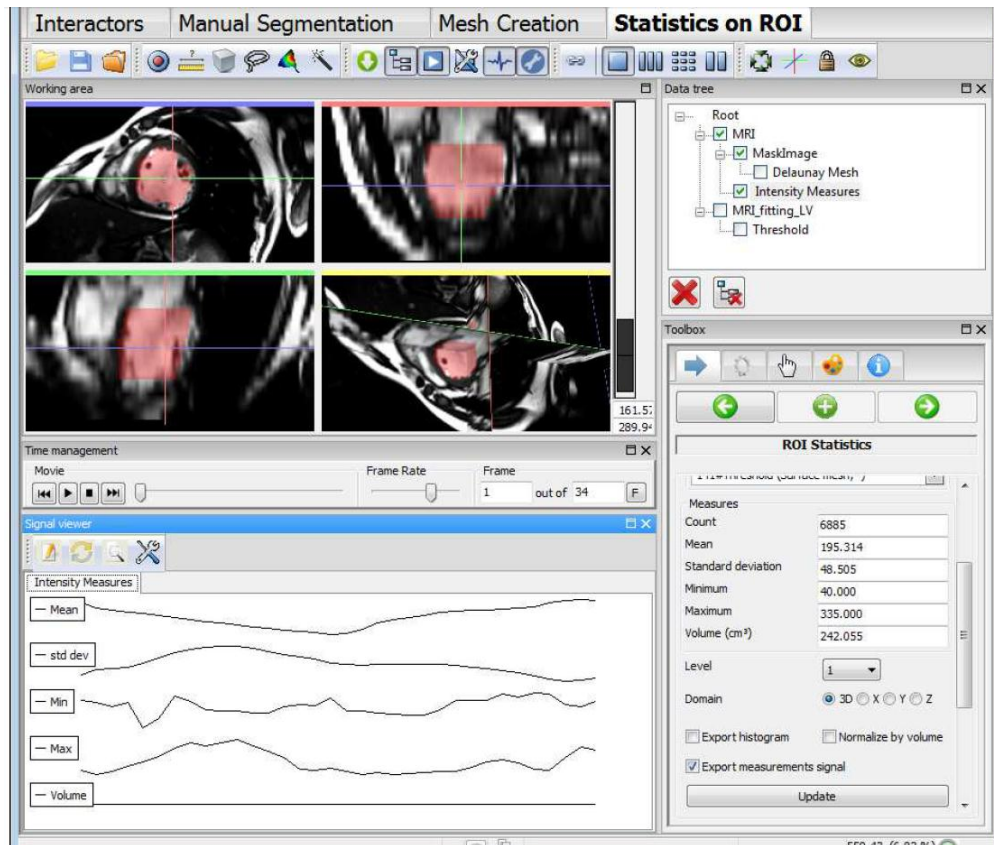


Επιλέγουμε το χρονικό σημείο 20 χρησιμοποιώντας το time slider. Βλέπουμε πως εμφανίζεται η εικόνα με τη μάσκα που έχουμε δημιουργήσει.

Στο propagate data (διάδοση δεδομένων), θέτουμε ως δεδομένο εισόδου την εικόνα με τη μάσκα, και ορίζουμε το left και το right ίσα με 0 και πατούμε update και στη συνέχεια το create signal.

Με αυτές τις ενέργειες υπολογίζονται η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές έντασης της εικόνας που αντιστοιχούν στο επιλεγμένο επίπεδο και χρονικό βήμα που βρισκόμαστε. Μας δίνεται η δυνατότητα αν θέλουμε να αλλάξουμε το χρονικό βήμα χρησιμοποιώντας τη γραμμή διαχείρισης του χρόνου. (time management). Όταν κάνουμε update ενημερώνονται οι τιμές ανάλογα με το χρονικό βήμα στο οποίο βρισκόμαστε. Δηλαδή, με βάση το χρονικό βήμα που είμαστε θα πάρουμε και άλλες τιμές για τα δεδομένα μας.

Παράγονται οι γραφικές παραστάσεις και τις βλέπουμε από το signal viewer. Η καμπύλη που παράγεται στις γραφικές, απεικονίζει την εξέλιξη των τιμών στην πάροδο του χρόνου.

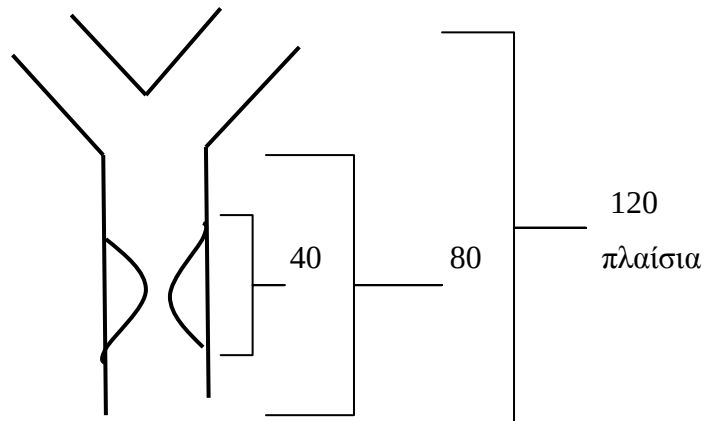


Μπορούμε να αποθηκεύσουμε όλη την επεξεργασία που κάναμε και όλα τα δεδομένα που δημιουργήσαμε και έχουμε τη δυνατότητα να τα ανακτήσουμε αργότερα. Αυτό μπορεί να γίνει με το File -> Save Session και δίνουμε το όνομα που θέλουμε για το session, και γίνεται η αποθήκευση.

4.2 Τεχνητή καρωτίδα

Η τεχνητή καρωτίδα δημιουργήθηκε ώστε να μπορούν να μελετηθούν τα αποτελέσματα της αναπαράστασης και των αλγορίθμων κατάτμησης σε ένα περιβάλλον όπου όλες οι παράμετροι ήταν ελεγχόμενοι. Επιτυγχάνοντας και διευκολύνοντας με αυτό τον τρόπο τον έλεγχο της ορθότητας και της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται ως έξοδος της όλης διαδικασίας. Οι τελικές εικόνες λοιπόν από τις οποίες αποτελείται

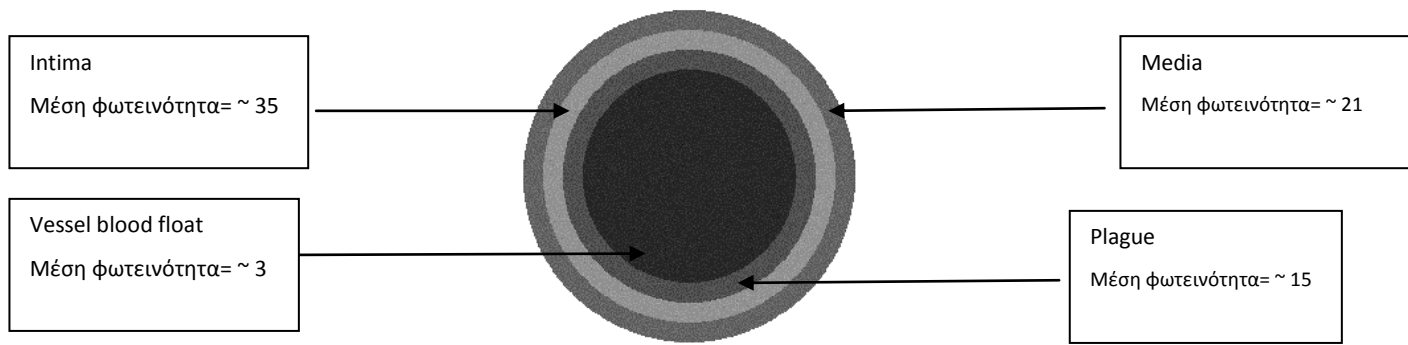
την τεχνητή καρωτίδα πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο ακριβής σε σχέση με μια πραγματική καρωτίδα. Για αυτό τον λόγο οι τελικές εικόνες ικανοποιούν την ανατομία, τις φωτεινότητες, τον θόρυβο και άλλα συνήθως χαρακτηριστικά που συναντιούνται συνήθως σε μια πραγματική εικόνα υπερηχογραφήματος καρωτίδας με καρωτιδική πλάκα.



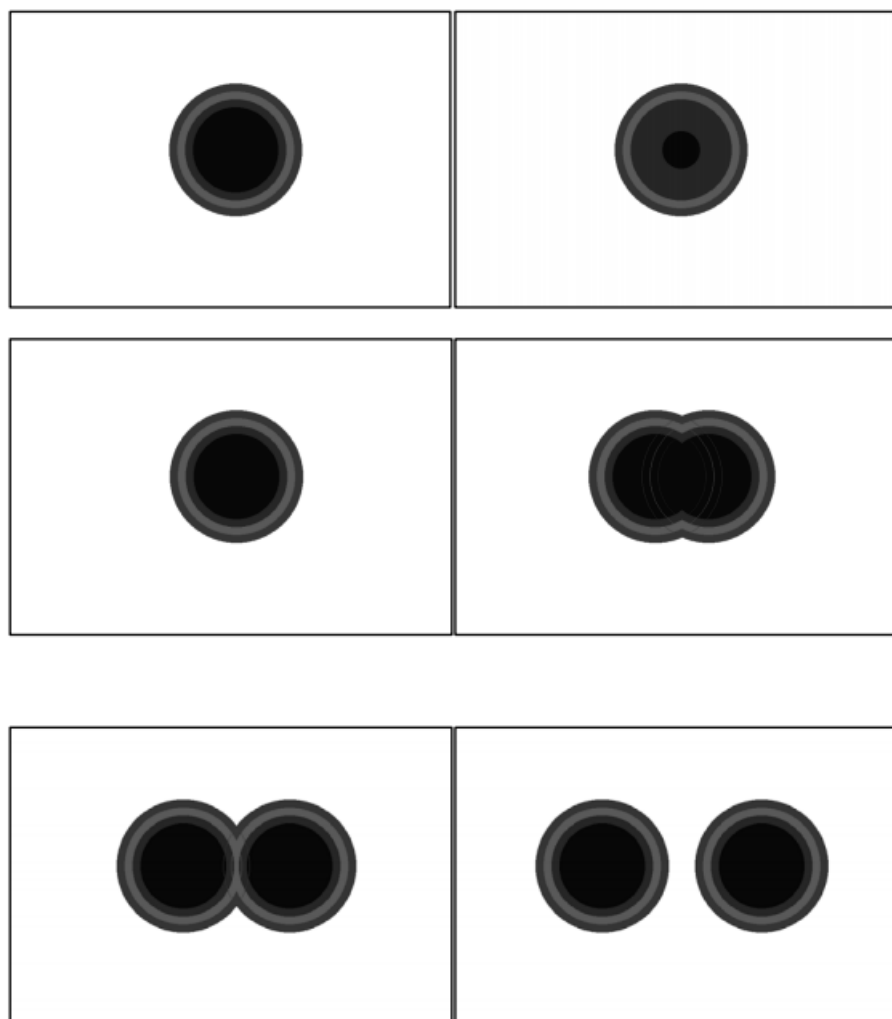
Εικόνα 4.1 – 2D πρότυπο τεχνητής καρωτίδας

4.2.1 Δημιουργία εικόνων

Για την δημιουργία ενός μοντέλου τεχνητής τρισδιάστατης καρωτίδας έπρεπε να δημιουργηθούν οι εικόνες βάση των οποίων θα κτιζόταν αυτό το μοντέλο. Με την χρήση του λογισμικού Matlab δημιουργήθηκαν 120 εικόνες. Ο κώδικας για την δημιουργία των εικόνων της τεχνητής καρωτίδας επισυνάπτεται στο παράρτημα [Α].



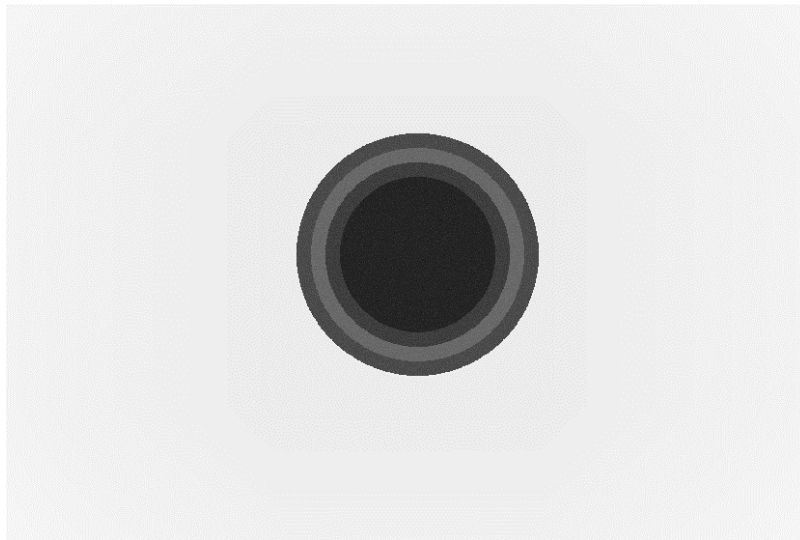
Εικόνα 4.2 – Βασική ανατομία της τεχνητής καρωτίδας



Εικόνα 4.3 – Πιο πάνω παρουσιάζονται με σειρά οι εικόνες 1, 40, 80, 90, 100, 110 μετά από την δημιουργία τους

4.2.2 Περεταίρω επεξεργασία εικόνων

Για να είναι όσο το δυνατό πιο αληθοφανείς οι τεχνητές εικόνες ως προς την ανατομία και τις φωτεινότητες τους, έπρεπε να αποφευχθεί η πλήρης ομοιογένεια των pixels στην εκάστοτε περιοχή. Αυτό επιτεύχθηκε δημιουργώντας μια μάσκα η οποία τοποθετούμενη πάνω από την εκάστοτε περιοχή ενδιαφέροντος προσθέτει ή αφαιρεί στο κάθε εικονοστοιχείο μια τυχαία τιμή επηρεάζοντας έτσι την φωτεινότητά του αλλά κρατώντας την εντός της τυπικής απόκλισης από την μέση τιμή που ορίστηκε. Στα πλαίσια της προσπάθειας δημιουργίας όσο το δυνατό πιο αληθοφανούς τεχνητών εικόνων προστέθηκε επίσης στην κάθε εικόνα θόρυβος speckle, ο οποίος είναι ένα συνηθισμένο και βασικό χαρακτηριστικό των πραγματικών εικόνων υπερηχογραφήματος. Ο κώδικας Matlab για τις πιο πάνω επεξεργασίες επισυνάπτεται στο παράρτημα Β.



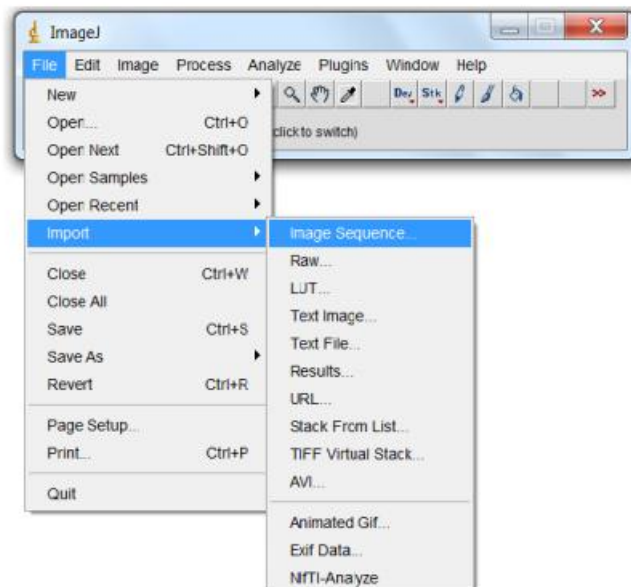
Εικόνα 4.4 – Η εικόνα 60 μετά από την προσθήκη του speckle θορύβου.

4.2.3 Σειριοποίηση και μεγέθυνση εικόνων

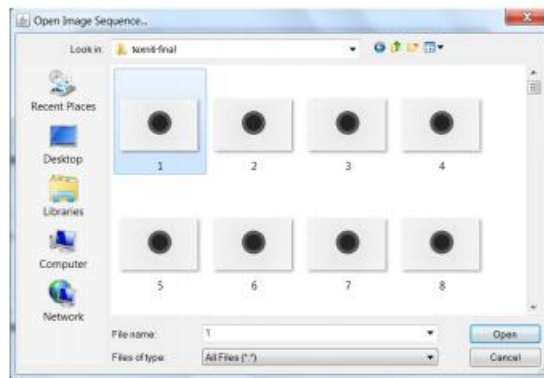
Τελικό βήμα στην επεξεργασία των εικόνων ήταν σειριοποίηση του περιεχόμενου φακέλων εικόνων σε δέσμες εικόνων, κάνοντας με αυτό τον τρόπο συμβατά τα αποτελέσματα εξόδου της Matlab με τις απαιτήσεις για την μορφή των δεδομένων εισόδου στο GIMIAS. Αυτό έγινε με τη χρήση του εργαλείου ImageJ και ακολουθώντας τα πιο κάτω βήματα.

4.2.3.1 Εισαγωγή σειράς εικόνων

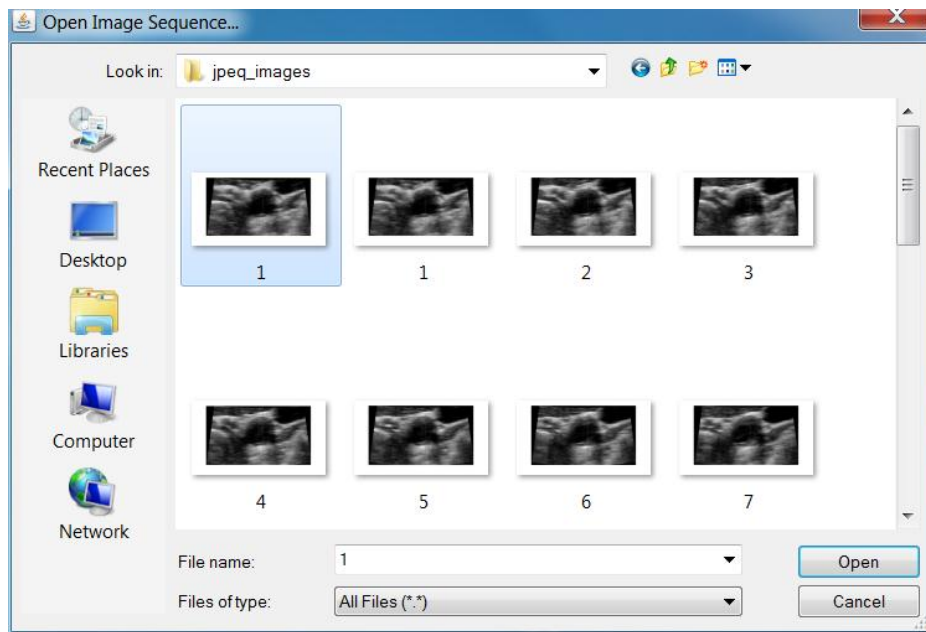
Γίνεται εισαγωγή της ακολουθίας εικόνων στο ImageJ με σκοπό τη σειριοποίηση των εικόνων και την επεξεργασία των 120 εικόνων ως δέσμης εικονών για να είναι συμβατή η εισαγωγή τους στο εργαλείο GIMIAS.



Εικόνα 4.5 – Το παράθυρο διεπαφής για την εισαγωγή ακολουθίας εικόνων (image sequence) στο ImageJ



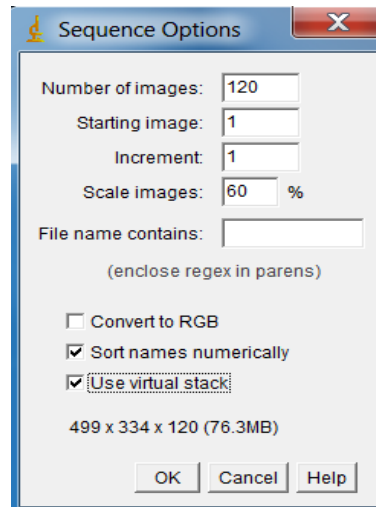
Εικόνα 4.6 – Σε αυτό το βήμα επιλέγεται η πρώτη εικόνα της ακολουθίας, για να ξέρουμε από πού θα ξεκινήσει η σειριοποίηση.



4.2.3.2 Καθορισμός χαρακτηριστικών της δέσμης εικόνων

Σε αυτό το βήμα καθορίζονται τα χαρακτηριστικά τα οποία θα διέπουν ολόκληρη την ακολουθία εικόνων. Μερικά από αυτά είναι το πλήθος εικόνων της ακολουθίας, η πρώτη εικόνα και ο συντελεστής μεγέθυνσης. Έχει επιλεγθεί συντελεστής σμίκρυνσης 60% για περεταίρω εξοικονόμηση μνήμης κατά την δημιουργία και επεξεργασία του

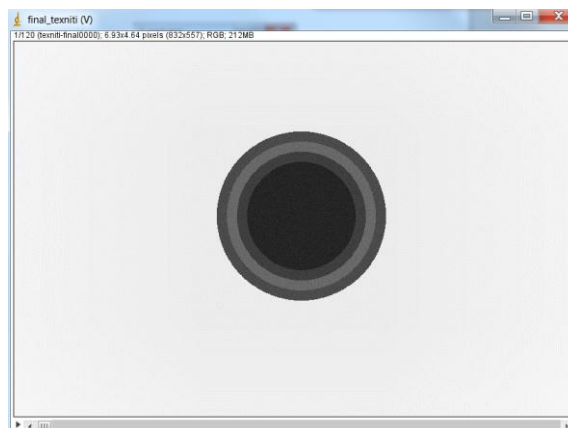
τρισεδιάστατου μοντέλου.



Εικόνα 4.7 – Το παράθυρο διαπαφής για την επεξεργασία ακολουθίας εικόνων στο ImageJ

4.2.3.3 Οπτικοποίηση και αποθήκευση της δέσμης εικόνων

Μετά από τον καθορισμό των χαρακτηριστικών της δέσμης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τα οποία μπορούν να αναθεωρηθούν και ακολούθως να αποθηκευτούν ως δέσμη εικόνων.



Εικόνα 4.8 – Το παράθυρο διαπαφής για την οπτικοποίηση ακολουθίας εικόνων στο ImageJ

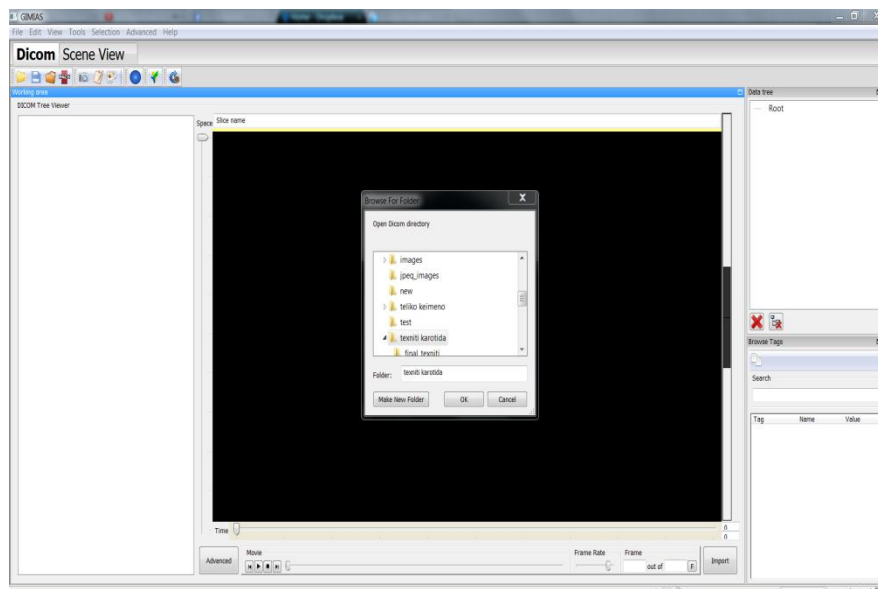
Στη συνέχεια αποθηκεύουμε την ακολουθία εικόνων και είμαστε έτοιμοι να εισάγουμε τις εικόνες στο GIMIAS για να τις επεξεργαστούμε κατάλληλα.

4.2.4 GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων, κατάτμηση και αναπαράσταση 3Δ μοντέλου

Το εργαλείο GIMIAS χρησιμοποιείται για την εισαγωγή ακολουθίας εικόνων, κατάτμηση και αναπαράσταση 3Δ μοντέλου. Στην παρούσα φάση το εργαλείο χρησιμοποιείται για την δημιουργία, κατάτμηση και μελέτη μιας τεχνητής 3Δ καρωτίδας και καρωτιδικής πλάκας.

4.2.4.1 GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων

Η ακολουθία εικόνων μπορεί να φορτωθεί στο εργαλείο GIMIAS επιλέγοντας από την κύρια μπάρα της διεπαφής File->Open Directory. Στη συνέχεια επιλέγεται ο φάκελος ο οποίος περιέχει την ακολουθία και επιβεβαιώνεται η φόρτωσή της.



Εικόνα 4.9 – Το παράθυρο διεπαφής για την εισαγωγή ακολουθίας εικόνων στο GIMIAS

4.2.4.2 GIMIAS – Simple Region Growing Segmentation

Για να μπορέσει να εκτελεστεί αυτή η εργασία επιλέγεται η λειτουργική μονάδα Tools->Segmentation->SimpleRegionGrowing. Στο παράθυρο που εμφανίζεται παρουσιάζονται οι παράμετροι που πρέπει να οριστούν και η εικόνα που πρέπει να δοθεί ως παράμετρος εισόδου στον αλγόριθμο. Οι παράμετροι αυτοί έχουν ως εξής:

Input Volume: εικόνα εισόδου που θα φιλτραριστεί

Output Volume: εικόνα εξόδου μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου

Number of iterations: το πλήθος των επαναλήψεων του αλγορίθμου.

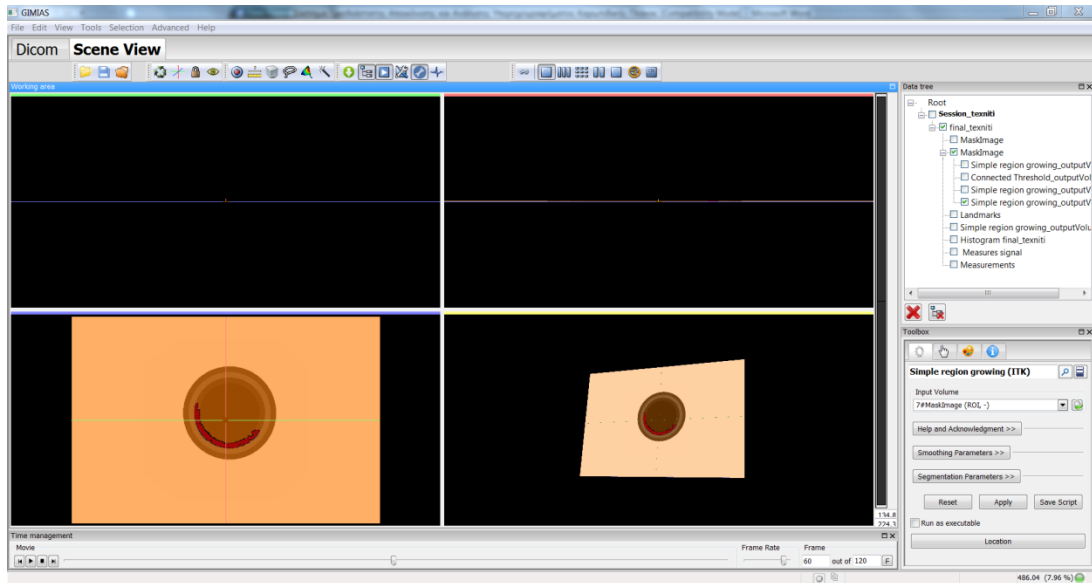
Multiplier: το εύρος της τυπικής απόκλισης που θα χρησιμοποιηθεί.

Neighborhood Radius: Η ακτίνα των γειτόνων πάνω στο οποίο θα υπολογιστεί το μοντέλο

Output Label Value: Η ακέραια τιμή (0-255) που θα χρησιμοποιηθεί για τα αποτελέσματα τμηματοποίησης. Αυτό θα καθορίσει το χρώμα της κατάτμησης που θα προκύψει από την περιφέρεια του αλγορίθμου

Seeds: Μια λίστα από σημεία αρχικοποίησης όπως αυτά περιγράφονται στο κεφάλαιο 3.3.1. Η δημιουργία των σημείων γίνεται μέσω του κουμπιού S το οποίο βρίσκεται στην βασική μπάρα. Στην συνέχεια πατώντας οπουδήποτε εντός των 2Δ ή 3Δ παραθύρων του GIMIAS δημιουργείται ένα σημείο με τις αντίστοιχες συντεταγμένες και χαρακτηριστικά του εικονοστοιχείου με το οποίο αντιστοιχεί.

Μετά λοιπόν από την συμπλήρωση των τιμών για τις παραμέτρους επιλέγεται το κουμπί Apply, και με την ολοκλήρωση του αλγορίθμου βλέπουμε το αποτέλεσμα της κατάτμησης.



Εικόνα 4.10 – Το μοντέλο της καρωτιδικής πλάκας που προκύπτει μετά την εφαρμογή του αλγόριθμου SimpleRegion στην εικόνα (εδώ βλέπουμε το slide 60).

Με κόκκινο χρώμα παρατηρούμε την πλάκα της καρωτίδας. Αν θέλουμε να περιορίσουμε την πλάκα σε άλλο frame, πάμε σε άλλο frame με τη χρήση της καρτέλας για το χρόνο και πατούμε apply. Με βάση την πλάκα που έχει το συγκεκριμένο frame θα αλλάξει και η κατάτμηση του αλγορίθμου. Παρατηρούμε ότι ο αλγόριθμος σωστά περιορίζει την περιοχή της πλάκας που αυτό θέλαμε να επιτύχουμε.

4.2.4.3 GIMIAS – Connected Threshold Segmentation

Για να μπορέσει να εκτελεστεί αυτή η εργασία επιλέγεται η λειτουργική μονάδα Tools - > Segmentation -> Connected Threshold Segmentation. Στο παράθυρο που εμφανίζεται παρουσιάζονται οι παράμετροι που πρέπει να οριστούν και η εικόνα που πρέπει να δοθεί ως παράμετρος εισόδου στον αλγόριθμο. Οι παράμετροι αυτοί έχουν ως εξής:

Input Volume: εικόνα εισόδου που θα φιλτραριστεί

Output Volume: εικόνα εξόδου μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου

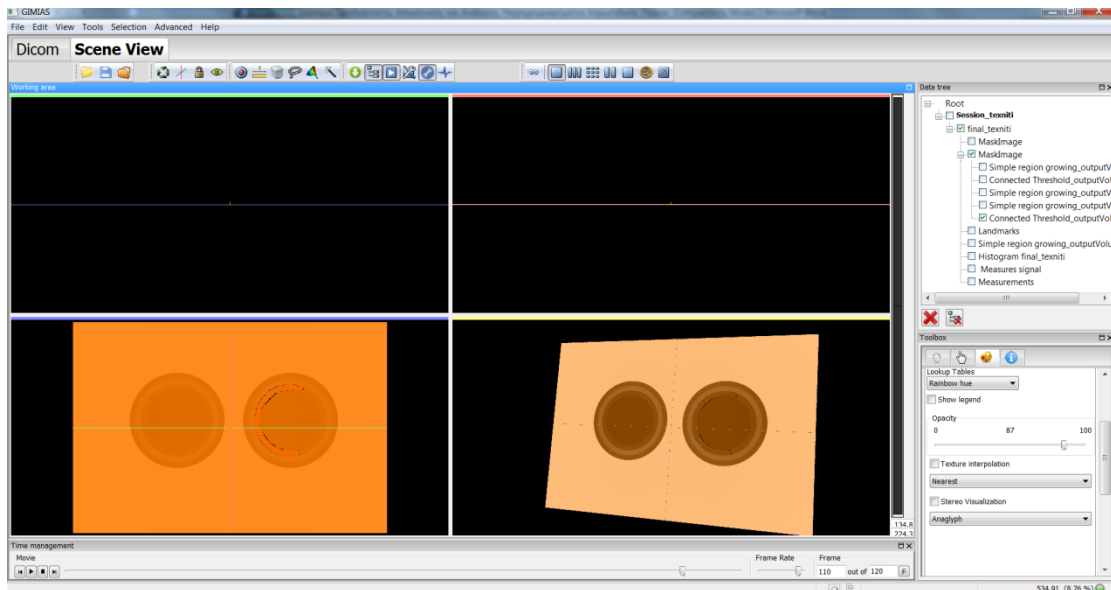
Upper: ανώτατο όριο κατωφλίου

Lower: κατώτατο όριο κατωφλίου

Output Label Value: Η ακέραια τιμή (0-255) που θα χρησιμοποιηθεί για τα αποτελέσματα τμηματοποίησης. Αυτό θα καθορίσει το χρώμα της κατάτμησης που θα προκύψει από την περιφέρεια του αλγορίθμου

Seeds: Μια λίστα από σημεία αρχικοποίησης όπως αυτά περιγράφονται στο κεφάλαιο 3.3.1. Η δημιουργία των σημείων γίνεται μέσω του κουμπιού S το οποίο βρίσκεται στην βασική μπάρα. Στην συνέχεια πατώντας οπουδήποτε εντός των 2Δ ή 3Δ παραθύρων του GIMIAS δημιουργείται ένα σημείο με τις αντίστοιχες συντεταγμένες και χαρακτηριστικά του εικονοστοιχείου με το οποίο αντιστοιχεί.

Μετά λοιπόν από την συμπλήρωση των τιμών για τις παραμέτρους επιλέγεται το κουμπί Apply, και με την ολοκλήρωση του αλγορίθμου βλέπουμε το αποτέλεσμα της κατάτμησης.



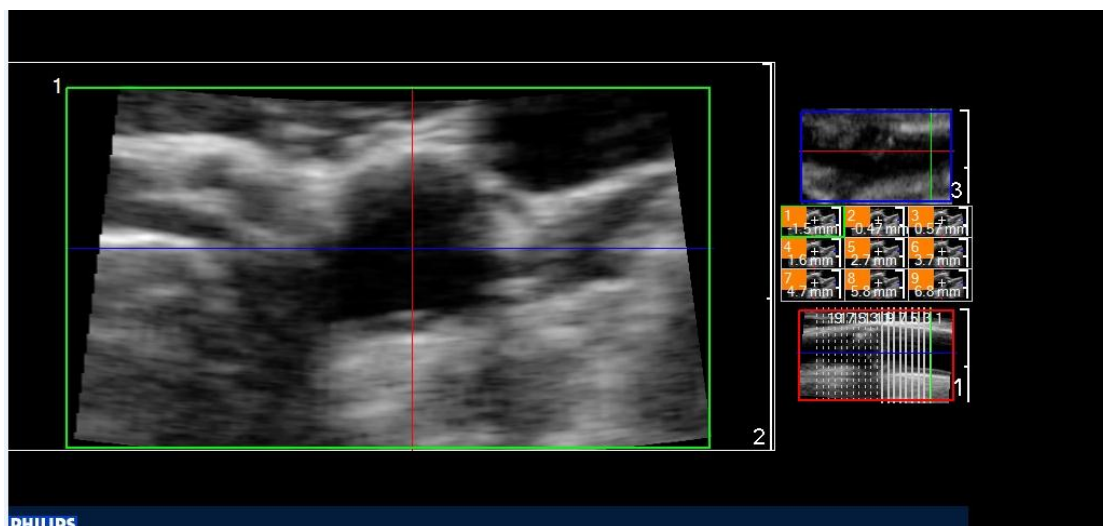
Εικόνα 4.11 – Το μοντέλο της καρωτιδικής πλάκας που προκύπτει μετά την εφαρμογή του αλγόριθμου Connected Threshold στην εικόνα (εδώ βλέπουμε το slide 110).

Το σχήμα που έχει περίγραμμα παρατηρούμε ότι είναι η πλάκα της καρωτίδας. Αν θέλουμε να περιορίσουμε την πλάκα σε άλλο frame, πάμε σε άλλο frame με τη χρήση της καρτέλας για το χρόνο και πατούμε apply. Με βάση την πλάκα που έχει το συγκεκριμένο frame θα αλλάξει και η κατάτμηση του αλγορίθμου. Παρατηρούμε ότι ο αλγόριθμος σωστά περιορίζει την περιοχή της πλάκας που αυτό θέλαμε να επιτύχουμε.

4.3 Πραγματική καρωτίδα

Η πραγματική καρωτίδα δημιουργήθηκε από πραγματικές εικόνες υπερηχογραφημάτων από ασθενείς οι οποίοι πάσχουν από στένωση της καρωτικής αρτηρίας λόγω καρωτιδικής πλάκας. Λόγω της μορφής αλλά και του μικρού πλήθους των εικόνων της δέσμης θεωρήθηκε αναγκαία η δημιουργία και μιας τεχνητής καρωτίδας ούτως ώστε να μπορούν να επικυρωθούν καλύτερα τα αποτελέσματα της κάθε διαδικασίας.

Τέλος παρότι μελετήθηκαν και οι εικόνες όλων των ασθενών, βρέθηκε ότι ήταν όμοιες σε ένα πολύ μεγάλο βαθμό και έτσι παρακάτω παρουσιάζεται η επεξεργασία και εξαγωγή αποτελεσμάτων μόνο για έναν ασθενή και τα οποία θεωρούνται αντιπροσωπευτικά και για τους υπόλοιπους.



Εικόνα 4.12 - Η αυθεντική εικόνα 1 όπως ήταν αρχικά πριν την επεξεργασία

4.3.1 Επεξεργασία εικόνων

Όπως παρατηρείται και στην εικόνα 4.12 οι εικόνες που παραχωρήθηκαν εμπεριείχαν και επιπλέον άχρηστη για την παρούσα εργασία πληροφορία, όπως τα επιπλέον πλαίσια στα δεξιά και τα διάφορα έγχρωμα περιγράμματα. Για αυτόν το λόγο ήταν αναγκαία η επεξεργασία τους η οποία έγινε με την χρήση του εργαλείου Matlab. Καταρχάς οι εικόνες μετατράπηκαν σε grayscale (φωτεινότητες 0-255), και ακολούθως αποκόπηκαν όλες με βάση ενός κοινού πλαισίου. Ο κώδικας για την παραπάνω επεξεργασία των εικόνων επισυνάπτεται στο παράρτημα [Α].



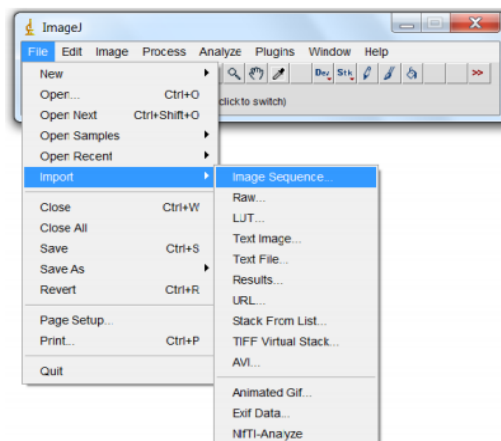
Εικόνα 4.13 - εικόνα 1 μετά την επεξεργασία και αποκοπή

4.3.2 Σειριοποίηση και μεγέθυνση εικόνων

Τελικό βήμα της επεξεργασίας των εικόνων ήταν η σειριοποίηση του περιεχόμενου του φακέλου που περιείχε τις εικόνες σε δέσμες εικόνων, κάνοντας με αυτό τον τρόπο συμβατά τα αποτελέσματα εξόδου της Matlab με τις απαιτήσεις για την μορφή των δεδομένων εισόδου στο GIMIAS. Αυτό έγινε με τη χρήση του εργαλείου ImageJ και ακολουθώντας τα βήματα που θα εξηγήσουμε πιο κάτω.

4.3.2.1 Εισαγωγή σειράς εικόνων

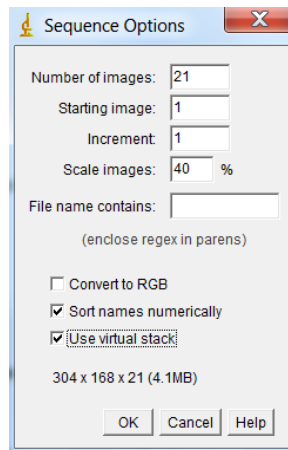
Σε αυτό το βήμα επιλέγεται η πρώτη εικόνα της ακολουθίας, για να γίνει η σειριοποίηση.



Εικόνα 4.14 – Σε αυτό το βήμα επιλέγεται η πρώτη εικόνα της ακολουθίας, για να ξέρουμε από πού θα ξεκινήσει η σειριοποίηση.

4.3.2.2 Καθορισμός χαρακτηριστικών της δέσμης εικόνων

Σε αυτό το βήμα καθορίζονται τα χαρακτηριστικά τα οποία θα διέπουν ολόκληρη την ακολουθία εικόνων. Μερικά από αυτά είναι το πλήθος εικόνων της ακολουθίας, η πρώτη εικόνα και ο συντελεστής μεγέθυνσης. Έχει επιλεγθεί συντελεστής σμίκρυνσης 60% για περεταίρω εξοικονόμηση μνήμης κατά την δημιουργία και επεξεργασία του τρισδιάστατου μοντέλου.



Εικόνα 4.15 – Το παράθυρο διαπαφής για την επεξεργασία ακολουθίας εικόνων στο ImageJ

4.3.2.3 Οπτικοποίηση και αποθήκευση της δέσμης εικόνων

Μετά από τον καθορισμό των χαρακτηριστικών της δέσμης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τα οποία μπορούν να αναθεωρηθούν και ακολούθως να αποθηκευτούν ως δέσμη εικόνων.



Εικόνα 4.16 – Το παράθυρο διαπαφής για την οπτικοποίηση ακολουθίας εικόνων στο ImageJ

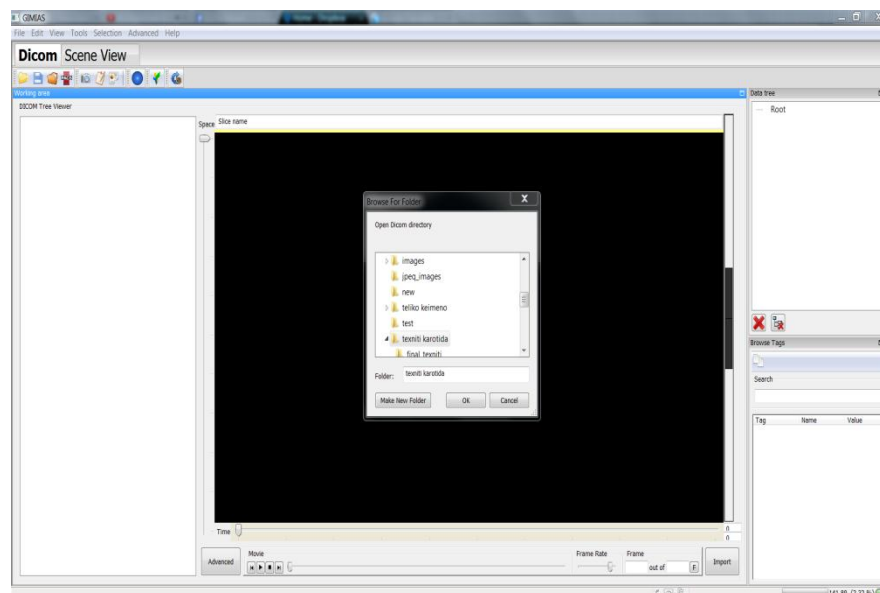
Στη συνέχεια αποθηκεύουμε την ακολουθία εικόνων και είμαστε έτοιμοι να εισάγουμε τις εικόνες στο GIMIAS για να τις επεξεργαστούμε κατάλληλα.

4.3.3 GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων, κατάτμηση και αναπαράσταση 3Δ μοντέλου

Το εργαλείο GIMIAS χρησιμοποιείται για την εισαγωγή ακολουθίας εικόνων, κατάτμηση και αναπαράσταση 3Δ μοντέλου. Εδώ θα χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο αυτό με σκοπό να μελετήσουμε μιας πραγματική 3Δ καρωτίδα και καρωτιδική πλάκα.

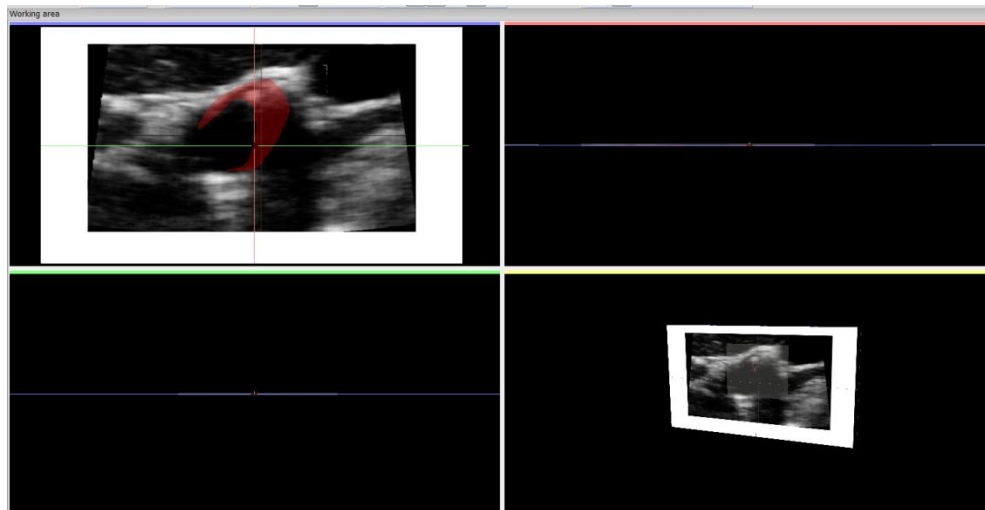
4.3.3.1 GIMIAS – Εισαγωγή ακολουθίας εικόνων

Η ακολουθία εικόνων μπορεί να φορτωθεί στο εργαλείο GIMIAS επιλέγοντας από την κύρια μπάρα της διεπαφής File->Open Directory. Στη συνέχεια επιλέγεται ο φάκελος ο οποίος περιέχει την ακολουθία και επιβεβαιώνεται η φόρτωσή της.



Εικόνα 4.17 – Το παράθυρο διεπαφής για την εισαγωγή ακολουθίας εικόνων στο GIMIAS

Αφού γίνει η εισαγωγή των εικονών στο GIMIAS θα ακολουθήσει η επεξεργασία τους. Μέρος της επεξεργασίας είναι η επιλογή της πλάκας που εμφανίζεται σε κάθε πλαίσιο (frame). Για την επίτευξη αυτής της εργασίας, χρειάστηκε να γίνει αρκετή μελέτη για τον τρόπο που εμφανίζεται η πλάκα στην καρωτίδα. Στη συνέχεια και εφαρμόζοντας αλγορίθμους κατάτμησης που θα αναφερθούν πιο κάτω καθώς και με τα αποτελέσματα που παράχθηκαν, η απομόνωση της καρωτιδικής πλάκας έγινε με επιτυχία.



Εικόνα 4.18 – Επιλογή της καρωτιδικής πλάκας για το πλαίσιο 12.

4.3.3.2 GIMIAS – Simple Region Growing Segmentation

Για να μπορέσει να εκτελεστεί αυτή η εργασία επιλέγεται η λειτουργική μονάδα Tools->Segmentation->SimpleRegionGrowing. Στο παράθυρο που εμφανίζεται παρουσιάζονται οι παράμετροι που πρέπει να οριστούν και η εικόνα που πρέπει να δοθεί ως παράμετρος εισόδου στον αλγόριθμο. Οι παράμετροι αυτοί έχουν ως εξής:

Input Volume: εικόνα εισόδου που θα φιλτραριστεί

Output Volume: εικόνα εξόδου μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου

Number of iterations: το πλήθος των επαναλήψεων του αλγορίθμου.

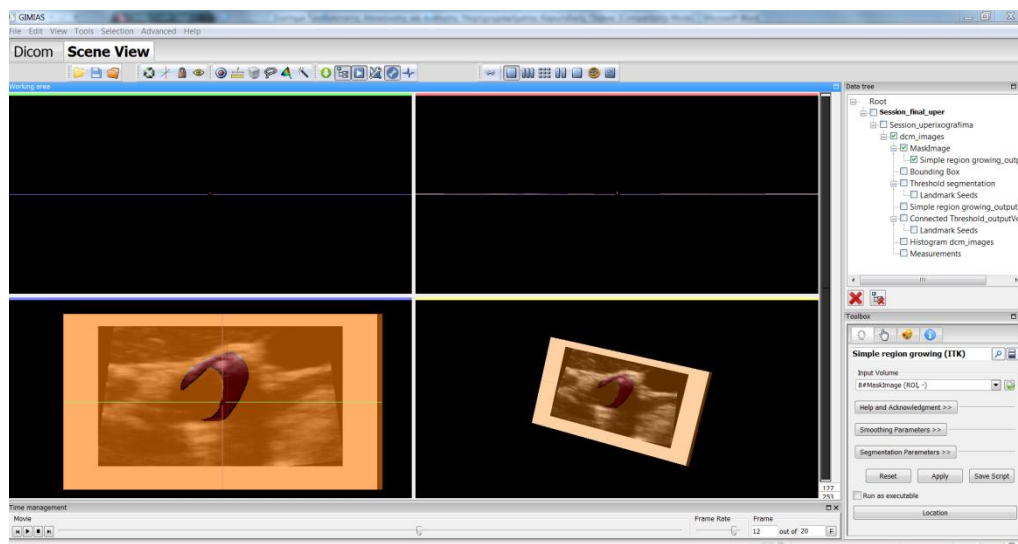
Multiplier: το εύρος της τυπικής απόκλισης που θα χρησιμοποιηθεί.

Neighborhood Radius: Η ακτίνα των γειτόνων πάνω στο οποίο θα υπολογιστεί το μοντέλο

Output Label Value: Η ακέραια τιμή (0-255) που θα χρησιμοποιηθεί για τα αποτελέσματα τμηματοποίησης. Αυτό θα καθορίσει το χρώμα της κατάτμησης που θα προκύψει από την περιφέρεια του αλγορίθμου

Seeds: Μια λίστα από σημεία αρχικοποίησης όπως αυτά περιγράφονται στο κεφάλαιο 3.3.1. Η δημιουργία των σημείων γίνεται μέσω του κουμπιού S το οποίο βρίσκεται στην βασική μπάρα. Στην συνέχεια πατώντας οπουδήποτε εντός των 2Δ ή 3Δ παράθυρων του GIMIAS δημιουργείται ένα σημείο με τις αντίστοιχες συντεταγμένες και χαρακτηριστικά του εικονοστοιχείου με το οποίο αντιστοιχεί.

Μετά λοιπόν από την συμπλήρωση των τιμών για τις παραμέτρους επιλέγεται το κουμπί Apply, και με την ολοκλήρωση του αλγορίθμου βλέπουμε το αποτέλεσμα της κατάτμησης.



Εικόνα 4.19 – Το μοντέλο της καρωτιδικής πλάκας που προκύπτει μετά την εφαρμογή του αλγόριθμου SimpleRegion στην εικόνα (εδώ βλέπουμε το πλαίσιο 12).

Με κόκκινο χρώμα παρατηρούμε την πλάκα της καρωτίδας. Αν θέλουμε να περιορίσουμε την πλάκα σε άλλο frame, πάμε σε άλλο frame με τη χρήση της καρτέλας για το χρόνο και πατούμε apply. Με βάση την πλάκα που έχει το συγκεκριμένο frame θα αλλάξει και η κατάτμηση του αλγορίθμου. Παρατηρούμε ότι ο αλγόριθμος σωστά περιορίζει την περιοχή της πλάκας που αυτό θέλαμε να επιτύχουμε.

4.3.3.3 GIMIAS – Connected Threshold Segmentation

Για να μπορέσει να εκτελεστεί αυτή η εργασία επιλέγεται η λειτουργική μονάδα Tools->Segmentation-> Connected Threshold Segmentation. Στο παράθυρο που εμφανίζεται παρουσιάζονται οι παράμετροι που πρέπει να οριστούν και η εικόνα που πρέπει να δοθεί ως παράμετρος εισόδου στον αλγόριθμο. Οι παράμετροι αυτοί έχουν ως εξής:

Input Volume: εικόνα εισόδου που θα φιλτραριστεί

Output Volume: εικόνα εξόδου μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου

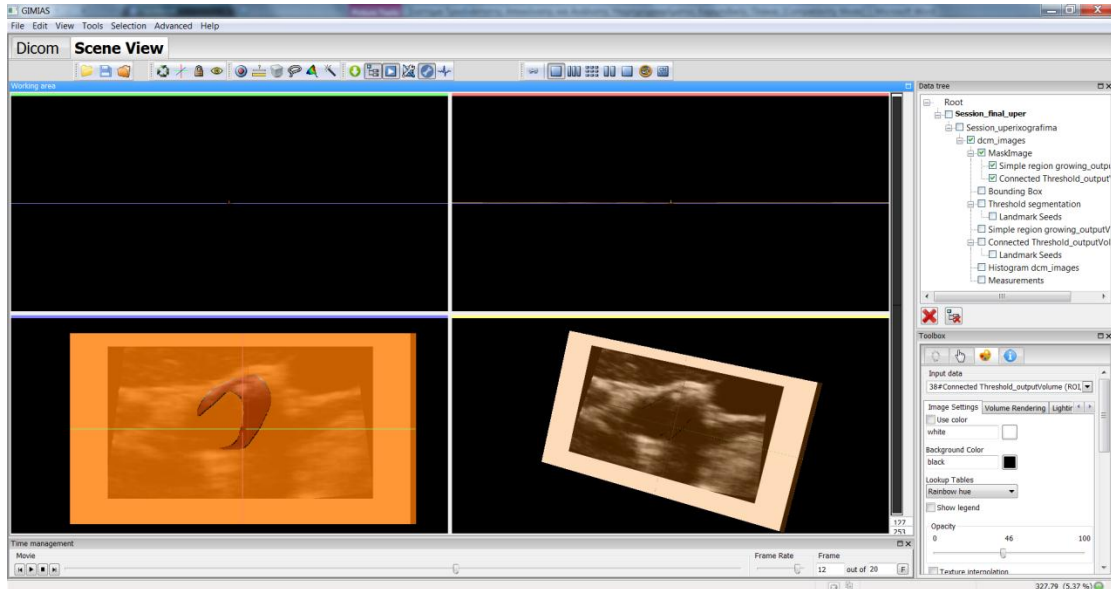
Upper: ανώτατο όριο κατωφλίου

Lower: κατώτατο όριο κατωφλίου

Output Label Value: Η ακέραια τιμή (0-255) που θα χρησιμοποιηθεί για τα αποτελέσματα τμηματοποίησης. Αυτό θα καθορίσει το χρώμα της κατάτμησης που θα προκύψει από την περιφέρεια του αλγορίθμου

Seeds: Μια λίστα από σημεία αρχικοποίησης όπως αυτά περιγράφονται στο κεφάλαιο 3.3.1. Η δημιουργία των σημείων γίνεται μέσω του κουμπιού S το οποίο βρίσκεται στην βασική μπάρα. Στην συνέχεια πατώντας οπουδήποτε εντός των 2Δ ή 3Δ παραθύρων του GIMIAS δημιουργείται ένα σημείο με τις αντίστοιχες συντεταγμένες και χαρακτηριστικά του εικονοστοιχείου με το οποίο αντιστοιχεί.

Μετά λοιπόν από την συμπλήρωση των τιμών για τις παραμέτρους επιλέγεται το κουμπί Apply, και με την ολοκλήρωση του αλγορίθμου βλέπουμε το αποτέλεσμα της κατάτμησης.



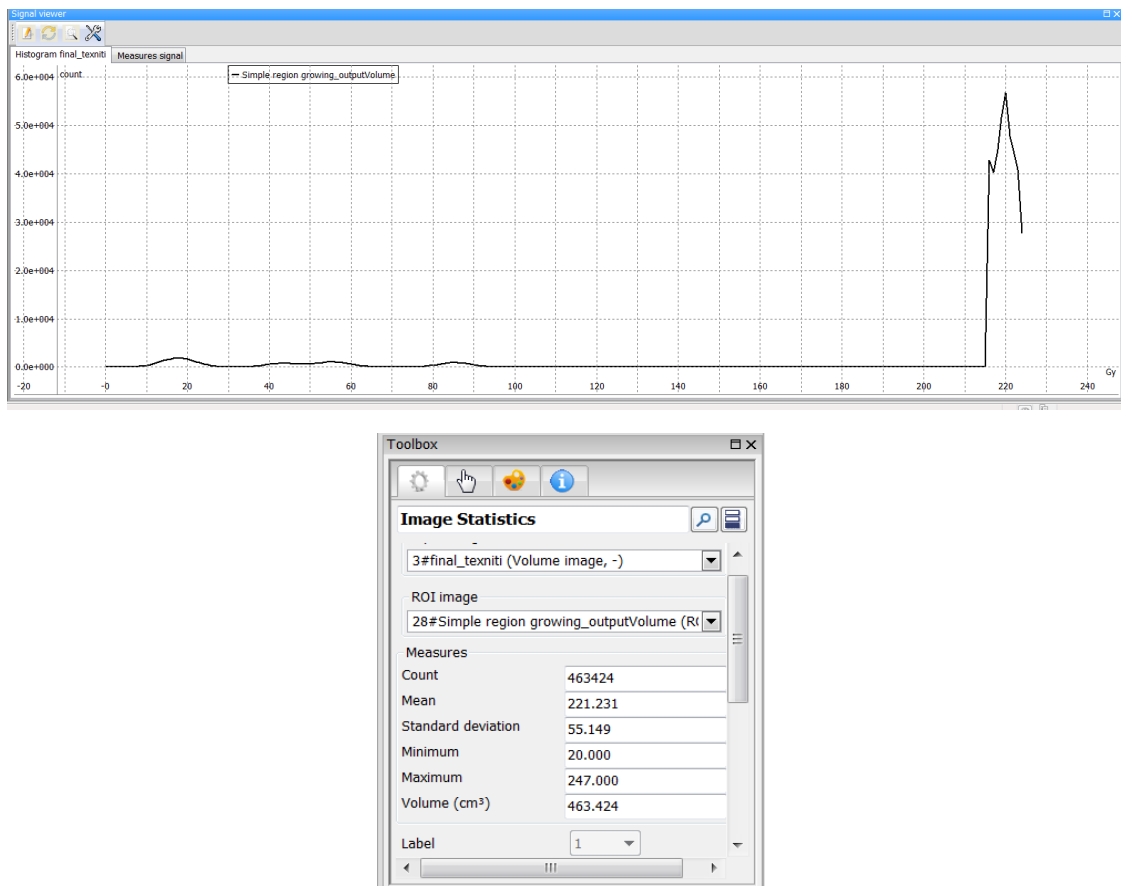
Εικόνα 4.20 – Το μοντέλο της καρωτιδικής πλάκας που προκύπτει μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου Connected Threshold στην εικόνα (εδώ βλέπουμε το slide 12).

Το σχήμα που έχει περίγραμμα παρατηρούμε ότι είναι η πλάκα της καρωτίδας. Αν θέλουμε να περιορίσουμε την πλάκα σε άλλο frame, πάμε σε άλλο frame με τη χρήση της καρτέλας για το χρόνο και πατούμε apply. Με βάση την πλάκα που έχει το συγκεκριμένο frame θα αλλάξει και η κατάτμηση του αλγορίθμου. Παρατηρούμε ότι ο αλγόριθμος σωστά περιορίζει την περιοχή της πλάκας που αυτό θέλαμε να επιτύχουμε.

4.4 Αποτελέσματα Τεχνητής καρωτίδας

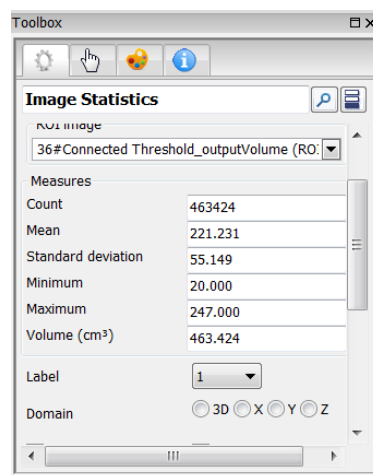
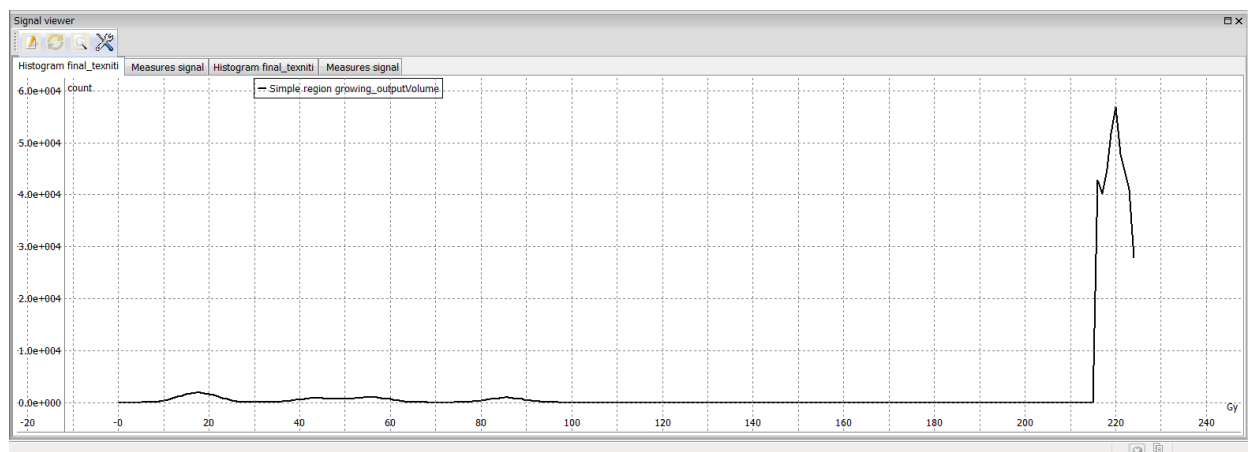
Για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων που παράγει ο κάθε αλγόριθμος κατάτμησης, είναι απαραίτητη η ταυτοποίηση των τιμών που βγάζουν οι δύο αλγόριθμοι που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, για κάθε πλαίσιο που μελετούμε. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει για το πλαίσιο που μελετούμε (π.χ. το πλαίσιο 60), οι δύο αλγόριθμοι να παράγουν τις ίδιες τιμές για να είμαστε απόλυτα σίγουροι ότι τα αποτελέσματά μας είναι έγκυρα.

Πλαίσιο 60 – Αλγόριθμος Simple Region Growing



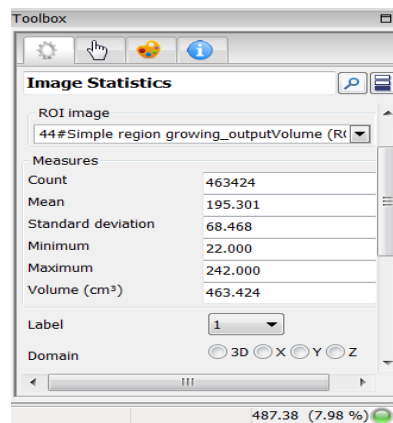
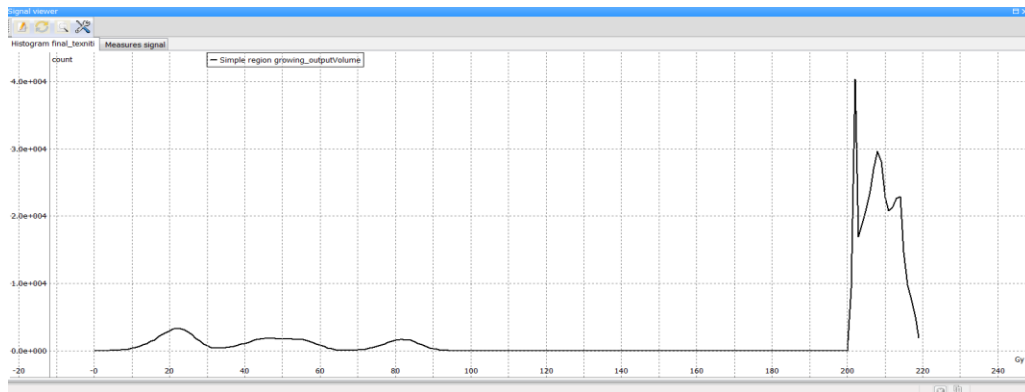
Εικόνα 4.21 , 4.22 – Πιο πάνω βλέπουμε το ιστόγραμμα και κάποιες τιμές που πάρθηκαν για το πλαίσιο 60, με βάση τον αλγόριθμο Simple Region Growing.

Πλαίσιο 60 – Αλγόριθμος Connected Threshold



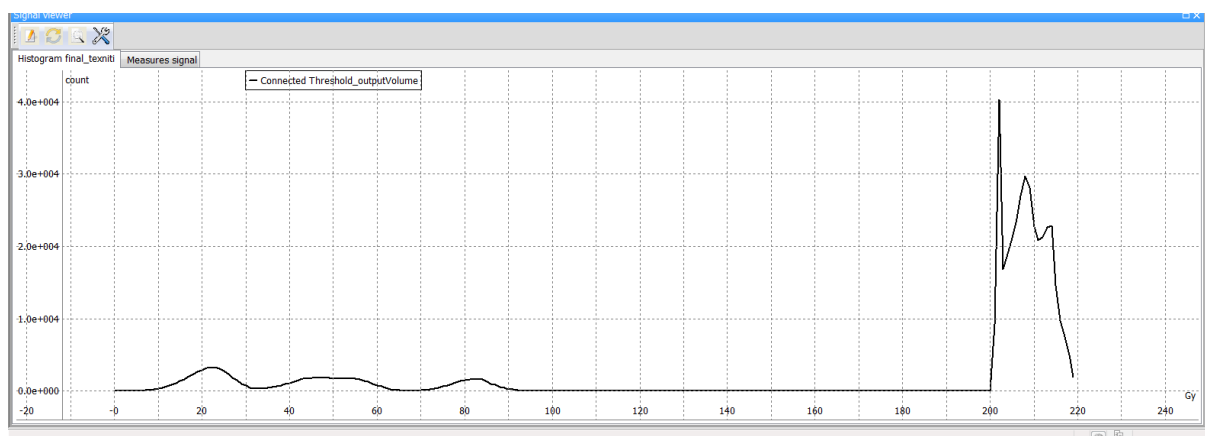
Εικόνα 4.23 , 4.24 – Πιο πάνω βλέπουμε το ιστόγραμμα και κάποιες τιμές που πάρθηκαν για το πλαίσιο 60, με βάση τον αλγόριθμο Connected Threshold.

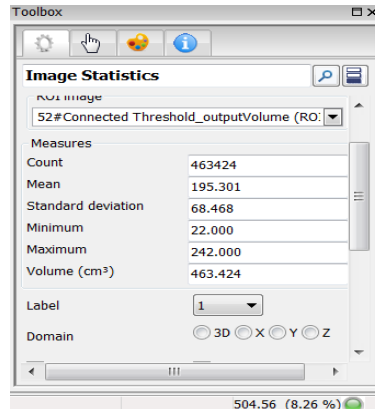
Πλαίσιο 110 – Αλγόριθμος Simple Region Growing



Εικόνα 4.25 , 4.26 – Πιο πάνω βλέπουμε το ιστόγραμμα και κάποιες τιμές που πάρθηκαν για το πλαίσιο 110, με βάση τον αλγόριθμο Simple Region Growing.

Πλαίσιο 110 – Αλγόριθμος Connected Threshold

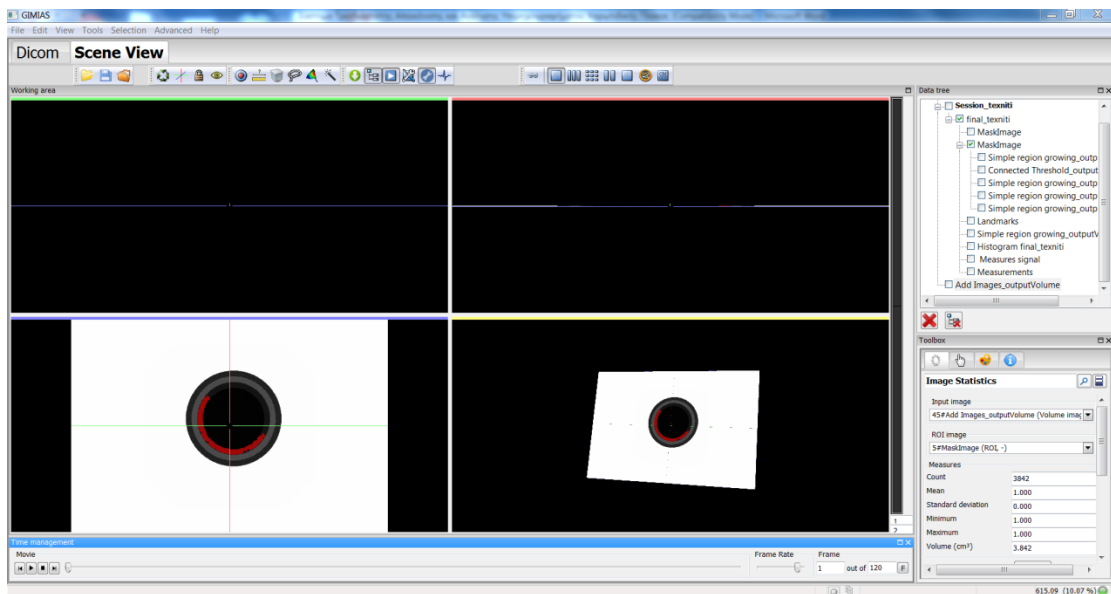




Εικόνα 4.27 , 4.28 – Πιο πάνω βλέπουμε το ιστόγραμμα και κάποιες τιμές που πάρθηκαν για το πλαίσιο 110, με βάση τον αλγόριθμο Connected Threshold.

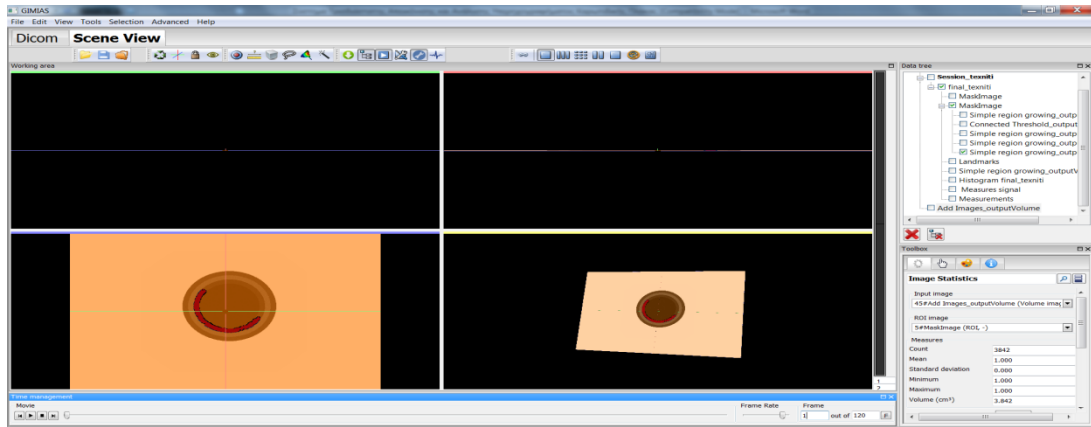
Ακόμη, για να δούμε που συμφωνούν οι εικόνες (η αρχική και αυτή που προκύπτει με την εφαρμογή του αλγορίθμου), χρησιμοποιήσα τη μετρική AND που προσφέρει το εργαλείο GIMIAS. Αυτό γίνεται με σκοπό να δούμε την επικάλυψη που έχουν οι εικόνες και αν οι αλγόριθμοι απομονώνουν σωστά την περιοχή της πλάκας. Με αυτό τον τρόπο θα δούμε αν οι αλγόριθμοι συμφωνούν με βάση τα αποτελέσματα που παράγουν. Η μετρική AND επιστρέφει τα σημεία στα οποία συμφωνούν οι 2 εικόνες εισόδου. Στην περίπτωση μας περιμένουμε να δούμε να επιστρέφεται η περιοχή της καρωτιδικής πλάκας που απομονώνεται.

Πιο κάτω σας παρουσιάζω τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της μετρικής AND για το πλαίσιο 1.



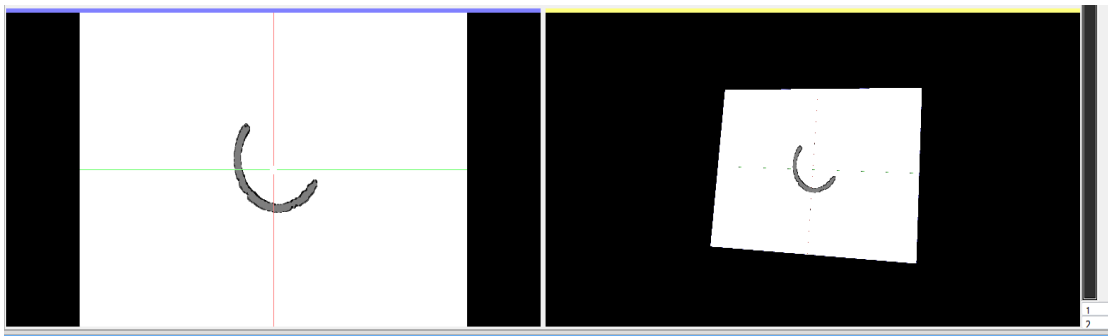
Εικόνα 4.29– Πιο πάνω βλέπουμε την αρχική εικόνα της καρωτίδας και την καρωτιδική πλάκα με κόκκινο (πλαίσιο 1).

Μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου Simple Region προκύπτει το πιο κάτω αποτέλεσμα :



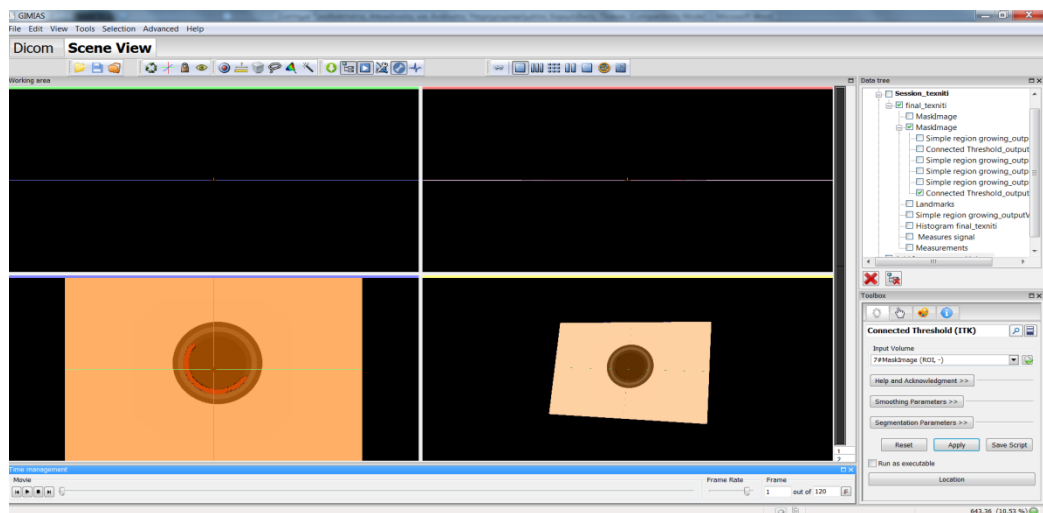
Εικόνα 4.30 – Πιο πάνω βλέπουμε την εικόνα που προκύπτει από την εφαρμογή του αλγορίθμου Simple Region (πλαίσιο 1).

Πιο κάτω θα δούμε το αποτέλεσμα που προκύπτει αν εφαρμόσουμε την μετρική AND στην αρχική εικόνα με τη πλάκα και στην εικόνα που προκύπτει από τον αλγόριθμο Simple Region:



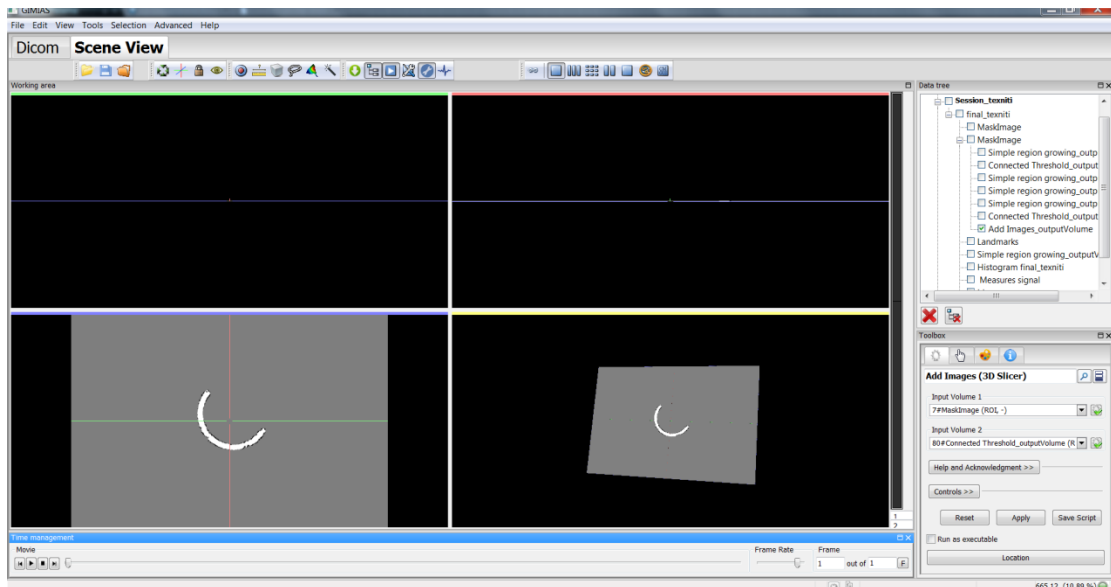
Εικόνα 4.31 – Πιο πάνω βλέπουμε την εικόνα που προκύπτει από την εφαρμογή της μετρικής AND (πλαίσιο 1).

Θα ακολουθήσουμε την ίδια διαδικασία για τον αλγόριθμο Connected Threshold.



Εικόνα 4.32 – Πιο πάνω βλέπουμε την εικόνα που προκύπτει από την εφαρμογή του αλγορίθμου connected threshold (πλαίσιο 1).

Πιο κάτω θα δούμε το αποτέλεσμα που προκύπτει αν εφαρμόσουμε την μετρική AND στην αρχική εικόνα με τη πλάκα και στην εικόνα που προκύπτει από τον αλγόριθμο connected threshold :



Εικόνα 4.33 – Πιο πάνω βλέπουμε την εικόνα που προκύπτει από την εφαρμογή της μετρικής AND (πλαίσιο 1).

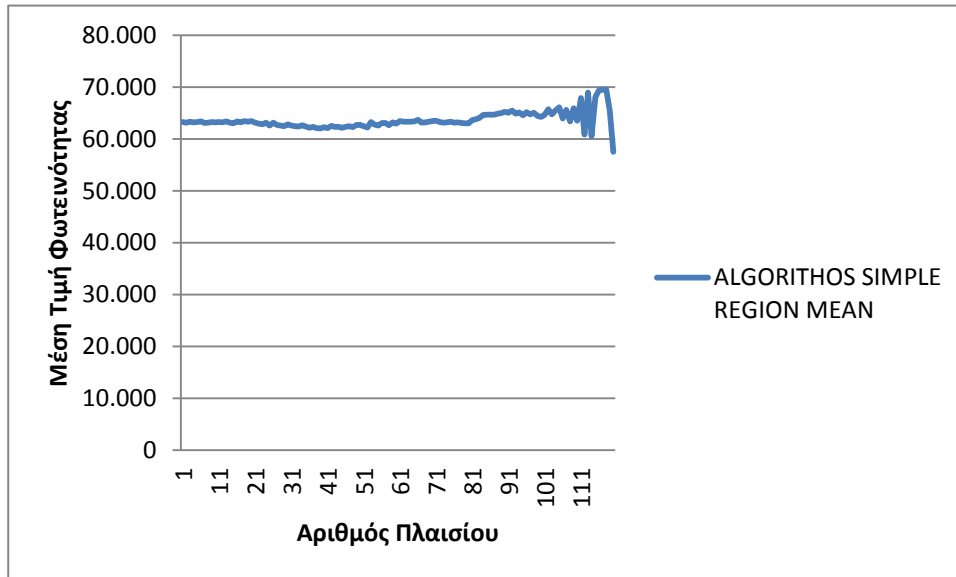
Κάνουμε την ίδια διαδικασία για όλα τα πλαίσια και παρατηρούμε ότι η μετρική AND επιστρέφει μόνο την περιοχή της πλάκας που απομόνωσαν σωστά οι αλγόριθμοι.

Υπολογισμός Μέσης Τιμής και Τυπικής Απόκλισης

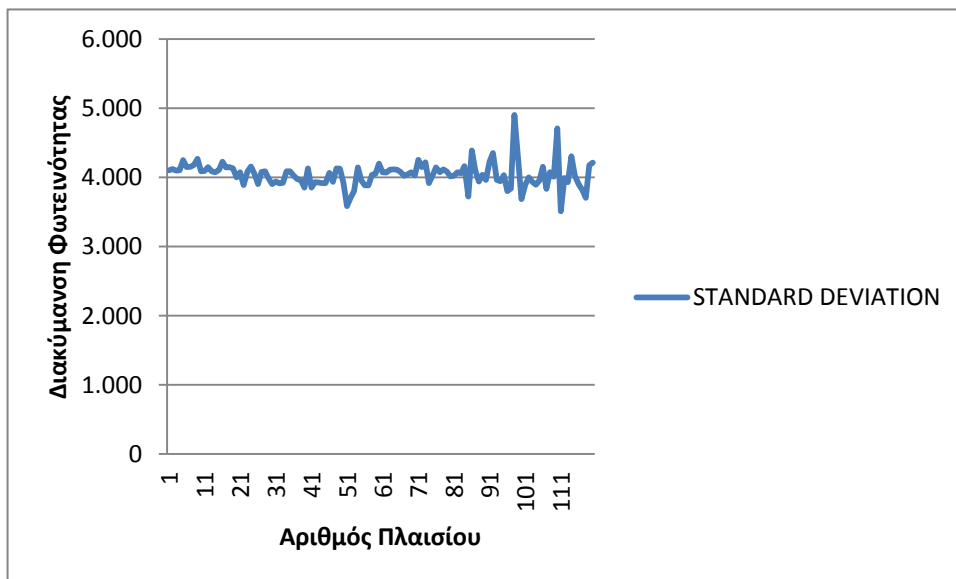
Υπολογίζουμε για τα 120 πλαίσια την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση που δίνει ο αλγόριθμος simple region. Βγάζουμε τις συνολικές τιμές και υπολογίζουμε τις γραφικές παραστάσεις με βάση αυτές τις τιμές. Η τελική τιμή που μας δίνει η μέση τιμή είναι 63.618 και της τυπικής απόκλισης είναι ίση με 4.041. Οι γραφικές παραστάσεις που παίρνουμε για τον αλγόριθμο simple region είναι οι εξής:

Κάνουμε το ίδιο για τον αλγόριθμο connected threshold και παίρνουμε για ακόμη 120 πλαίσια τιμές για μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Η τελική τιμή που παίρνουμε για μέση τιμή είναι ίση με 63.618 και της τυπικής απόκλισης είναι ίση με 4.041. Οι γραφικές παραστάσεις που παίρνουμε για τον αλγόριθμο connected threshold είναι οι εξής:

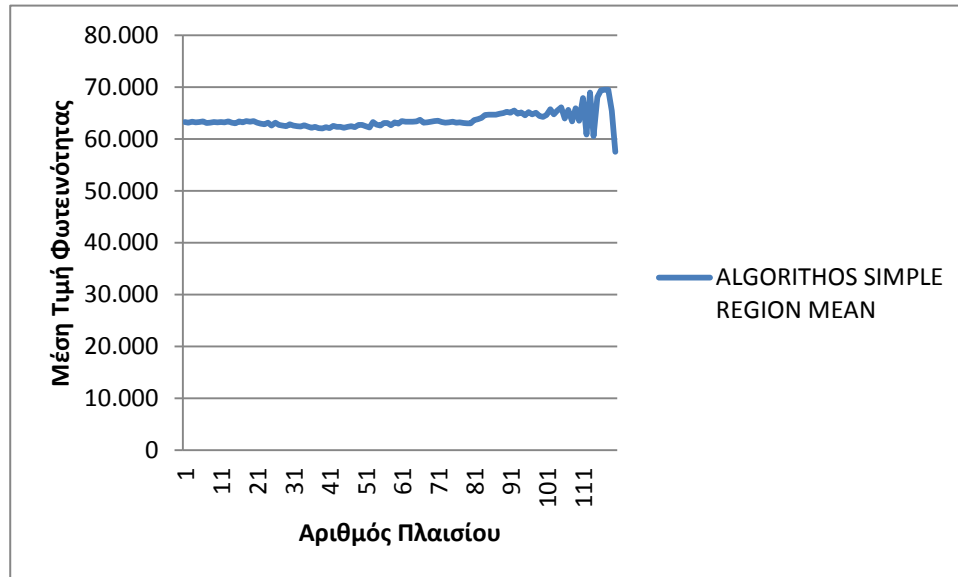
Αλγόριθμος Simple Region - Mean



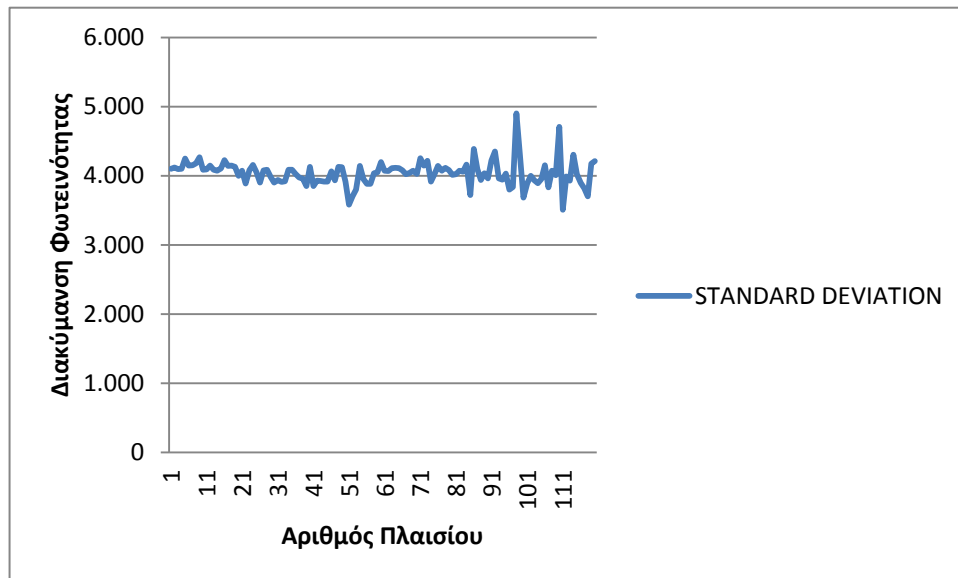
Αλγόριθμος Simple Region – Standard Deviation



Αλγόριθμος Connected Threshold - Mean



Αλγόριθμος Connected Threshold – Standard Deviation

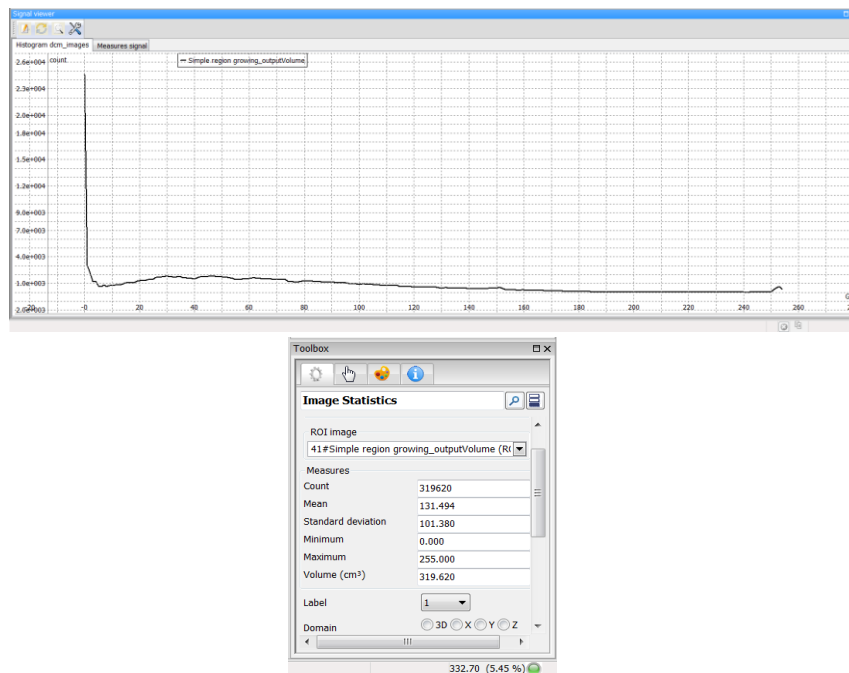


Με βάση τις γραφικές και τις τιμές που παίρνουμε συμπεραίνουμε ότι οι αλγόριθμοι μας παράγουν τα ίδια αποτελέσματα και έτσι γίνεται επαλήθευση των αποτελεσμάτων που παίρνουμε.

4.5 Αποτελέσματα Πραγματικής καρωτίδας

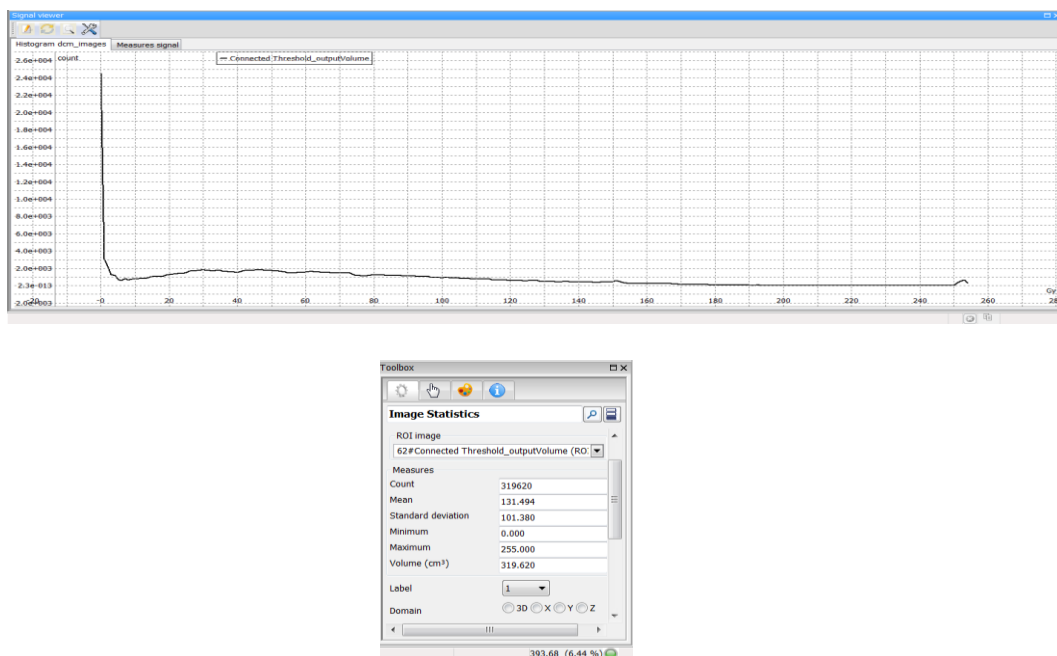
Όπως και στη τεχνητή καρωτίδα θα προσπαθήσουμε να δούμε αν και στην πραγματική καρωτίδα που είναι πιο δύσκολο να εντοπιστεί η πλάκα, ότι έχουμε επαλήθευση αποτελεσμάτων. Για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων που παράγει ο κάθε αλγόριθμος κατάτμησης, είναι απαραίτητη η ταυτοποίηση των τιμών που βγάζουν οι δύο αλγόριθμοι που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, για κάθε πλαίσιο που μελετούμε. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει για το πλαίσιο που μελετούμε (π.χ. το πλαίσιο 10), οι δύο αλγόριθμοι να παράγουν τις ίδιες τιμές για να είμαστε απόλυτα σίγουροι ότι τα αποτελέσματά μας είναι έγκυρα.

Πλαίσιο 10 – Αλγόριθμος Simple Region Growing



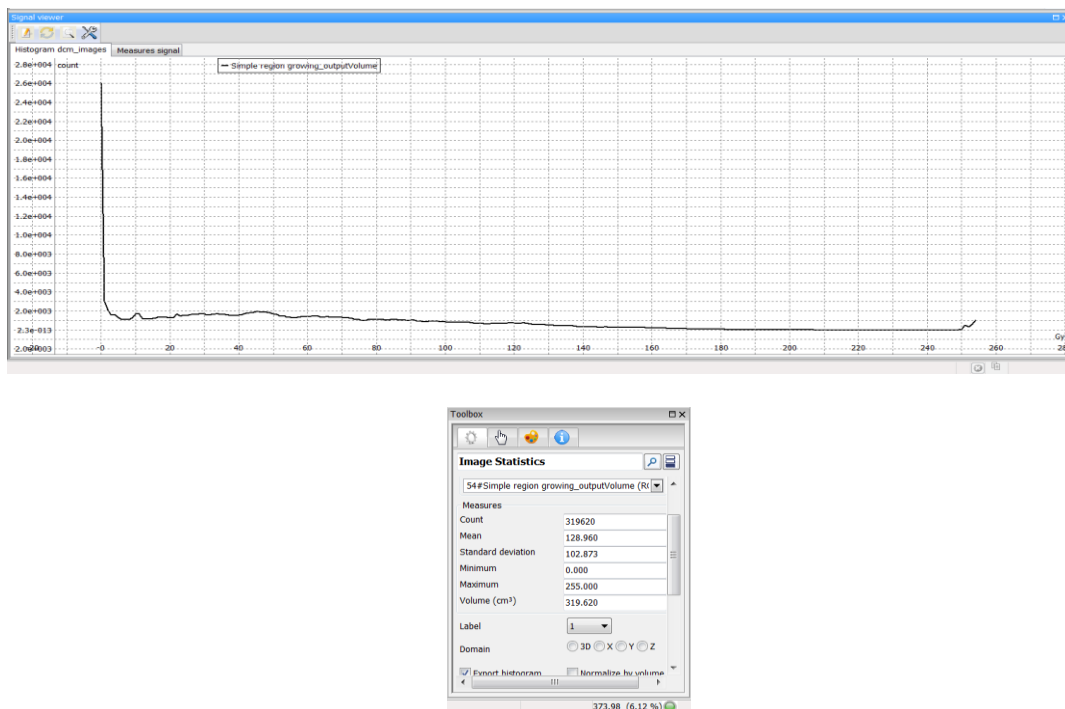
Εικόνα 4.34 , 4.35 – Πιο πάνω βλέπουμε το ιστόγραμμα και κάποιες τιμές που πάρθηκαν για το πλαίσιο 10, με βάση τον αλγόριθμο Simple Region Growing.

Πλαίσιο 10 – Αλγόριθμος Connected Threshold



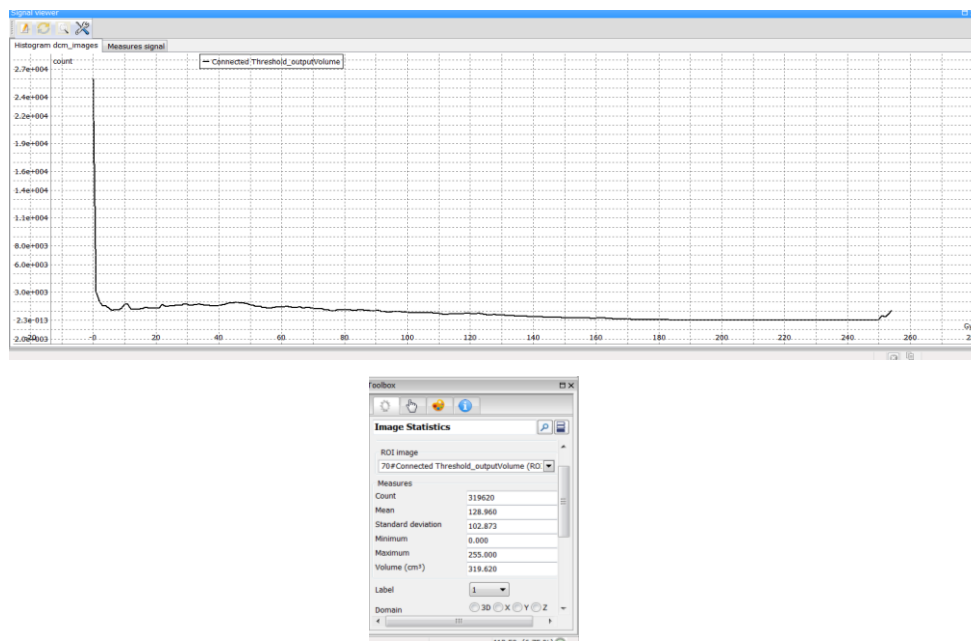
Εικόνα 4.36 , 4.37 – Πιο πάνω βλέπουμε το ιστόγραμμα και κάποιες τιμές που πάρθηκαν για το πλαίσιο 10, με βάση τον αλγόριθμο Connected Threshold.

Πλαίσιο 14 – Αλγόριθμος Simple Region Growing



Εικόνα 4.38 , 4.39 – Πιο πάνω βλέπουμε το ιστόγραμμα και κάποιες τιμές που πάρθηκαν για το πλαίσιο 14, με βάση τον αλγόριθμο Simple Region Growing.

Πλαίσιο 14 – Αλγόριθμος Connected Threshold

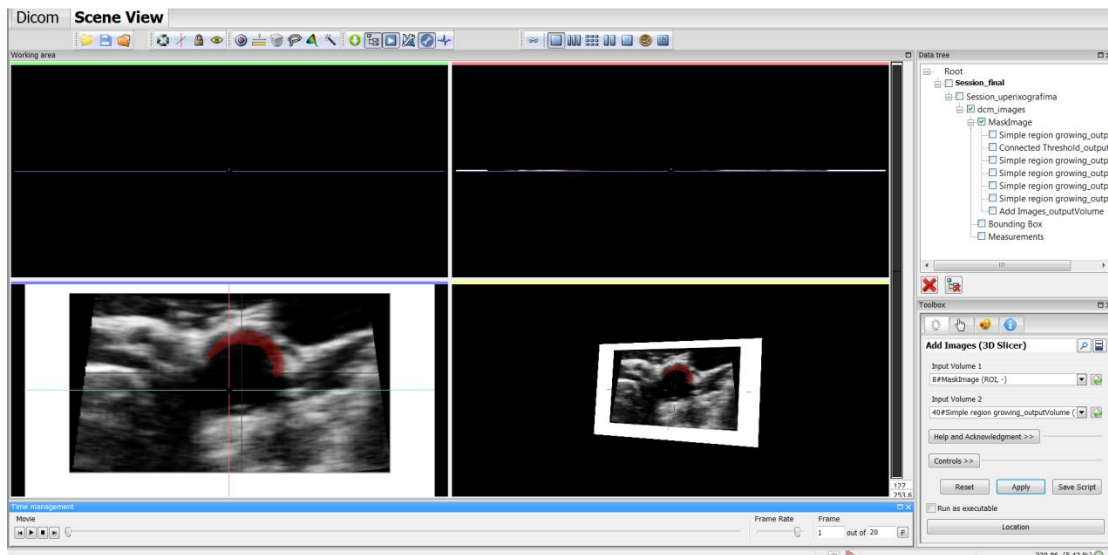


Εικόνα 4.40 , 4.41 – Πιο πάνω βλέπουμε το ιστόγραμμα και κάποιες τιμές που πάρθηκαν για το πλαίσιο 14, με βάση τον αλγόριθμο Connected Threshold.

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι οι δύο αλγόριθμοι κατάτμησης βγάζουν τα ίδια αποτελέσματα ανάλογα με το πλαίσιο στο οποίο βρισκόμαστε. Έτσι η ορθότητα των αποτελεσμάτων, είναι συνεπακόλουθο των πιο πάνω τιμών που παίρνουμε.

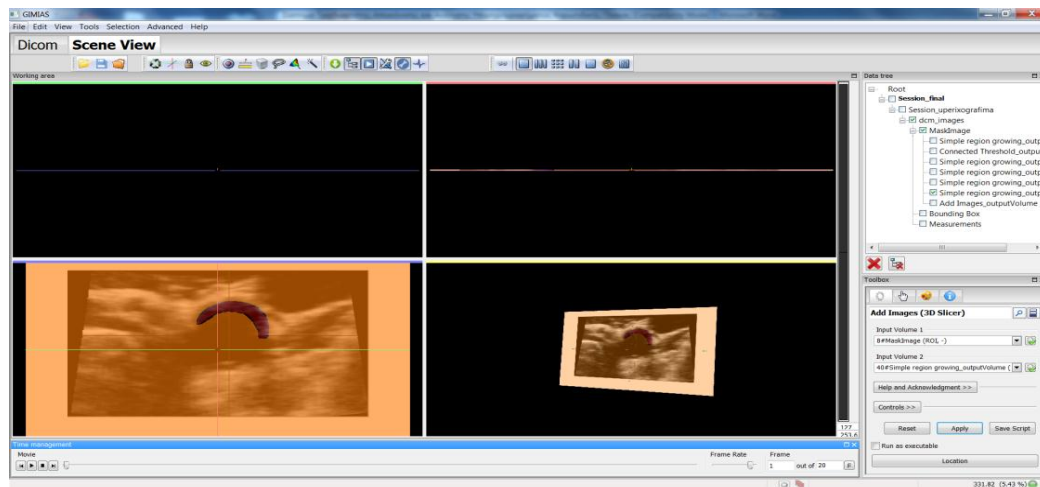
Ακόμη, για να δούμε που συμφωνούν οι εικόνες (η αρχική και αυτή που προκύπτει με την εφαρμογή του αλγορίθμου), χρησιμοποιήσα τη μετρική AND που προσφέρει το εργαλείο GIMIAS. Αυτό γίνεται με σκοπό να δούμε την επικάλυψη που έχουν οι εικόνες και αν οι αλγόριθμοι απομονώνουν σωστά την περιοχή της πλάκας. Με αυτό τον τρόπο θα δούμε αν οι αλγόριθμοι συμφωνούν με βάση τα αποτελέσματα που παράγουν. Η μετρική AND επιστρέφει τα σημεία στα οποία συμφωνούν οι 2 εικόνες εισόδου. Στην περίπτωση μας περιμένουμε να δούμε να επιστρέφεται η περιοχή της καρωτιδικής πλάκας που απομονώνεται.

Πιο κάτω σας παρουσιάζω τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της μετρικής AND για το πλαίσιο 1.



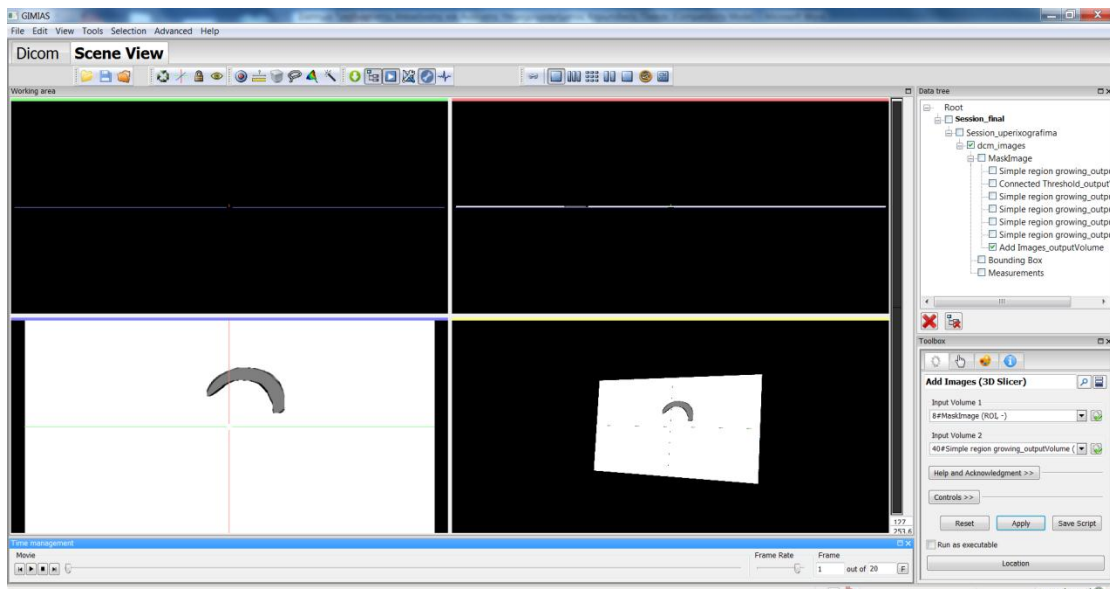
Εικόνα 4.42 – Πιο πάνω βλέπουμε την αρχική εικόνα της καρωτίδας με την καρωτιδική πλάκα (πλαίσιο 1).

Εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο Simple Region προκύπτει η πιο κάτω εικόνα:



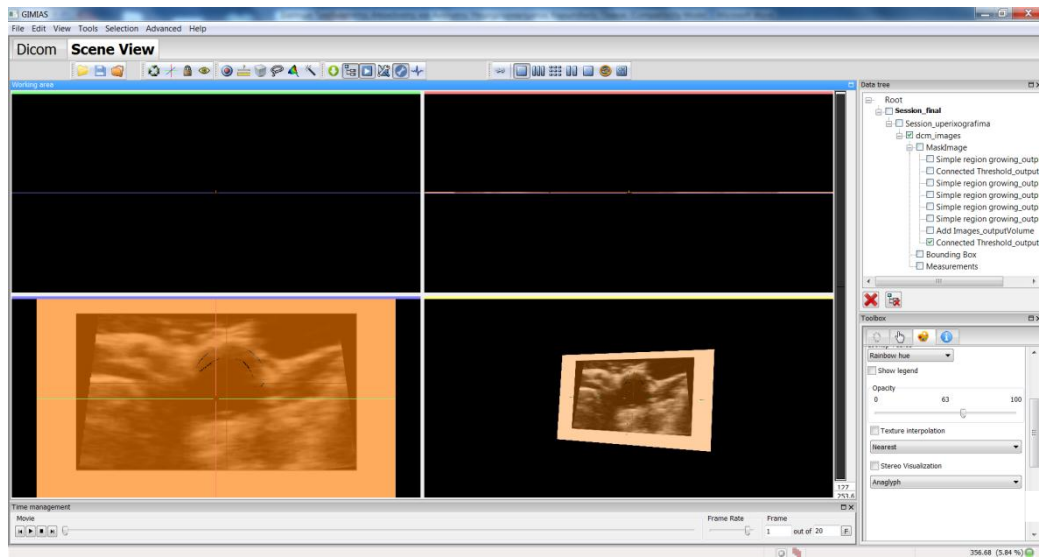
Εικόνα 4.43 – Πιο πάνω βλέπουμε την αρχική εικόνα της καρωτίδας μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου simple region (πλαίσιο 1).

Πιο κάτω θα δούμε το αποτέλεσμα που προκύπτει αν εφαρμόσουμε την μετρική AND στην αρχική εικόνα με τη πλάκα και στην εικόνα που προκύπτει από τον αλγόριθμο simple region :



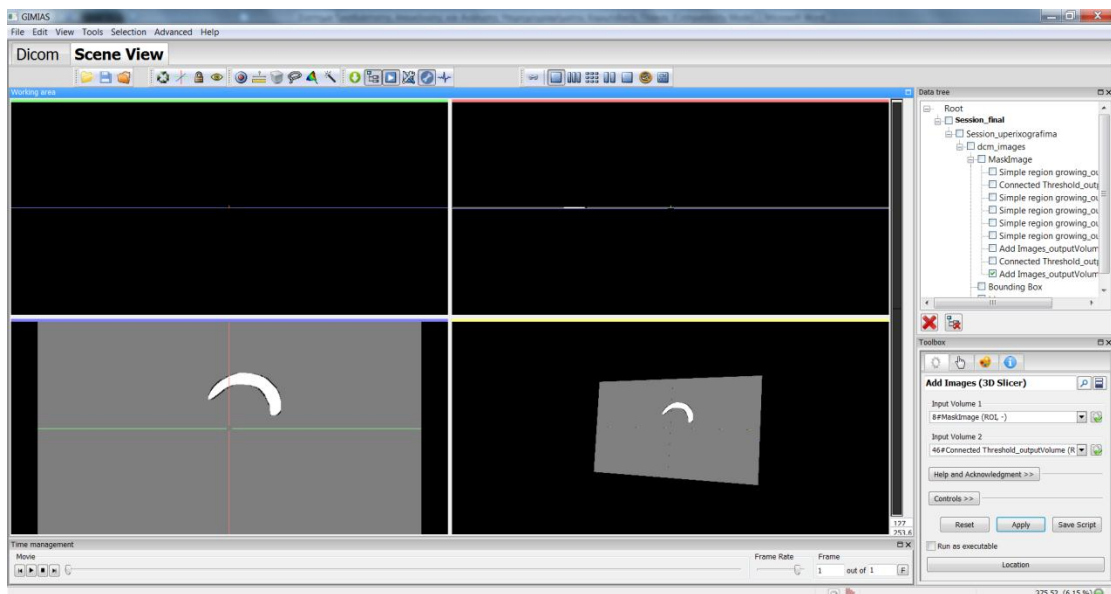
Εικόνα 4.44 – Πιο πάνω βλέπουμε το αποτέλεσμα από την εφαρμογή της μετρικής AND (πλαίσιο 1).

Θα ακολουθήσει η ίδια διαδικασία για τον αλγόριθμο connected threshold. Πιο κάτω επισυνάπτεται η εικόνα που προκύπτει με την εφαρμογή του αλγορίθμου connected threshold.



Εικόνα 5.44 – Πιο πάνω βλέπουμε το αποτέλεσμα από την εφαρμογή του αλγορίθμου connected threshold (πλαίσιο 1).

Πιο κάτω θα δούμε το αποτέλεσμα που προκύπτει αν εφαρμόσουμε την μετρική AND στην αρχική εικόνα με τη πλάκα και στην εικόνα που προκύπτει από τον αλγόριθμο connected threshold :



Εικόνα 4.45 – Πιο πάνω βλέπουμε το αποτέλεσμα από την εφαρμογή της μετρικής AND (πλαίσιο 1).

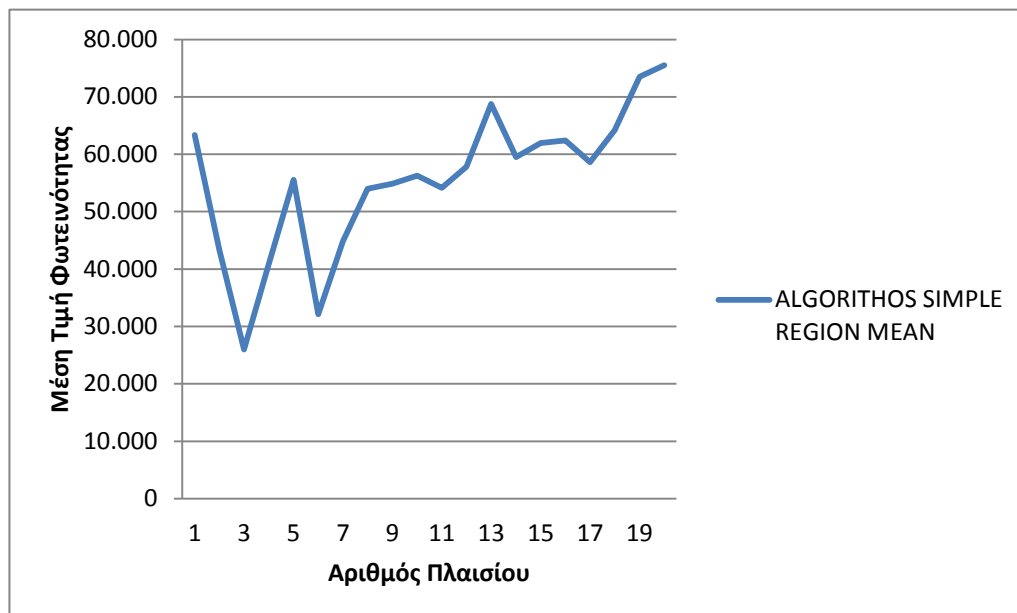
περιοχή της καρωτιδικής πλάκας.

Υπολογίζουμε για τα 20 πλαίσια την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση που δίνει ο αλγόριθμος simple region. Βγάζουμε τις συνολικές τιμές και υπολογίζουμε τις γραφικές παραστάσεις με βάση αυτές τις τιμές. Η τελική τιμή που μας δίνει η μέση τιμή είναι 55.379 και της τυπικής απόκλισης είναι ίση με 30.106. Οι γραφικές παραστάσεις που παίρνουμε για τον αλγόριθμο simple region φαίνονται στην επόμενη σελίδα:

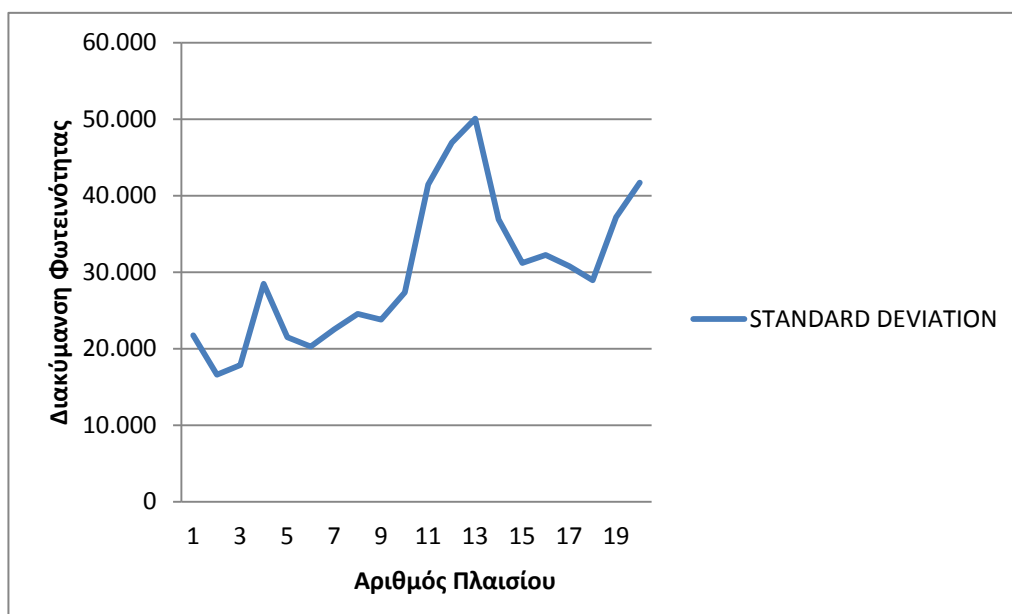
Κάνουμε το ίδιο για τον αλγόριθμο connected threshold και παίρνουμε για ακόμη 20 πλαίσια τιμές για μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Η τελική τιμή που παίρνουμε για μέση τιμή είναι ίση με 55.379 και της τυπικής απόκλισης είναι ίση με 30.106.

Με βάση τις γραφικές και τις τιμές που παίρνουμε συμπεραίνουμε ότι οι αλγόριθμοι μας παράγουν τα ίδια αποτελέσματα και έτσι γίνεται επαλήθευση των αποτελεσμάτων που παίρνουμε, αφού οι αλγόριθμοί μας συμφωνούν στο έπακρο. Οι γραφικές παραστάσεις φαίνονται στις επόμενες σελίδες.

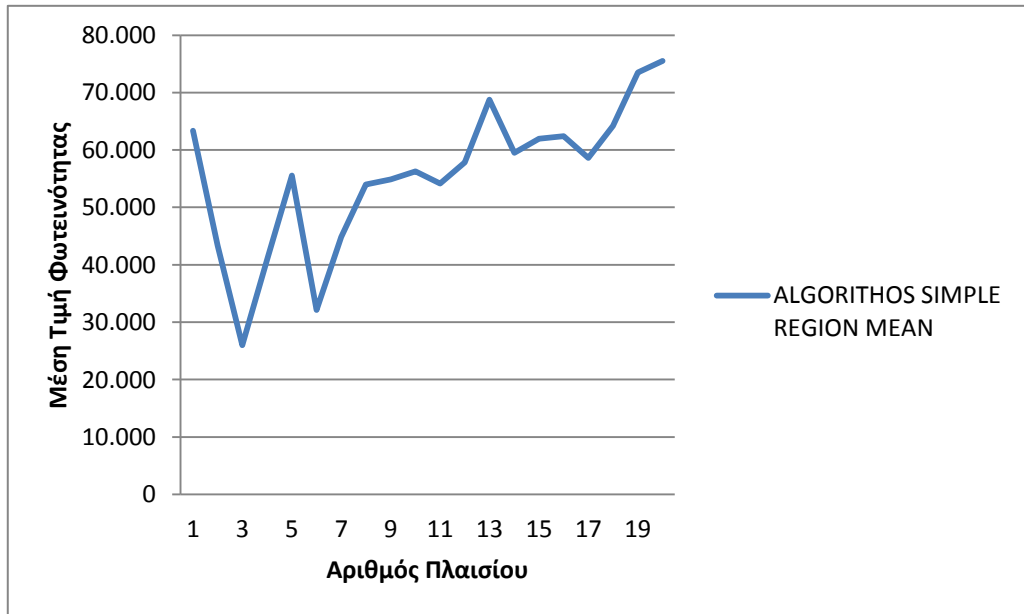
Αλγόριθμος Simple Region – Mean



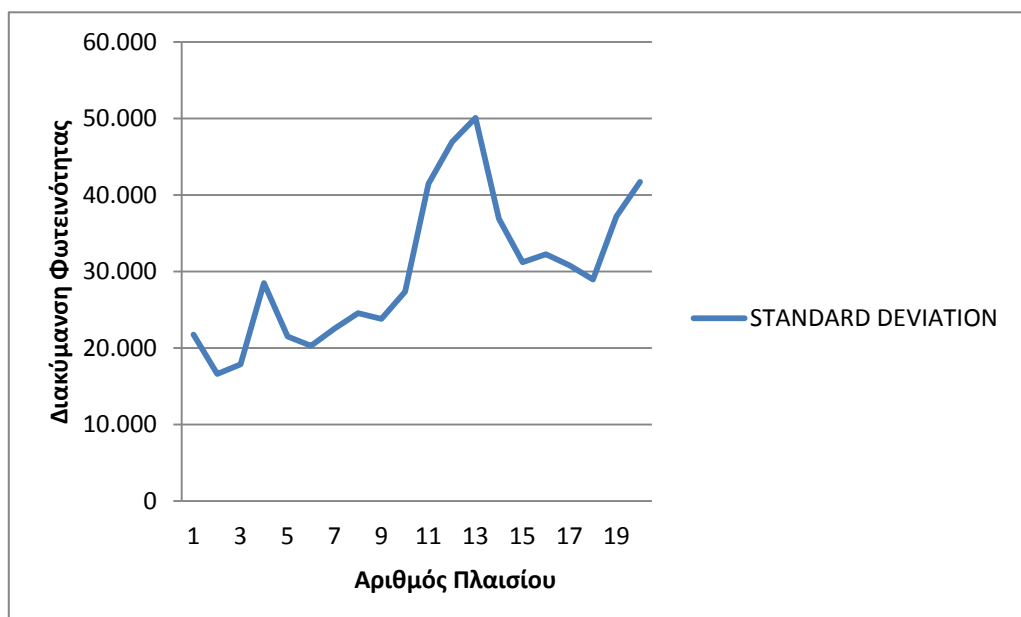
Αλγόριθμος Simple Region – Standard Deviation



Αλγόριθμος Connected Threshold – Mean



Αλγόριθμος Connected Threshold – Standard Deviation



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία

5.1 Συμπεράσματα	86
5.2 Προβλήματα και τρόποι που αντιμετωπίστηκαν	87
5.3 Μελλοντική Εργασία	87

5.1 Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η διαδικασία επεξεργασίας εικόνων υπερηχογραφήματος και η χρήση τους για δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου της καρωτίδας. Για την καλύτερη απεικόνιση και ανάλυση των αποτελεσμάτων κατασκευάστηκαν και αρκετά μοντέλα της καρωτίδας, όπου προστέθηκε και καρωτιδική πλάκα σε μια προσπάθεια να βελτιστοποιήσουμε την ποιότητα των τρισδιάστατων μοντέλων και των αποτελεσμάτων τους.

Ακόμη με τη χρήση των κατάλληλων αλγορίθμων κατάτμησης να γίνεται ορθά, η απομόνωση της καρωτιδικής πλάκας, και για την πραγματική καρωτίδα αλλά και για την τεχνητή. Παρατηρούμε πως με βάση τα αποτελέσματα που παίρνουμε από τις γραφικές και κάποιες τιμές φωτεινότητας (όπως η μέση τιμή, μέγιστες και ελάχιστες τιμές καθώς και τυπική απόκλιση) , γίνεται επαλήθευση των αποτελεσμάτων, αφού δεν υπάρχει διαφορά στις τιμές που αφορούν το κάθε πλαίσιο ανάλογα με τον αλγόριθμο κατάτμησης που τρέχουμε.

Ως επιπλέον βήμα για να βρούμε που συμφωνούν τα αποτελέσματα που επιστρέφουν οι αλγόριθμοι, αναφορικά με την κατάτμηση, για την αρχική εικόνα (που έχει την πλάκα), εφαρμόσαμε στις δύο εικόνες τη μετρική ADD. Αναμέναμε να πάρουμε ως αποτέλεσμα τις περιοχές που συμφωνούν οι δύο εικόνες, δηλαδή την περιοχή της πλάκας που απομονώνουν οι αλγόριθμοι. Το αποτέλεσμα της μετρικής ADD ορθά μας επέστρεψε την περιοχή της πλάκας μόνο και έτσι οι αλγόριθμοι επιστρέφουν σωστά αποτελέσματα.

Έτσι λοιπόν, μπορούμε με σιγουριά να πούμε πως οι στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επιτεύχθηκαν στο έπακρο.

5.2 Προβλήματα και τρόποι που αντιμετωπίστηκαν

Μέσα στα πλαίσια της εργασίας αυτής αντιμετωπίστηκαν κάποια προβλήματα. Πιο συγκεκριμένα, οι δυσκολίες που αντιμετώπισα ήταν κυρίως στην κατανόηση του εργαλείου GIMIAS. Λόγω του ότι το εργαλείο αυτό έχει πρόσφατα δημιουργηθεί, και η ιστοσελίδα του ήταν κλειστή λόγω αναβάθμισης, οι πληροφορίες που είχα να αντλήσω για την κατανόηση του εργαλείου αυτού ήταν ελάχιστες. Γι' αυτό το λόγο έπρεπε να μελετήσω από μόνη μου το εργαλείο και να πειραματιστώ με αυτό, πράγμα που απαιτούσε αρκετό χρόνο. Ακόμη έπρεπε να αλλάξω τον τύπο των εικόνων για να είναι συμβατές με τις εικόνες που δέχεται το GIMIAS. Παρόλ' αυτά, τα προβλήματα αντιμετωπίστηκαν και ήταν εφικτή η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

5.3 Μελλοντική Εργασία

Όσον αφορά τη μελλοντική εργασία, θα ήταν ενδιαφέρον αν η εφαρμογή των μεθόδων γινόταν απευθείας πάνω σε 3D εικόνες από υπερηχογράφημα, χωρίς να χρειάζεται να τις εισάγουμε σε κάποιο εργαλείο για να μας δημιουργεί την 3D αναπαράστασή τους. Αυτό, μπορεί να βελτιώσει το χρόνο που χρειάζεται για να γίνει η διάγνωση του ποσοστού της πλάκας που υπάρχει.

Ακόμη, ολοένα και περισσότερο χρησιμοποιείται το βίντεο στην ιατρική τις τελευταίες δεκαετίες. Είναι σημαντική η χρήση του γιατί επιτρέπει στον γιατρό να αναθεωρήσει την διάγνωση του, καθώς μέσα από το βίντεο έχει τη δυνατότητα να βλέπει το σημείο ενδιαφέροντος από πολλαπλές προβολές. Η κατάτμηση βίντεο που αναπαριστά καρωτίδες δεν έχει ακόμη διερευνηθεί επαρκώς. Καλό θα ήταν να γίνει ως μελλοντική εργασία, καθώς μέσα από τον κατακερματισμό βίντεο μπορεί να γίνει εκτίμηση της κίνησης, παρακολούθηση των ορίων της πλάκας και κατάταξη της πλάκας ως φυσιολογική ή μη φυσιολογική.

Επιπλέον ως μελλοντική εργασία μπορεί να θεωρηθεί η μετάδοση υπερηχογραφικού βίντεο που αναπαριστά καρωτίδα, μέσω κινητών και ασύρματων δικτύων. Καθώς το υπερηχογραφικό βίντεο είναι υψηλού όγκου θα πρέπει να συμπιεσθεί χωρίς να υπάρξει απώλεια στη διαγνωστική πληροφορία.

Τέλος, όλες οι πιο πάνω ιδέες και εισηγήσεις θα συμβάλουν στην πρόοδο των τεχνολογιών επεξεργασίας καθώς και της ιατρικής απεικόνισης.

Βιβλιογραφία

- [1] Στένωση των καρωτίδων αρτηριών, 1999
(http://www.incardiology.gr/pathiseis_aggeiaka/karotides.htm)
- [2] Καρωτιδική νόσος και εγκεφαλικό επεισόδιο, 2011
(<http://www.aggeiopathia.gr/karotidiki-nosos/>)
- [3] What Is Atherosclerosis, 2011
(<https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/atherosclerosis/>)
- [4] ImageVis3D
(<http://www.sci.utah.edu/software/imagevis3d.html>)
- [5] Insight Segmentation and Registration Toolkit (ITK)
(<http://www.itk.org/>)
- [6] Visualization Toolkit (VTK)
(<http://www.vtk.org/>)
- [7] Seg3D Segmentation
(<http://www.sci.utah.edu/cibc-software/seg3d.html>)
- [8] 3D Slicer, 2014
(<https://www.slicer.org/pages/Introduction>)
- [9] GIMIAS, 2012
<http://www.gimias.net/>
- [10] WIKIPEDIA – MATLAB , 2014
(<http://en.wikipedia.org/wiki/MATLAB>)

- [11] ImageJ
(<http://imagej.nih.gov/ij/>)

- [12] Simple Region Growing Segmentation
(<https://www.slicer.org/slicerWiki/index.php/Documentation/4.0/Modules/SimpleRegionGrowingSegmentation>)

- [13] IJ Plugins - Connected Threshold Growing Example
(<http://ij-plugins.sourceforge.net/plugins/3d-toolkit/example-connected-threshold-growing.html>)

- [14] Segmentation and Registration of Elastic Organsi, 2008
(<http://www.lppm.itb.ac.id/research/?p=1016>)

- [15] Mesh Contour Segmentation, 2010
(<https://www.slicer.org/slicerWiki/index.php/Modules:MeshContourSegmentation-Documentation-3.6>)

- [16] Human Brain Folds, 2007
(http://www.brainhealthandpuzzles.com/human_brain_folds.html)

- [17] Clinical Workflow Component, 2012
(http://sourceforge.net/apps/mediawiki/gimias/index.php?title=Clinical_workflow_component)

- [18] WIKIPEDIA – 3D Modeling, 2014
(http://en.wikipedia.org/wiki/3D_modeling)

- [19] Gimias, 2012
(http://www.gimias.net/index.php?option=com_content&view=article&id=98)

- [20] Gimias Website, 2012
(http://www.gimias.net/index.php?option=com_content&view=article&id=80&Itemid=2)
- [21] MathWorks - MATLAB
(<http://www.mathworks.com/#training>)
- [22] Fast Marching Techniques for Image Segmentation
(<http://www.csd.uoc.gr/~tziritas/papers/segmentSpringer.pdf>)
- [23] Nicolaides A. , Beach Kirk W, Kyriacou E., Pattichis C. S. Ultrasound and Carotid Bifurcation Atherosclerosis: Springer; December 7, 2011
- [24] Nelson TR, Downey DB, Pretorius DH, Fenster A. Three-Dimensional Ultrasound. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.

Παράρτημα Α

Matlab - Δημιουργία τεχνητών εικόνων	92
Matlab - Επεξεργασία τεχνητών εικόνων	93
Matlab - Θόρυβος Speckle σε τεχνητές εικόνες	93
Matlab - Επεξεργασία πραγματικών εικόνων	96

Matlab - Δημιουργία τεχνητών εικόνων

```
I=imread('U:\Diplomatiki\new\white.png');
>> figure,imshow(I);
>>
r1=rectangle('Position',[375,100,250,250],'Curvature',[1,1],'EdgeColor',[0.21,0.21,0.21],
'FaceColor',[0.21,0.21,0.21],'LineWidth',1);
>>
l1=rectangle('Position',[5,100,250,250],'Curvature',[1,1],'EdgeColor',[0.21,0.21,0.21],'F
aceColor',[0.21,0.21,0.21],'LineWidth',1);
>>
r2=rectangle('Position',[390,115,220,220],'Curvature',[1,1],'EdgeColor',[0.35,0.35,0.35],
'FaceColor',[0.35,0.35,0.35],'LineWidth',1);
>>
l2=rectangle('Position',[20,115,220,220],'Curvature',[1,1],'EdgeColor',[0.35,0.35,0.35],
'FaceColor',[0.35,0.35,0.35],'LineWidth',1);
>>
r3=rectangle('Position',[405,130,190,190],'Curvature',[1,1],'EdgeColor',[0.15,0.15,0.15],
'FaceColor',[0.15,0.15,0.15],'LineWidth',1);
>>
l3=rectangle('Position',[35,130,190,190],'Curvature',[1,1],'EdgeColor',[0.15,0.15,0.15],
'FaceColor',[0.15,0.15,0.15],'LineWidth',1);
```

```
>>
r4=rectangle('Position',[420,145,160,160],'Curvature',[1,1],'EdgeColor',[0.03,0.03,0.03],
'FaceColor',[0.03,0.03,0.03],'LineWidth',1);
>>
l4=rectangle('Position',[50,145,160,160],'Curvature',[1,1],'EdgeColor',[0.03,0.03,0.03],
'FaceColor',[0.03,0.03,0.03],'LineWidth',1);
```

Matlab - Επεξεργασία τεχνητών εικόνων

```
a1=imread('U:\Diplomatiki\without_speckle\1.tif');
>> a1=im2double(a1);
>> a2=rgb2gray(a1);
>> [nx,ny]=size(a2);
a3=0.03+0.02.*rand(nx,ny);
>> a5=(a2~=1).*a3+a2;
outimage=speckle(a5,[ny,nx],2);
imwrite(outimage,'U:\Diplomatiki\speckle\1.tif');
```

Matlab - Θόρυβος Speckle σε τεχνητές εικόνες

```
function f = speckle(g, nhood, niterations)
```

```
%(c) Christos Loizou 2001 % A filter that filters multiplikative noise. lemy_3 %Filters
the multiplicative and additive noise in Ultrasound Images
```

```
%Utilizes the local statistics of the noise image g(m,n )
```

```
%f[m,n]=m+k*(g[m,n] - m), where k = (1-sqr(m)*(sqr(sr)/sqr(sx)))/(1+sqr(sr))
```

```
%Example: outimage= speckle (a, [5 5], 2);
```

```
% if the image is 3D use outimage= speckle (a(:,1), [5 5], 2);
```

```
ifisa(g, 'uint8')
```



```

    u8out = 1;

if (islogical(g))

    % It doesn't make much sense to pass a binary image % in to this function, but just in
    case.
    logicalOut = 1;

    g = double(g);
else
    logicalOut = 0;
    g = double(g)/255;
end
else
    u8out = 0;
end

%Estimate the size of the image
[ma, na]=size(g);
f=g;
for i = 1:niterations
    fprintf('\rIteration %d',i);
    if n iterations>=2
        g=f;
    end

    % Estimate the local mean of f.
    localMean = filter2(ones(nhood), g) / prod(nhood);

    % Estimate of the local variance of f.
    localVar = filter2(ones(nhood), g.^2) / prod(nhood) - localMean.^2;

```

```

% Estimate the noise power if necessary.
stdnoise=(std2(g).*std2(g))/mean2(g); % to take in consideration the
logarithmic compression

noisevar=stdnoise; %noise variance

% Compute result
t=(localMean.*localMean).*noisevar;
k = localVar./ (t + localVar+0.0001);
f = localMean + k.*(g-localMean);
end
fprintf('\n');

if u8out==1,
if (logicalOut)
    f = uint8(f);
else
    f = uint8(round(f*255));
end
end

if n iterations>=2
    g=f;
end

% Estimate the local mean of f.
localMean = filter2(ones(nhood), g) / prod(nhood);

% Estimate of the local variance of f.
localVar = filter2(ones(nhood), g.^2) / prod(nhood) - localMean.^2;

% Estimate the noise power if necessary.
stdnoise=(std2(g).*std2(g))/mean2(g); % to take in consideration the

```

logarithmic compression

```
noisevar=stdnoise; %noise variance
```

```
% Compute result t=(localMean.*localMean).*noisevar;
```

```
k = localVar./ (t + localVar+0.0001);
```

```
f = localMean + k .*(g-localMean);
```

```
end
```

```
fprintf('\n');
```

```
if u8out==1,
```

```
if (logicalOut)
```

```
    f = uint8(f);
```

```
else
```

```
    f = uint8(round(f*255));
```

```
end
```

```
end
```

Matlab - Επεξεργασία πραγματικών εικόνων

IMAGE 1

```
I=imread('U:\Diplomatiki\all_images\1.tiff');
```

```
>> J=rgb2gray(I);
```

```
>> [I1 rect]=imcrop(J);
```

```
>> imshow(I1);
```

```
>> dicomwrite(I1,'U:\ Diplomatiki \tiff_images\1.dcm');
```

IMAGE 2

```
I=imread('U:\Diplomatiki\all_images\2.tiff');
```

```
>> J=rgb2gray(I);
```

```
>> [I1 rect]=imcrop(J);  
>> imshow(I1);  
>> dicomwrite(I1,'U:\ Diplomatiiki \tiff_images\2.dcm');
```

Με τον ίδιο τρόπο γίνεται η επεξεργασία και των υπόλοιπων 18 εικόνων που θα χρειαστούμε για την επεξεργασία στο GIMIAS.