

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΥΠΕΡΧΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ
ΚΑΡΩΤΙΔΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΝ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟ
ΣΥΣΤΗΜΑ**

Αναστασία Χειμώνα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2019

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΚΑΡΩΤΙΔΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΝ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Αναστασία Χειμώνα

Επιβλέπων Καθηγητής
Κωνσταντίνος Παττίχης

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

Μάιος 2019

Ευχαριστίες

Φτάνοντας στο τέλος της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποια πρόσωπα τα οποία συνέλαβαν και με βοήθησαν στην ολοκλήρωση της, αλλά και να τους ευχαριστήσω που ήταν κοντά μου και με στήριζαν αυτά τα χρόνια των σπουδών μου στο Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Πρώτα από όλα θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Κωνσταντίνο Παττίχη, για την πολύτιμη βοήθεια, τις συμβουλές, και τη καθοδήγηση που μου πρόσφερε καθ' όλη την διάρκεια της Διπλωματικής μου εργασίας. Ακόμη θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την εμπιστοσύνη και την εκτίμηση που μου έδειξε.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Ζήνωνα Αντωνίου για την πολύτιμη βοήθεια, την υπομονή και τη στήριξη που μου πρόσφερε για την ολοκλήρωση αυτής της Διπλωματικής εργασίας. Του οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ για το χρόνο που αφιέρωσε όταν χρειάστηκε να τον ενοχλήσω για απορίες και δυσκολίες που είχα.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου που ήταν κοντά μου κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας και ειδικότερα κατά την διάρκεια των σπουδών μου, δίνοντας μου κουράγιο, δύναμη και ηθική συμπαράσταση.

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία αφορά την υλοποίηση λειτουργίας σε ένα υπάρχον διαδικτυακό σύστημα για την ανάλυση και επεξεργασία εικόνων υπερηχογραφημάτων της αθηροσκληρωτικής καρωτιδικής πλάκας. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία αυτή στηρίζεται στην εκτίμηση της κίνησης της αθηρωματικής πλάκας και βάση αυτής να αποφανθεί ο γιατρός αν είναι παθολογική ή όχι και επίσης να διεξάγει κάποια συμπεράσματα.

Η καρωτιδική νόσος είναι βασική αιτία πρόκλησης αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο αποτελεί την τρίτη αιτία θανάτου και τη δεύτερη μεταξύ των καρδιαγγειακών νοσημάτων. Σίγουρα, λοιπόν, η πρόληψη και η διάγνωση είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τον ασθενή και πρέπει να γίνονται με αποτελεσματικό τρόπο για να έχει θετικά αποτελέσματα. Προσθέτοντας την δυνατότητα για επεξεργασία βίντεο στο υπάρχον σύστημα, θα μπορεί ο γιατρός να διαγνώσει καλύτερα την ασθένεια. Και αυτό γιατί, θα μπορεί να επιλέξει απευθείας το στιγμιότυπο της εικόνας που θέλει να επεξεργαστεί και ίσως με αυτό να έχει τις πιο σωστές μετρήσεις. Επίσης, βάση της εκτίμησης της κίνησης της αθηρωματικής πλάκας χρησιμοποιώντας ένα αλγόριθμο, ο γιατρός θα μπορεί να αποφασίσει αν η πλάκα είναι αθηρωματική ή όχι.

Το υπάρχον σύστημα είναι διαδικτυακό και άρα ο επαγγελματίας υγείας μπορεί να βρει τα δεδομένα των ασθενών του από οποιαδήποτε συσκευή συνδεθεί σε αυτό.

Το επιπλέον αυτό εργαλείο και το ήδη υπάρχον διαδικτυακό σύστημα, αφορά εργαλεία που βασίζονται σε τεχνολογίες πληροφορικής και μπορούν να βελτιώσουν την πρόληψη, την διάγνωση, τη θεραπεία, την παρακολούθηση και την διαχείριση της υγείας των ασθενών και του τρόπου ζωής τους. Η ηλεκτρονική υγεία μπορεί να έχει οφέλη για ολόκληρη την κοινωνία με την βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών ως προς τους ασθενείς και το εξειδικευμένο ιατρικό προσωπικό. Οι τεχνολογίες της ηλεκτρονικής υγείας μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο ιατρικών σφαλμάτων και να συμβάλουν στην έγκαιρη διάγνωση προβλημάτων υγείας.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iii
Περίληψη.....	iv
Περιεχόμενα.....	v
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Σύντομη περιγραφή του προβλήματος	1
1.2 Στόχος διπλωματικής εργασίας	2
1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας	3
Κεφάλαιο 2 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	4
2.1 Καρωτίδα	4
2.2 Σχετικές παθήσεις	5
2.3 Συμπτωματική και Ασυμπτωματική πλάκα	7
2.4 Υπέρηχοι	8
Κεφάλαιο 3 Ανασκόπηση Υπάρχοντος συστήματος και σχετικών τεχνολογιών...10	
3.1 Ανασκόπηση υπάρχοντος συστήματος επεξεργασίας καρωτιδικού υπερηχογραφήματος	10
3.2 Ανασκόπηση εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν	11
3.3 Αλγόριθμοι κίνησης	15
Κεφάλαιο 4 Υλοποίηση.....	21
4.1 Βήματα Υλοποίησης	21
4.1.1 Επιλογή Αλγορίθμου Ανάλυσης ροής	21
4.1.2 Δημιουργία προσομοιωμένων βίντεο	22
4.1.3 Δημιουργία περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης	24

4.1.4 Υλοποίηση λειτουργιών	27
4.1.4.1 Λειτουργία φόρτωσης του βίντεο	28
4.1.4.2 M-mode image extraction	28
4.1.4.3 Υπολογισμός διανυσμάτων κίνησης της περιοχής ενδιαφέροντος	30
4.1.4.4 Εξαγωγή του πολικού διαγράμματος	32
4.1.4.5 Έλεγχος με πραγματικά βίντεο	33
Κεφάλαιο 5 Αποτελέσματα και Πειραματική Ανάλυση.....	34
5.1 Γενικά	34
5.2 Αποτελέσματα προσομοιωμένων βίντεο	35
5.3 Αποτελέσματα πραγματικών βίντεο	43
Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα.....	45
6.1 Συμπεράσματα	45
6.2 Μελλοντική εργασία	48
Βιβλιογραφία.....	50

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Σύντομη περιγραφή του προβλήματος	1
1.2 Στόχος διπλωματική εργασίας	2
1.3 Δομή διπλωματική εργασίας	3

1.1 Σύντομη περιγραφή του προβλήματος

Η καρδιαγγειακή νόσος αποτελεί, πλέον, την κυριότερη αιτία θανάτου. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία από το American Heart Association [1] για αυτή τη χρονιά, περίπου 2.300 Αμερικάνοι πεθαίνουν κάθε μέρα από καρδιαγγειακές παθήσεις. Κατά μέσο όρο υπάρχει ένας θάνατος κάθε 38 δευτερόλεπτα. Περίπου 92.1 εκατομμύρια Αμερικάνοι ενήλικες ζουν με κάποια μορφή καρδιαγγειακής νόσου ή με κάποιες από τις επιπτώσεις που επιφέρει το εγκεφαλικό επεισόδιο. Το άμεσο και το έμμεσο κόστος των καρδιαγγειακών παθήσεων και του εγκεφαλικού επεισοδίου εκτιμάται ότι θα ανέλθει σε περισσότερο από 329,7 δισεκατομμύρια δολάρια. Βάση των στατιστικών στοιχείων, το κόστος αυτό θα περιλαμβάνει δαπάνες όσο αφορά την υγεία και για την χαμένη παραγωγικότητα.

Πιο συγκεκριμένα, τα καρδιαγγειακά νοσήματα είναι μια ευρεία ομάδα παθήσεων της καρδιάς και των αγγείων. Η Στεφανιαία Νόσος είναι το κυριότερο αίτιο θανάτου στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, ενώ παράλληλα σχετίζεται με σημαντική νοσηρότητα, αναπηρία και απώλεια της παραγωγικότητας. Ακολουθεί η Καρδιακή Ανεπάρκεια, το Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο, η Αρτηριακή Υπέρταση και άλλα καρδιαγγειακά νοσήματα.

Το Αγγειακό Εγκεφαλικό επεισόδιο πρόκειται για την διαταραχή της εγκεφαλικής αιματικής κυκλοφορίας. Μπορεί να προκληθεί από το Ισχαιμικό Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο, δηλαδή την διακοπή της αιματικής ροής του εγκεφάλου από μεγάλα αγγεία

που τροφοδοτούν τον εγκέφαλο ή μικρά αγγεία που βρίσκονται μέσα σε αυτόν. Μεγάλα αγγεία είναι οι καρωτίδες που βρίσκονται στο λαιμό και τροφοδοτούν αίμα από την καρδιά προς τον εγκέφαλο. Όταν δημιουργηθεί η στένωση εντός της καρωτίδας, δηλαδή καρωτιδική πλάκα τότε δημιουργείται θρόμβος με επακόλουθο την παρουσία του εγκεφαλικού επεισοδίου.

Η διπλωματική εργασία στηρίζεται στην ανάγκη για ανάπτυξη πρακτικών πρόληψης και διάγνωσης τόσο σε ατομικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο, και πιο συγκεκριμένα στην αντιμετώπιση της αθηρωματικής καρωτιδικής πλάκας.

Πλέον, οι συναρπαστικές πρόοδοι στις τεχνολογίες πληροφοριών και υπολογιστών την τελευταία δεκαετία έχουν ωθήσει την εφαρμογή της πληροφορικής υγείας στην πρώτη γραμμή ανάπτυξης.

1.2 Στόχος διπλωματικής εργασίας

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η προσθήκη λειτουργίας σε υπάρχον διαδικτυακό σύστημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από γιατρούς ως βοηθητικό εργαλείο για την ανάλυση και επεξεργασία των εικόνων υπερηχογραφήματος καρωτίδας. Συγκεκριμένα, η λειτουργία αυτή στοχεύει στην επεξεργασία βίντεο για την εκτίμηση της κίνησης μεταξύ δύο πλαισίων αθηρωματικής πλάκας. Η ανάλυση αυτή θα γίνεται μέσω υπερηχογραφημάτων καρωτίδας. Στην λειτουργία θα εφαρμόζεται η μέθοδος εκτίμησης οπτικής ροής Farneback, όπου θα χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των πλακών της αθηρωματικής πλάκας. Έτσι, μέσα από αυτό το χρήσιμο εργαλείο που θα προστεθεί στο σύστημα, ο γιατρός θα μπορεί πάρει σημαντικές πληροφορίες όσο αφορά την κίνηση της αθηρωματικής πλάκας καθώς θα γίνεται η εξέταση του ασθενούς. Οι πληροφορίες και τα αποτελέσματα θα παρουσιάζονται μέσα από γραφικές παραστάσεις.

Μια τέτοια λειτουργία είναι σίγουρα σημαντική, αφού μέσα από αυτή ο γιατρός θα μπορεί να αποφανθεί αν η αθηρωματική πλάκα είναι παθολογική ή όχι, θα μπορεί να εξάγει πληροφορίες και συμπεράσματα και θα μπορεί να κάνει πρόγνωση για τυχόν εγκεφαλικά επεισόδια.

1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια. Στον παρόν κεφάλαιο έγινε μια παρουσίαση της γενικής εικόνας που έχει το πρόβλημα, του σκοπού αυτής της διπλωματικής εργασίας και συνοπτικά τη μελέτη των Κεφαλαίων που ακολουθούν.

- Στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει η αναφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο. Πιο συγκεκριμένα μια περιγραφή της καρωτίδας, των σχετικών παθήσεων, της Συμπτωματικής και Ασυμπτωματικής Πλάκας, και των υπερήχων.
- Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η ανασκόπηση του υπάρχοντος συστήματος και των σχετικών τεχνολογιών. Δηλαδή, ανασκόπηση του υπάρχοντος συστήματος επεξεργασίας καρωτιδικού υπερηχογραφήματος, ανασκόπηση των εργαλείων και της εξέλιξης του υπάρχοντος συστήματος σε διαδικτυακό, και τέλος μια ανασκόπηση των αλγόριθμων εκτίμησης κίνησης.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα βήματα υλοποίησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας και των λειτουργιών του συστήματος που γίνονται για την ανάλυση των υπερηχογραφημάτων καρωτίδας. Οι λειτουργίες είναι οι ακόλουθες: Λειτουργία φόρτωσης του βίντεο, M-mode image extraction, Υπολογισμός των διανυσμάτων κίνησης της περιοχής ενδιαφέροντος και Εξαγωγή του πολικού διαγράμματος.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο, αναφέρονται τα αποτελέσματα και η πειραματική ανάλυση των προσομοιωμένων και των πραγματικών βίντεο που δόθηκαν σαν είσοδο στο σύστημα.
- Στο έκτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά των γενικών συμπερασμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας και κάποιες προτάσεις για μελλοντική εργασία για να γίνει το σύστημα πιο αποδοτικό και καλύτερο.

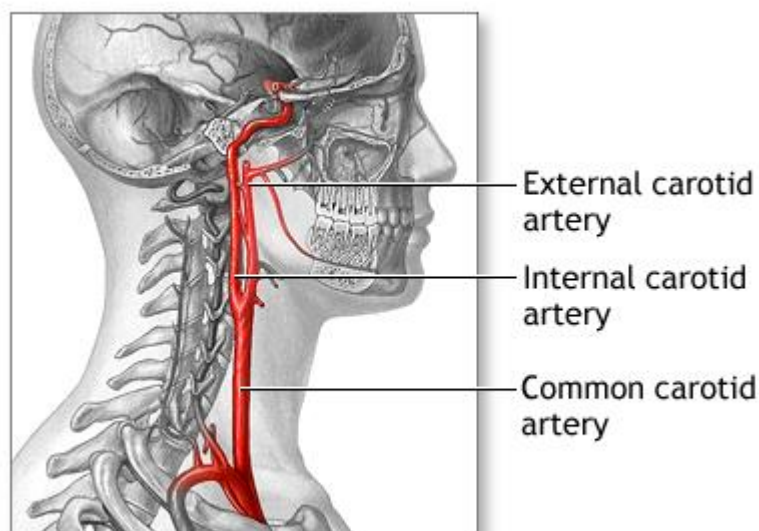
Κεφάλαιο 2

Θεωρητικό υπόβαθρο

2.1 Καρωτίδα	4
2.2 Σχετικές παθήσεις	5
2.3 Συμπτωματική και Ασυμπτωματική πλάκα	7
2.4 Υπέρηχοι	8

2.1 Καρωτίδα

Οι καρωτίδες αρτηρίες είναι δύο μεγάλα αιμοφόρα αγγεία, ένα σε κάθε πλευρά του λαιμού τα οποία τροφοδοτούν με αίμα (οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά) το πρόσθιο τμήμα του εγκεφάλου. Κάθε κοινή καρωτίδα χωρίζεται σε δύο κλάδους, τη έξω και την έξω. Η έξω καρωτίδα έχει πορεία προς το εσωτερικό του κρανίου και η έξω καρωτίδα έχει πορεία εξωτερικά. Πιο συγκεκριμένα, η εσωτερική καρωτίδα παρέχει αίμα στον εγκέφαλο, δηλαδή το τμήμα που ελέγχει τη σκέψη, την ομιλία, τη προσωπικότητα, της αισθητικότητα και την κινητικότητα του σώματος. Και η εξωτερική καρωτίδα παρέχει αίμα στο κεφάλι και τον λαιμό [2].



ADAM.

Σχήμα 2.1 Ανατομία Καρωτιδικής αρτηρίας [3]

2.2 Σχετικές παθήσεις

2.2.1 Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Το Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο (ΑΕΕ) αποτελεί την τρίτη αιτία θνησιμότητας παγκοσμίως, μετά το καρδιογενές επεισόδιο και τον καρκίνο, ενώ παράλληλα την κύρια αιτία μακροχρόνιας αναπηρίας και τη συνηθέστερη νευρολογική κατάσταση που απαιτεί νοσηλεία.

Ως Εγκεφαλικό Επεισόδιο, περιγράφεται μια ετερογενής ομάδα διαταραχών με κύριο γνώρισμα την παρουσία σημείων και συμπτωμάτων από το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα, που προκύπτουν είτε από ισχαιμία είτε από αιμορραγία. Το ΑΕΕ είναι ένα αιφνίδιο περιστατικό, το οποίο τις περισσότερες φορές έχει σαν επιπτώσεις μια διαρκή σωματική και γνωσιακή αναπηρία. Και αυτό λόγω αιφνίδιας διακοπής της αιμάτωσης του εγκεφάλου που έχει σαν αποτέλεσμα την βλάβη του εγκεφάλου και τη διακοπή της λειτουργίας του.

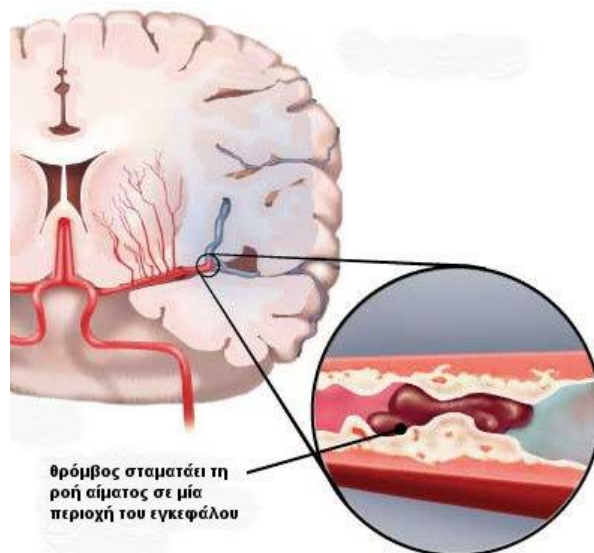
Το Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο μπορεί να είναι είτε Ισχαιμικό είτε Αιμορραγικό.

2.2.1.1 Ισχαιμικό Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Η λειτουργία των εγκεφαλικών κύτταρων απαιτεί συνεχή παροχή οξυγόνου και γλυκόζης μέσω της κυκλοφορίας του αίματος. Το Ισχαιμικό Εγκεφαλικό Επεισόδιο συμβαίνει όταν η παροχή αίματος σε τμήμα του εγκεφάλου σταματά, με αποτέλεσμα τα εγκεφαλικά κύτταρα να πεθαίνουν. Το αίμα μπορεί να διακοπεί κυρίως με δύο μηχανισμούς: την Θρόμβωση και την Εμβολή [9].

- **Θρόμβωση**

Η αιματική ροή προς τον εγκέφαλο αποφράσσεται λόγω θρόμβου σε ένα αγγείο που έχει υποστεί βλάβη από αρτηριοσκλήρυνση ή αθηρωμάτωση. Η αρτηριοσκλήρυνση ή αθηρωμάτωση είναι εκφυλιστική πάθηση των αρτηριών, η οποία προκαλείται λόγω δημιουργίας μιας πλάκας στο εσωτερικό τοίχωμα των αγγείων. Η πλάκα αυτή προκαλεί στένωση του αυλού της αρτηρίας και μικρορήξεις στο τοίχωμα, και έτσι ευνοεί την δημιουργία του θρόμβου με αποτέλεσμα να αποφραχθεί.



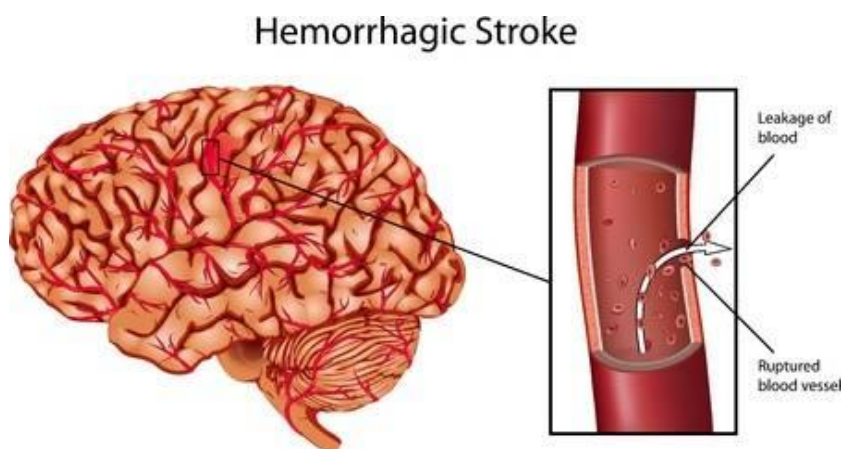
Εικόνα 2.2.1.1 Ο θρόμβος σταματάει τη ροή αίματος σε μια περιοχή του εγκεφάλου[6]

- **Εμβολή**

Η αιματική ροή ενός αγγείου προς τον εγκέφαλο αποφράσσεται από θρόμβο που δημιουργείται σε κάποιο άλλο σημείο του σώματος, συχνότερα στην καρδιά[6].

2.2.1.2 Αιμορραγικό Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Το Αιμορραγικό Εγκεφαλικό Επεισόδιο συμβαίνει όταν ένα αιμοφόρο αγγείο εντός ή εκτός του εγκεφάλου σπάσει, επιτρέποντας αίμα να διαφύγει στον εγκέφαλο. Λόγω αυτού, τα εγκεφαλικά κύτταρα αρχίζουν να βλάπτονται και έτσι σε μερικά λεπτά αρχίζουν να πεθαίνουν.

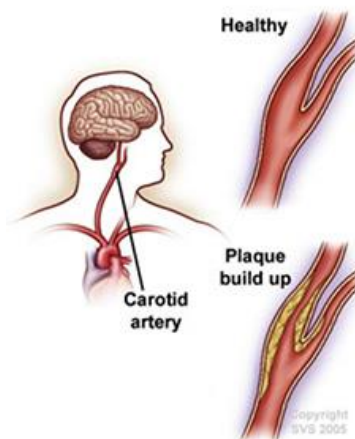


Εικόνα 2.2.1.2 Αιμορραγικό Εγκεφαλικό Επεισόδιο (αιμορραγία που προκαλείται εντός του εγκεφάλου) [4]

2.2.2 Καρωτιδική Νόσος

Η καρωτιδική νόσος είναι η στένωση ή απόφραξη των καρωτίδων αρτηριών και συνήθως αυτό οφείλεται στην ανάπτυξη της αθηρωματικής πλάκας που προκαλεί στένωση του αγγειακού αυλού. Στη νόσο αυτή υπάρχει ο κίνδυνος ρήξης της αθηρωματικής πλάκας και την δημιουργία τοπικού θρόμβου και συνεπώς την μείωση ή και την διακοπή αίματος σε περιοχή του εγκεφάλου. Με άλλα λόγια σταματά η παροχή του οξυγόνου και των θρεπτικών συστατικών μέσω του αίματος προς τον εγκέφαλο, τα εγκεφαλικά κύτταρα καταστρέφονται και έτσι αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση εγκεφαλικού επεισοδίου.

Ο κυριότερος παράγοντας, άρα, για την δημιουργία της καρωτιδικής νόσου είναι η αθηροσκλήρωση. Παράγοντες που βοηθούν στην αύξηση του κινδύνου και την εμφάνιση της καρωτιδικής νόσου είναι η μεγάλη ηλικία, η υψηλή χοληστερόλη, η υψηλή αρτηριακή πίεση, ο σακχαρώδης διαβήτης, το κάπνισμα, η παχυσαρκία και το οικογενειακό ιστορικό.



Εικόνα 2.2.2 Παρουσίαση φυσιολογικής καρωτίδας και του νόσου της καρωτίδας [5]

2.3 Συμπτωματική και Ασυμπτωματική Πλάκα

Οι καρωτιδικές πλάκες αντιπροσωπεύουν συμπτωματικές και ασυμπτωματικές αθηρωματικές πλάκες. Στην περίπτωση που η νόσος της καρωτίδας είναι συμπτωματική, τότε εκδηλώνονται προειδοποιητικά συμπτώματα του εγκεφαλικού επεισοδίου όπως είναι τα παροδικά ισχαιμικά επεισόδια. Με τα παροδικά ισχαιμικά επεισόδια εννοούμε την προσωρινή διακοπή της αιματικής ροής σε μια περιοχή του

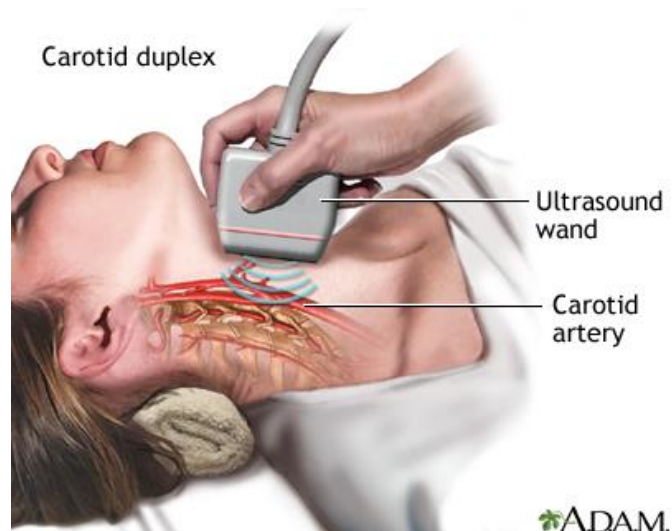
εγκεφάλου. Μπορεί να έχει διάρκεια μερικών δευτερολέπτων, ή μερικών ωρών, συνήθως όμως διαρκεί λιγότερο από 24 ώρες. Άλλα χαρακτηριστικά συμπτώματα είναι η παροδική απώλεια όρασης ενός ματιού με διάρκεια λίγων δευτερολέπτων, αδυναμία, παράλυση του άνω ή κάτω άκρου και η δυσαρθρία. Εάν τα συμπτώματα διαρκούν περισσότερο από 24 ώρες τότε η βλάβη στον εγκέφαλο, πολύ πιθανόν, να είναι μόνιμη. Όταν αυτά τα συμπτώματα οφείλονται σε σημαντική στένωση της καρωτίδας, δηλαδή η στένωση είναι μεγαλύτερη από 70%, τότε ο κίνδυνος να πάθει ο ασθενής σοβαρό και μόνιμο εγκεφαλικό επεισόδιο στους επόμενους 6 μήνες είναι υψηλός. Η νόσος της καρωτίδας μπορεί να είναι και ασυμπτωματική, δηλαδή κρυφή, και συνήθως εντοπίζεται τυχαία με εξετάσεις υπερήχου. Έρευνες έχουν δείξει ότι περίπου 5-10% του πληθυσμού άνω των 65 ετών έχει ασυμπτωματική νόσο της καρωτίδας με στενώσεις πάνω από 50% του αγγείου[6].

Ως συμπέρασμα από τα πιο πάνω, είναι σημαντικός ο ρόλος κατηγοριοποίησης της πλάκας του κάθε ασθενή και η συμβολή της ανάπτυξης ενός εργαλείου που θα βοηθά στην καλύτερη και ευκολότερη διάγνωση της.

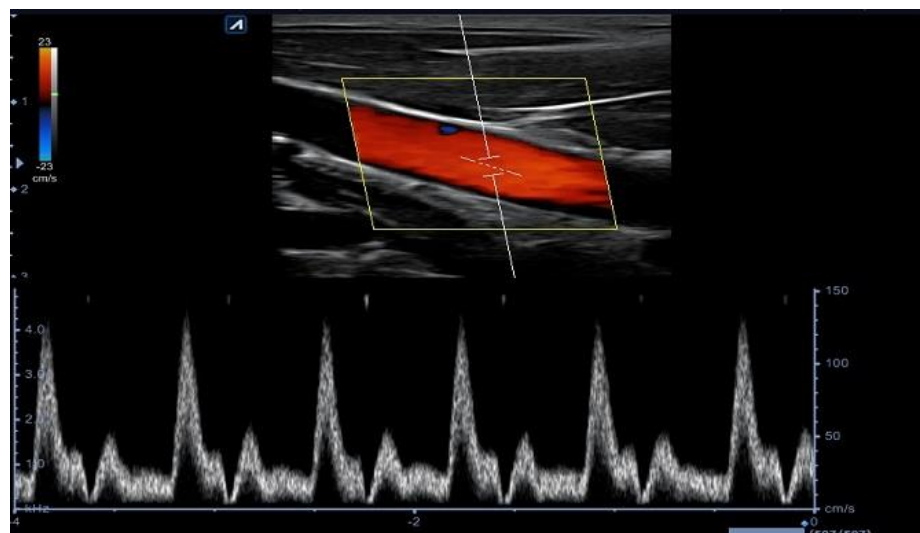
2.4 Υπέρηχοι

Οι υπέρηχοι είναι διαμήκη ελαστικά κύματα με συχνότητα μεγαλύτερη από 20 kHz που είναι το ανώτατο όριο της ανθρώπινης ακοής. Οι υπέρηχοι έχουν σημαντική προσφορά στην διαγνωστική ιατρική με ένα ευρύτατο φάσμα εφαρμογών στην Μαιευτική, στην Παθολογία και την Καρδιολογία. Η χρήση τους δεν ενέχει κινδύνους είτε για τους εξεταζόμενους είτε για το ιατρικό προσωπικό, αλλά είναι μια ανώδυνη εξέταση, η οποία προσφέρει απεικόνιση διαφόρων οργάνων του σώματος. Με το υπερηχογράφημα, δηλαδή με ηχητικό κύμα υψηλής συχνότητας, γίνεται η καταγραφή της αντανακλώμενης ηχώ και η μετατροπή της σε ψηφιακή εικόνα.

Για την μελέτη των καρωτίδων χρησιμοποιείται το έγχρωμο υπερηχογράφημα αγγείων (triplex), κατά την οποία ελέγχεται η μορφολογία του αγγειακού αυλού και η ροή του αίματος μέσα σε αυτόν [10]. Έτσι, ο ιατρός μπορεί να εκτιμήσει το βαθμό αθηρωματώσεως του αγγειακού τοιχώματος, την ύπαρξη ή όχι του στενώσεων του αγγειακού αυλού και τις μεταβολές τις οποίες υφίσταται η ροή του αίματος λόγω των στενώσεων.



Εικόνα 2.3.1 Εικόνα εξέτασης με έγχρωμο υπερηχογράφημα αγγείων [7]



Εικόνα 2.3.2 Εικόνα που τραβήχτηκε από έγχρωμο υπερηχογράφημα καρωτίδας [8]

Κεφάλαιο 3

Ανασκόπηση Υπάρχοντος συστήματος και σχετικών τεχνολογιών

3.1 Ανασκόπηση υπάρχοντος συστήματος επεξεργασίας καρωτιδικού υπερηχογραφήματος	10
3.2 Ανασκόπηση εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν	11
3.3 Αλγόριθμοι εκτίμησης κίνησης	15

3.1 Ανασκόπηση υπάρχοντος συστήματος επεξεργασίας καρωτιδικού υπερηχογραφήματος

Η διπλωματική εργασία είναι βασισμένη σε υπάρχον σύστημα, το οποίο μπορεί να εγκατασταθεί στον ηλεκτρονικό υπολογιστή του επαγγελματία υγείας και να το χρησιμοποιήσει. Το υπάρχον σύστημα μπορεί να διευκολύνει το γιατρό στην ανάλυση υπερηχογραφήματος μιας καρωτιδικής πλάκας κατά την διάρκεια ενός καρδιακού κύκλου. Το σύστημα είναι υλοποιημένο στη γλώσσα προγραμματισμού Matlab, ενσωματώνοντας την βιβλιοθήκη οπτικής ροής που χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο του Farneback. Σκοπός του συστήματος είναι η εκτίμησης της κίνησης της αθηρωματικής πλάκας χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο αυτό, και βάση αυτής να αποφανθεί ο γιατρός αν η πλάκα είναι αθηρωματική ή όχι. Οι βασικές λειτουργίες του συστήματος είναι οι εξής:

- Ανάλυση βίντεο B-mode υπερηχογραφήματος καρωτιδικής αρτηρίας
- Εξέταση της κίνησης της πλάκας κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού κύκλου
- Εξαγωγή στατιστικών στοιχείων σχετικά με την κίνησή της της καρωτιδικής πλάκας

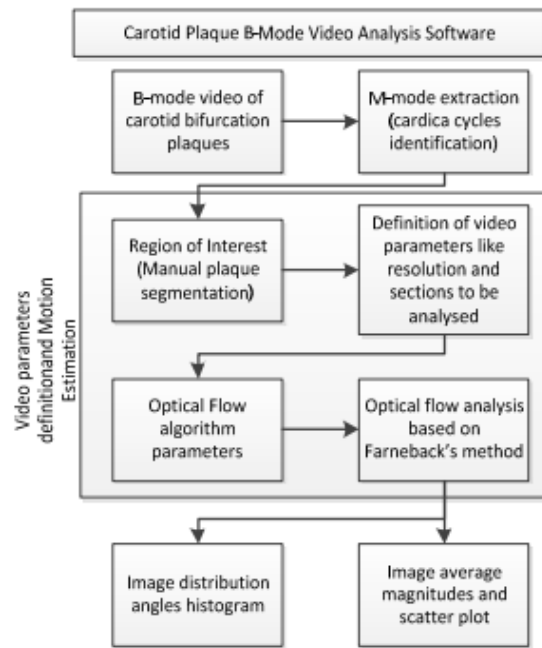


Figure 1. Block diagram of the proposed system

Εικόνα 3.1 Τα κύρια στοιχεία του υπάρχον συστήματος [10]

Το σύστημα αποθηκεύει τις πληροφορίες και τα δεδομένα σε φακέλους τοπικά στον ηλεκτρονικό υπολογιστή του ιατρού. Δεν χρησιμοποιείται βάση δεδομένων για αποθήκευση, επεξεργασία και ανάκτηση των δεδομένων του ασθενή, καθώς και τα δεδομένα δεν μπορούν να ανακτηθούν από τον ίδιο γιατρό σε διαφορετικό υπολογιστή. Προσθέτοντας τις λειτουργίες της παρούσα εργασίας στο υπάρχον διαδικτυακό σύστημα που είναι υλοποιημένο σε γλώσσα προγραμματισμού Python, το σύστημα θα μπορεί να αποθηκεύει τα δεδομένα που αφορούν τις λειτουργίες σε μια βάση δεδομένων και θα χρησιμοποιεί τη σύγχρονη τεχνολογία και διαδίκτυο για την εύκολη και αποδοτική χρήση του. Τα ιατρικά δεδομένα είναι σημαντικό να είναι άμεσα προσβάσιμα από οπουδήποτε και οποτεδήποτε.

3.2 Ανασκόπηση εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν

3.3.1 Γλώσσα προγραμματισμού Python

Η Python είναι μια δυναμική, υψηλού επιπέδου γλώσσα προγραμματισμού. Διαθέτει αποδοτικές δομές δεδομένων υψηλού επιπέδου και υποστηρίζει, μια απλή αλλά συνάμα

αρκετά αποτελεσματική προσέγγιση στον αντικειμενοστρεφή προγραμματισμό. Υποστηρίζει και άλλες γνωστές προγραμματιστικές προσεγγίσεις, όπως είναι ο διαδικαστικός και ο συναρτησιακός προγραμματισμός. Διαθέτει πληθώρα έτοιμων βιβλιοθηκών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα και άμεσα, όπως η OpenCV. Ο κώδικας υψηλού επιπέδου γλώσσας προγραμματισμού πρέπει να μετατραπεί σε γλώσσα μηχανής ώστε να εκτελεστεί μέσω των διερμηνέων και τους μεταγλωττιστές. Στην περίπτωση της Python η επεξεργασία γίνεται από διερμηνευτή. Επίσης, οι διερμηνείς της Python μπορούν να εγκατασταθούν σε πολλά λειτουργικά συστήματα. Η γλώσσα προγραμματισμού Python παρέχεται δωρεάν και είναι ανοιχτού κώδικα γλώσσα. Για τον λόγο αυτό, επιτρέπεται η ανάγνωση και η τροποποίηση του πηγαίου κώδικα. Επομένως, είναι δυνατόν οποιοσδήποτε επιθυμεί να δημιουργήσει πακέτα ή άλλα εργαλεία λογισμικού που επεκτείνουν τη γλώσσα.

3.3.1.1 Διαφορές Python και Matlab

Η Matlab (matrix laboratory) είναι ένα περιβάλλον αριθμητικής υπολογιστικής και μια προγραμματιστική γλώσσα. Αποθηκεύει και κάνει τις πράξεις με βάση την άλγεβρα μητρών. Αποτελεί εξειδικευμένη γλώσσα προγραμματισμού, διότι αναπτύχθηκε κυρίως για τη διεξαγωγή επιστημονικών υπολογισμών. Συνεπώς, θεωρείται ελλιπής προγραμματιστική γλώσσα για τη σύγχρονη εποχή, καθώς δεν υποστηρίζει την ανάπτυξη άλλου είδους εφαρμογής. Οι αναπτυσσόμενες εφαρμογές απαιτούν περισσότερο χρόνο εκτέλεσης σε σύγκριση με την εκτέλεση σε κάποια καθαυτού γλώσσα προγραμματισμού. Η Matlab είναι κλειστού κώδικα, με αποτέλεσμα πολλοί από τους αλγόριθμους να είναι ιδιόκτητοι και να μην υπάρχει η δυνατότητα να δεις πως έχει εφαρμοστεί ο κώδικας, καθώς και η τροποποίηση του κώδικα για επέκταση της λειτουργικότητας του. Ακόμη, δεν παρέχεται δωρεάν και διαθέτει ακριβές άδειες, αφού η κάθε βιβλιοθήκη διαθέτει άδεια ξεχωριστά.

3.3.2 Διαδικτυακό Πλαίσιο Django

Το Django είναι υψηλού επιπέδου διαδικτυακό πλαίσιο και χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό ασφαλών και διαδικτυακών εφαρμογών. Προσφέρει βιβλιοθήκες και

τεχνολογίες ασφάλειας και κάνει χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Python. Το διαδικτυακό πλαίσιο αυτό είναι δωρεάν και ανοικτού κώδικα.

3.3.3 Περιβάλλον Ανάπτυξης PyCharm

Το PyCharm Community Edition, είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών με την γλώσσα προγραμματισμού Python. Προσφέρει μία πληθώρα χαρακτηριστικών και λειτουργιών, δημιουργώντας ένα εύκολο περιβάλλον για την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών.

3.3.4 Διαδικτυακά Εργαλεία HTML, CSS, JavaScript

Η HTML(Hypertext Markup Language) είναι μια γλώσσα σήμανσης. Σημάνσεις σε μέρη ενός αρχείου για να δείξει πως θα εμφανίζονται σε μια οθόνη. Αποτελείται από ένα σύνολο ετικετών σήμανσης που χρησιμοποιούνται από τους φυλλομετρητές ιστού για να ερμηνεύσουν το περιεχόμενο μιας σελίδας.

Το CCS (Cascading Style Sheets) αφορούν την τεχνοτροπία της σελίδας. Βρίσκεται ενσωματωμένο στην HTML σελίδα ή σε χωριστό αρχείο. Βοηθά στην μορφοποίηση της σελίδας, στην ομοιόμορφη εμφάνιση πολλών σελίδων σε ένα διαδικτυακό τόπο και στη διαμόρφωση περισσότερων χαρακτηριστικών, χρωμάτων, κοκ.

Η JavaScript είναι μία γλώσσα προγραμματισμού υπολογιστών που επιτρέπει τον έλεγχο μιας ιστοσελίδας. Ο κώδικας της εκτελείται από τον επεξεργαστή του χρήστη, αντί του εξυπηρετητή ιστού, εξοικονομώντας έτσι εύρος ζώνης και περιορίζοντας την υπερφόρτωση του εξυπηρετητή, είναι δηλαδή μια γλώσσα client-side. Ακόμη, σχετικά είναι γρήγορη για τον τελικό χρήστη γιατί δεν χρειάζεται οι επισκέπτες να συμπληρώσουν μία ολόκληρη φόρμα και να την υποβάλουν, για να μάθουν πως υπάρχει κάποιο τυπογραφικό λάθος στο πρώτο πεδίο και ότι θα πρέπει να συμπληρώσουν ολόκληρη τη φόρμα ξανά. Με τη JavaScript, κάθε πεδίο μπορεί να επαληθεύεται καθώς συμπληρώνεται από τους χρήστες, γεγονός που παρέχει άμεση ανατροφοδότηση, όταν αυτοί κάνουν κάποιο λάθος. Για την εργασία αυτή, κάτι τέτοιο χρειάζεται σίγουρα γιατί ο γιατρός ο οποίος είναι χρήστης του συστήματος έχει άμεση αλληλεπίδραση. Θα είναι αυτός που θα δίνει εισόδους και παραμέτρους που αργότερα θα είναι απαραίτητες πληροφορίες για την εξαγωγή μετρήσεων και αποτελεσμάτων.

3.3.5 Ubuntu Server

Θα χρησιμοποιηθεί ο Ubuntu Server, ο οποίος είναι βασισμένος στον πυρήνα του λειτουργικού συστήματος Linux. Με αυτόν το σύστημα θα μπορεί να δουλεύει σε οποιοδήποτε υπολογιστή.

3.3.6 Βάση Δεδομένων MySql

Η MySQL είναι μία γλώσσα προγραμματισμού για Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (DBMS). Προκειμένου τα DBMS να μπορούν να έχουν κάποιους κοινούς άξονες αναφοράς έχει αναπτυχθεί η γλώσσα SQL (Structured Query Language) η οποία επιτρέπει μέσα από ένα σύστημα εντολών, την προσπέλαση των δομημένων δεδομένων που περιέχει ένα DBMS. Η MySQL είναι μία έκδοση της γλώσσας SQL και ένα MySQL DBMS είναι ένα σύστημα που δέχεται εντολές της MySQL. Αποτελεί ελεύθερο λογισμικό που μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς.

Για τη δημιουργία ενός διαδικτυακού συστήματος, που επεξεργάζεται και αποθηκεύει δεδομένα και μετρήσεις είναι απαραίτητη η χρήση μιας βάσης δεδομένων. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας είναι σημαντικό να υπάρχει βάση δεδομένων για την αποτελεσματική αποθήκευση των πληροφοριών των ασθενών και των γιατρών που θα έχουν πρόσβαση στο σύστημα, καθώς πληροφορίες, υπερηχογραφήματα, μετρήσεις και αποτελέσματα των ασθενών. Έτσι, ο γιατρός θα μπορεί να παρακολουθεί τον ιατρικό φάκελο των ασθενών του σε πραγματικό χρόνο. Θα υπάρξει η μεγάλη δυνατότητα αρχειοθέτησης του υψηλού όγκου πληροφορίας, με παράλληλη δυνατότητα έρευνας και ανάκτησης σε ελάχιστο χρόνο.

3.3 Αλγόριθμοι εκτίμησης κίνησης

Σήμερα, οι διάφορες προσεγγίσεις για εκτίμηση της κίνησης ποικίλουν όσο αφορά την αποδοτικότητα, την αποτελεσματικότητα και το πεδίο εφαρμογής στο οποίο θα χρησιμοποιηθούν. Διάφορες προσεγγίσεις αλγορίθμων μπορούν να βοηθήσουν στην μελέτη και τον χαρακτηρισμό αθηρωματικών πλακών και συνεπώς στην αξιολόγηση της καρωτιδικής νόσου. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα χρησιμοποιηθεί αλγόριθμος ανάλυσης κίνησης ο οποίος βασίζεται στην μέθοδο οπτικής ροής σε ακολουθίες εικόνων υπερήχων. Οι αλγόριθμοι ανάλυσης ροής χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της κίνησης αντικειμένων μεταξύ δύο ή περισσότερων πλαισίων του βίντεο. Πιο συγκεκριμένα, οι αλγόριθμοι ανάλυσης ροής ανιχνεύουν τη κίνηση αντικειμένων και προσδιορίζουν για κάθε σημείο του πλαισίου ένα διάνυσμα ταχύτητας. Έχοντας τα διανύσματα ταχύτητας, μπορούμε να υπολογίσουμε το μέτρο, την ταχύτητα και την κατεύθυνση του κάθε σημείου στα πλαίσια του βίντεο εισόδου.

Με την εκτίμηση της κίνησης της αθηρωματικής πλάκας θα μπορεί ο γιατρός να αποφανθεί αν είναι παθολογική ή όχι και επίσης να διεξάγει κάποια συμπεράσματα όσο αφορά τη κίνηση της. Επιλέξαμε την μέθοδο της οπτικής ροής γιατί επιστρέφει συγκριτικά καλύτερα αποτελέσματα.

3.3.1 Οπτική ροή

Η οπτική ροή είναι θεμελιώδης έννοια της κίνησης, αλλά παρ' όλα αυτά διαφορετική. Η οπτική ροή είναι η στιγμιαία κίνηση της έντασης της εικόνας. Δηλαδή μετακινείται η φωτεινότητα ενός αντικειμένου από το ένα frame στο άλλο. Αυτό δεν είναι το ίδιο με την κίνηση των αντικειμένων που είναι μέσα στην εικόνα. Μπορούμε να πούμε ότι η κίνηση της εικόνας δεν είναι η κίνηση αντικειμένων, στην περίπτωση της οπτικής ροής. Μια περίπτωση οπτικής ροής χωρίς κίνηση αντικειμένου, είναι μια «off-camera» μεταβλητή πηγής φωτός (που μπορεί να κινείται) και φωτίζει ένα σταθερό αντικείμενο. Ακόμα μια περίπτωση τέτοιου είδους μπορεί να είναι μια αντανακλώμενη σφαίρα που γυρίζει. Η οπτική ροή μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι όλες οι πληροφορίες κίνησης που δίνει μια εικόνα. Οι μέθοδοι εκτίμησης κίνησης που θα δούμε στο επόμενο υποκεφάλαιο εξαρτώνται από αυτή. Οι τεχνικές της οπτικής ροής βασίζονται στην

υπόθεση ότι η ένταση (φωτεινότητα) των εικονοστοιχείων σε μια ακολουθία εικόνων δεν αλλάζει.

3.3.2 Αλγόριθμοι οπτικής ροής

Στο υποκεφάλαιο θα γίνει επισκόπηση των υφιστάμενων μεθόδων οπτικής ροής.

Γενικά οι μέθοδοι οπτικής ροής μπορούν να ομαδοποιηθούν σε κατηγορίες όπως είναι οι τεχνικές βάθμωσης (Horn-Schunck), τεχνικές με βάση το ταίριασμα χαρακτηριστικών (Lucas-Kanade), τεχνικές που βασίζονται στον υπολογισμό ενέργειας της εικόνας και στην ελαχιστοποίηση του αντίστοιχου συναρτησιακού(Heeger) και τεχνικές φάσης (Fleet - Jepson). Οι αλγόριθμοι, στους οποίους θα γίνει η μελέτη είναι οι εξής:

- Μέθοδος Lucas-Kanade
- Μέθοδος Horn-Schunck
- Μέθοδος Farneback

3.3.2.1 Μέθοδος Lucas-Kanade

Η μέθοδος του Lucas-Kanade είναι μια από τις πιο γνωστές μεθόδους για την εκτίμηση κίνησης μεταξύ δύο πλαισίων ενός βίντεο. Η γενική ιδέα της μεθόδους είναι ότι οι δυο διαδοχικές εικόνες διαφέρουν πολύ λίγο χρονικά μεταξύ τους, με αποτέλεσμα η μετατόπιση και η ταχύτητα ενός σημείου σε μια γειτονιά να είναι σχεδόν ίδια. Επιπλέον, οι εικόνες περιέχουν διαφορετικά επίπεδα φωτεινότητας αποχρώσεων του γκρι τα οποία αλλάζουν ομαλά. Έτσι, ο αλγόριθμος δεν χρησιμοποιεί τη δεύτερη εικόνα εισόδου για να εντοπίσει τη μετατόπιση από τη πρώτη εικόνα αλλά κάνει μια πρόβλεψη για το ποια κατεύθυνση έχουν μετακινηθεί τα σημεία στη δεύτερη εικόνα. Η μέθοδος του Lucas-Kanade ανήκει στην κατηγορία των διαφορικών μεθόδων γιατί βασίζεται σε προσέγγιση Taylor του φωτεινού σήματος της εικόνας, και συνεπώς χρησιμοποιούν μερικές παραγώγους στο χώρο και στο χρόνο[12]. Σε κάθε βήμα εκτιμά την οπτική ροή σε ένα μπλοκ της εικόνας.

Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι γίνεται γρήγορος υπολογισμός των διανυσμάτων κίνησης όταν υπάρχει καθορισμένο μέγεθος γειτονιών.

Ένα μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι υπάρχουν σφάλματα στον υπολογισμό της κίνησης αντικειμένων που κινούνται αργά, αφού έτσι θα υπάρχει ελάχιστη μετατόπιση των αντικειμένων μεταξύ δύο ή περισσότερων πλαισίων[13].

3.3.2.2 Μέθοδος Horn-Schunck

Η μέθοδος εκτίμησης της οπτικής ροής των Horn-Schunck είναι μία καθολική τεχνική. Δηλαδή εκτιμά την οπτική ροή σε ολόκληρη την εικόνα με επαναληπτικό τρόπο, και όχι σε ένα μπλοκ της εικόνας. Πρέπει να υπάρχει μια ομαλότητα στην μεταβολή της οπτικής ροής σε ολόκληρη σχεδόν την εικόνα. Δηλαδή, η οπτική ροή να αλλάζει αργά και να μην υπάρχουν ασυνέχειες στη κίνηση. Η μέθοδος αυτή, υποθέτει ότι η φαινομενική ταχύτητα του μοτίβου της φωτεινότητας μεταβάλλεται ομαλά σχεδόν παντού στην εικόνα.

Πλεονέκτημα της μεθόδου του Horn και Schunck είναι ότι αποδίδει υψηλή πυκνότητα φορέων ροής, δηλαδή οι πληροφορίες ροής που λείπουν από κάποιο αντικείμενο μπορούν να βρεθούν από τους περιορισμούς κίνησης.

Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι είναι πιο ευαίσθητη στον θόρυβο από τις τοπικές μεθόδους, διότι γίνεται εκτίμηση της οπτικής ροής σε ολόκληρη την εικόνα και, επίσης, δεν ισχύει η διατήρηση σταθερής έντασης σε όλη την εικόνα.

3.3.2.3 Μέθοδος Farneback

Η μέθοδος Farneback βασίζεται στον αλγόριθμο εκτίμησης κίνησης δύο πλαισίων (Two – Frame motion estimation). Υπολογίζει την οπτική ροή για όλα τα σημεία του πλαισίου. Η μέθοδος αυτή, αρχικά, προσεγγίζει κάθε γειτονία των δύο πλαισίων που δίνονται κάθε φορά σαν είσοδο με τετραγωνικά πολυώνυμα, χρησιμοποιώντας το πολυωνυμικό μετασχηματισμό. Η ιδέα της επέκτασης του πολυωνύμου είναι να προσεγγίσουμε κάποια γειτονία από εικονοστοιχεία με ένα πολυώνυμο[14]. Ενδιαφερόμαστε μόνο για τετραγωνικά πολυώνυμα, δίνοντας μας το τοπικό μοντέλο σήματος το οποίο εκφράζεται σε ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων:

$$f(x) \sim x^T A x + b^T x + c \quad (1),$$

όπου το A είναι ένας συμμετρικός πίνακας, b είναι ένα διάνυσμα και c είναι ένα βαθμωτό.

Δεδομένου ότι το αποτέλεσμα της πολωνυμικής επέκτασης είναι ότι κάθε γειτονιά προσεγγίζεται με ένα πολυώνυμο έχουμε την παρακάτω ανάλυση:

Αρχικά έχουμε το πολυώνυμο:

$$f_1(x) \sim x^T A_1 x + b_1^T x + c_1 \quad (2),$$

και κατασκευάζουμε ένα νέο σήμα f_2 με μια μετατόπιση d ,

$$f_2(x) = f_1(x - d) = (x - d)^T A_1 (x - d) + b_1^T (x - d) + c_1 \quad (3)$$

$$= x^T A_1 x + (b_1 - 2A_1 d)^T x + d^T A_1 d - b_1^T d + c_1$$

$$= x^T A_2 x + b_2^T x + c_2$$

Εξισώνοντας τους συντελεστές των τετραγωνικών πολυωνύμων έχουμε:

$$A_2 = A_1, \quad (4)$$

$$b_2 = b_1 - 2A_1 d, \quad (5)$$

$$c_2 = d^T A_1 d - b_1^T d + c_1 \quad (6)$$

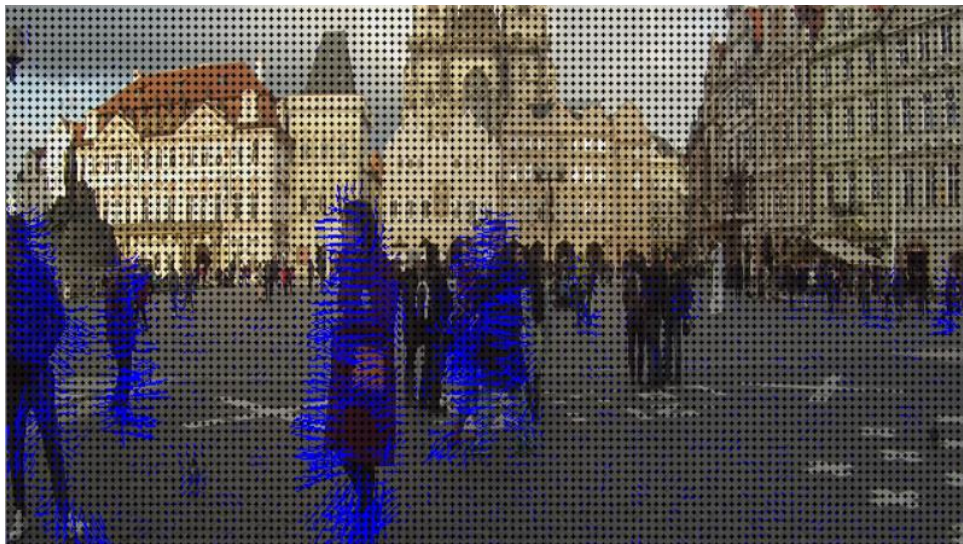
Χρησιμοποιώντας την εξίσωση (5) μπορούμε να λύσουμε ως προς τη μετατόπιση d , εάν το A_1 είναι μοναδικό. Άρα, παίρνουμε:

$$2A_1 d = -(b_2 - b_1) \quad (7)$$

$$d = -1/2 (A_1^{-1} (b_2 - b_1)) \quad (8)$$

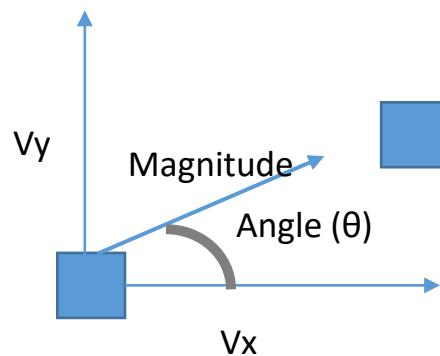


Εικόνα 3.3.2.3 (α) Παράδειγμα εκτίμησης της οπτικής ροής μέσω του αλγορίθμου του Farneback [12]



Εικόνα 3.3.2.3 (β) Παράδειγμα υπολογισμού των διανυσμάτων κίνησης μέσω του αλγορίθμου του Farneback [15]

Δίνοντας σαν είσοδο δύο διαδοχικά πλαίσια στον αλγόριθμο του Farneback, παίρνουμε σαν έξοδο ένα πίνακα ο οποίος έχει ίδιο μέγεθος με τα πλαίσια που δίνονται στην είσοδο. Κάθε στοιχείο του πίνακα είναι ένα σημείο το οποίο αντιπροσωπεύει την μετατόπιση του σημείου αυτού από το προηγούμενο πλαίσιο, δηλαδή τη μετατόπιση του σημείου αυτού από το πρώτο πλαίσιο που δόθηκε στην είσοδο προς το δεύτερο πλαίσιο. Αυτό σημαίνει ότι παίρνουμε ένα σημείο με τιμές x και y (σε μονάδες pixel) που μας δίνουν το Δx και το Δy από το δεύτερο πλαίσιο. Με άλλα λόγια ο πίνακας εξόδου του αλγορίθμου μας δίνει την οπτική ροή και για να δούμε την κίνηση των σημείων της εικόνας, αφαιρούμε την διαφορά της απόστασης x και y . Με βάση τα αποτελέσματα των παραμέτρων της κίνησης μπορούμε πάρουμε την γωνιά και την απόσταση του διανύσματος κίνησης με σκοπό να δούμε την κατεύθυνση των διανυσμάτων κίνησης.



Εικόνα 3.3.2.3 (γ) Τα αποτελέσματα των παραμέτρων της κίνησης

Ρυθμίζοντας διάφορες παραμέτρους του αλγορίθμου, μπορούμε να πάρουμε καλύτερα αποτελέσματα βάση του βίντεο που δίνουμε στην είσοδο ή το είδος της κίνησης. Οι παράμετροι αυτοί θα αναλυθούν σε επόμενο υποκεφάλαιο.

Κεφάλαιο 4

Υλοποίηση

4.1 Βήματα Υλοποίησης	21
4.1.1 Επιλογή Αλγορίθμου Ανάλυσης ροής	21
4.1.2 Δημιουργία προσομοιωμένων βίντεο	22
4.1.3 Δημιουργία περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης	24
4.1.4 Υλοποίηση λειτουργιών	27
4.1.4.1 Λειτουργία φόρτωσης του βίντεο	28
4.1.4.2 M-mode image extraction	28
4.1.4.3 Υπολογισμός των διανυσμάτων κίνησης της περιοχής ενδιαφέροντος	30
4.1.4.4 Εξαγωγή του πολικού διαγράμματος	32
4.1.5 Έλεγχος με πραγματικά βίντεο	33

4.1 Βήματα Υλοποίησης

4.1.1 Επιλογή Αλγορίθμου Ανάλυσης ροής

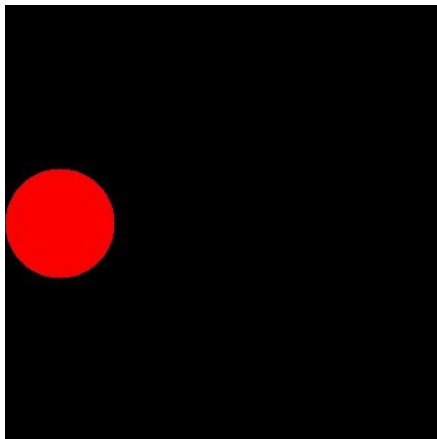
Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το σύστημα αυτό έχει ως σκοπό την εκτίμηση της κίνησης δύο πλαισίων αθροισματικής πλάκας. Για την υλοποίηση του συστήματος χρειάστηκε να ακολουθήσουμε κάποια βήματα. Πρώτα από όλα, χρειάστηκε να γίνει μια μελέτη όσο αφορά τους αλγορίθμους ανάλυσης ροής. Η μελέτη των αλγορίθμων αυτών αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στον παρόν σύστημα επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τον αλγόριθμο του Farneback, αφού οπτικά έχουμε επιβεβαιώσει ότι είναι καλύτερη, αφού σαν είσοδο παίρνει δυο διαδοχικά πλαίσια του βίντεο και κάθε σημείο προσεγγίζεται σαν ένα πολυώνυμο. Ένα πλεονέκτημα του αλγορίθμου αυτού είναι ότι μπορεί να υπολογιστεί η κίνηση μεταξύ δύο οποιοδήποτε πλαισίων του βίντεο,

σε αντίθεση με την μέθοδο του Horn and Schunck που εκτιμά σε ολόκληρη την εικόνα την οπτική ροή με επαναληπτικό τρόπο και ταυτόχρονα σε αντίθεση με την μέθοδο του Lucas Kanade που σε κάθε βήμα εκτιμά την οπτική ροή σε ένα μπλοκ της εικόνας.

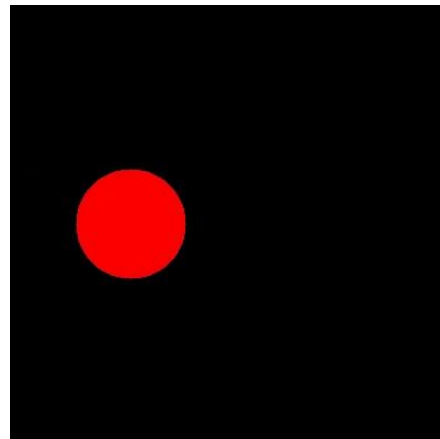
4.1.2 Δημιουργία προσομοιωμένων βίντεο

Στα αρχικά στάδια της υλοποίησης της διπλωματικής εργασίας, χρειάστηκε να δημιουργηθούν κάποια βίντεο με προσομοιωμένη και καθορισμένη κίνηση της πλάκας. Τα προσομοιωμένα βίντεο μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι τα συμφωνημένα βίντεο (concordant), δηλαδή βίντεο στα οποία η κίνηση της δομής είναι προς μια κατεύθυνση ή αλλιώς ομοιογενή κίνηση, και η δεύτερη κατηγορία είναι τα ασυμβίβαστα βίντεο (discordant), δηλαδή βίντεο στα οποία η κίνηση των δομών είναι προς διαφορετική κατεύθυνση ή αλλιώς ανομοιογενή κίνηση. Τα προσομοιωμένα βίντεο που δημιουργήθηκαν είναι ίδιων διαστάσεων, 400x400 pixels, και έχουν frame rate ίσο με 30. Σαν δομή και στα τρία βίντεο χρησιμοποιήθηκε ένας κύκλος ο οποίος έχει ακτίνα ίση με 50.

Στο πρώτο βίντεο, ο κύκλος μετακινείται με ομοιογενή κίνηση προς τα δεξιά. Κάθε φορά, δηλαδή μετακινούμε το κέντρο του σε άλλο σημείο.



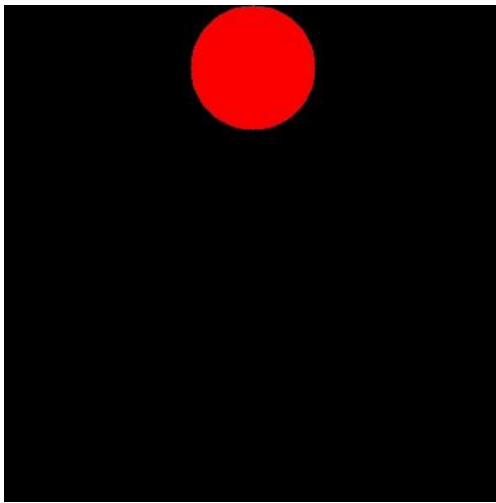
(α) frame 1



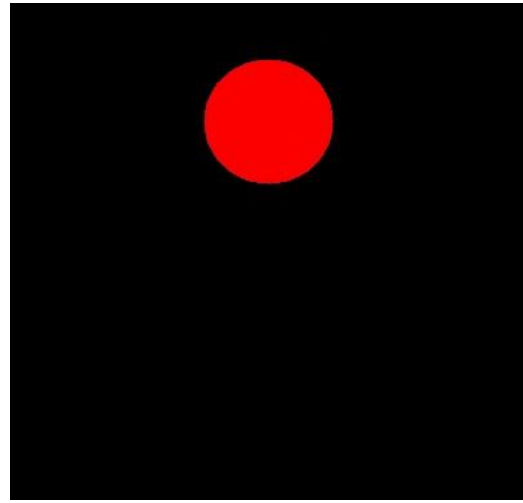
(β) frame 6

Οι δύο παραπάνω εικόνες αντιστοιχούν σε δύο frames του προσομοιωμένου βίντεο. Η πρώτη εικόνα (α) αντιστοιχεί στο πρώτο frame του βίντεο και η δεύτερη εικόνα (β) αντιστοιχεί στο έκτο frame του βίντεο.

Στο δεύτερο βίντεο, ο κύκλος μετακινείται με ομοιογενή κίνηση προς τα κάτω.



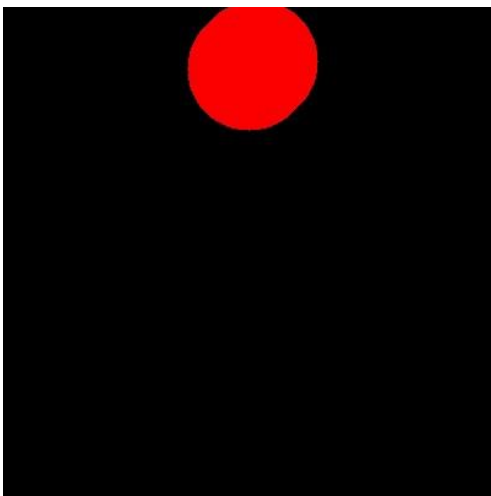
(α) frame 1



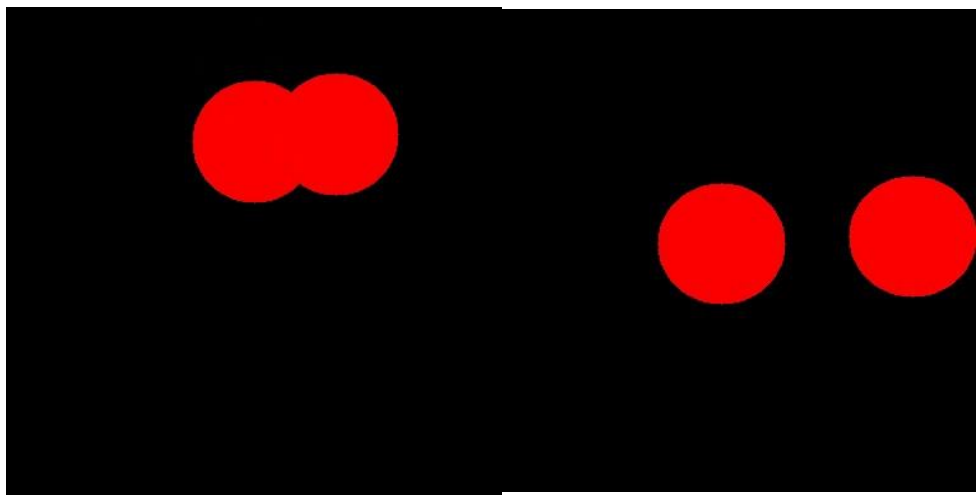
(β) frame 4

Οι δύο παραπάνω εικόνες αντιστοιχούν σε δύο frames του δεύτερου προσομοιωμένου βίντεο. Η πρώτη εικόνα (α) αντιστοιχεί στο πρώτο frame του βίντεο και η δεύτερη εικόνα (β) αντιστοιχεί στο τέταρτο frame του βίντεο.

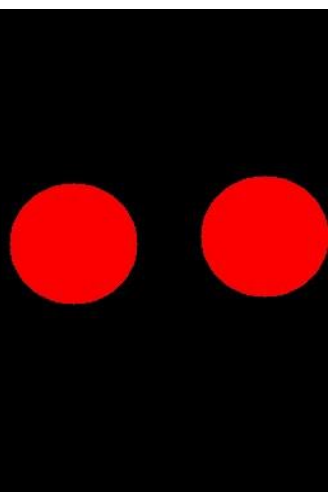
Στο τρίτο βίντεο, χρησιμοποιήθηκαν δύο κύκλοι οι οποίοι κινούνται με διαφορετική κατεύθυνση. Ο πρώτος κύκλος μετακινείται ευθεία προς τα κάτω και ο δεύτερος κύκλος μετακινείται πλαγίως προς τα κάτω. Στο βίντεο αυτό, δηλαδή, έχουμε ανομοιογενή κίνηση.



(α) frame 1



(β) frame 11



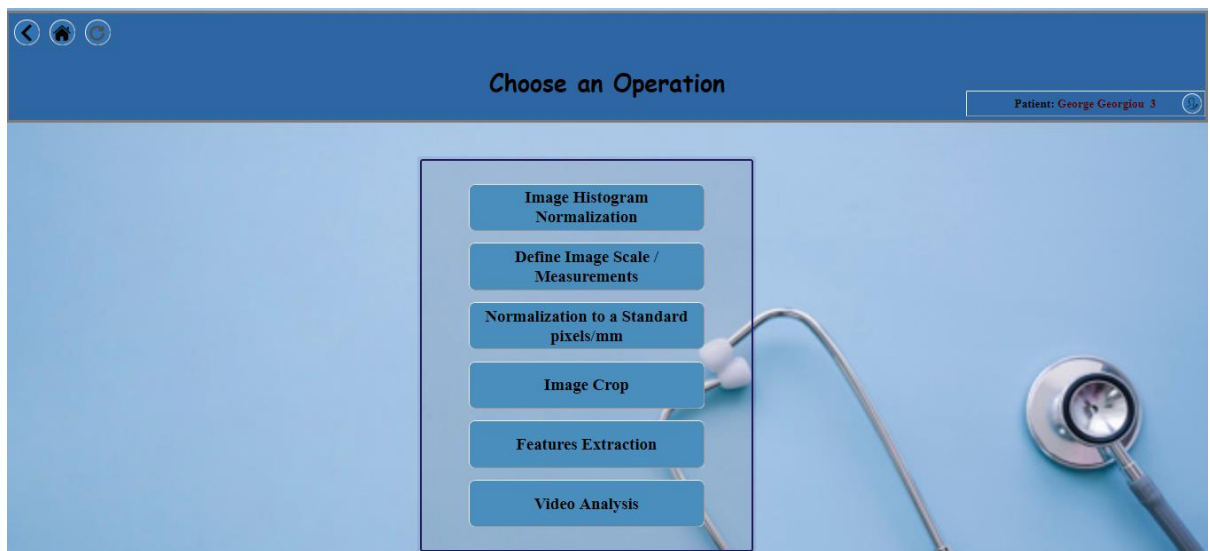
(γ) frame 25

Οι τρεις παραπάνω εικόνες αντιστοιχούν σε τρία frames του τρίτου προσομοιωμένου βίντεο. Η πρώτη εικόνα (α) αντιστοιχεί στο πρώτο frame του βίντεο, η δεύτερη εικόνα (β) αντιστοιχεί στο εντέκατο frame του βίντεο και η τρίτη εικόνα στο 25^ο frame.

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν τα βίντεο αυτά για να ελέγξουμε την κίνηση της δομής.

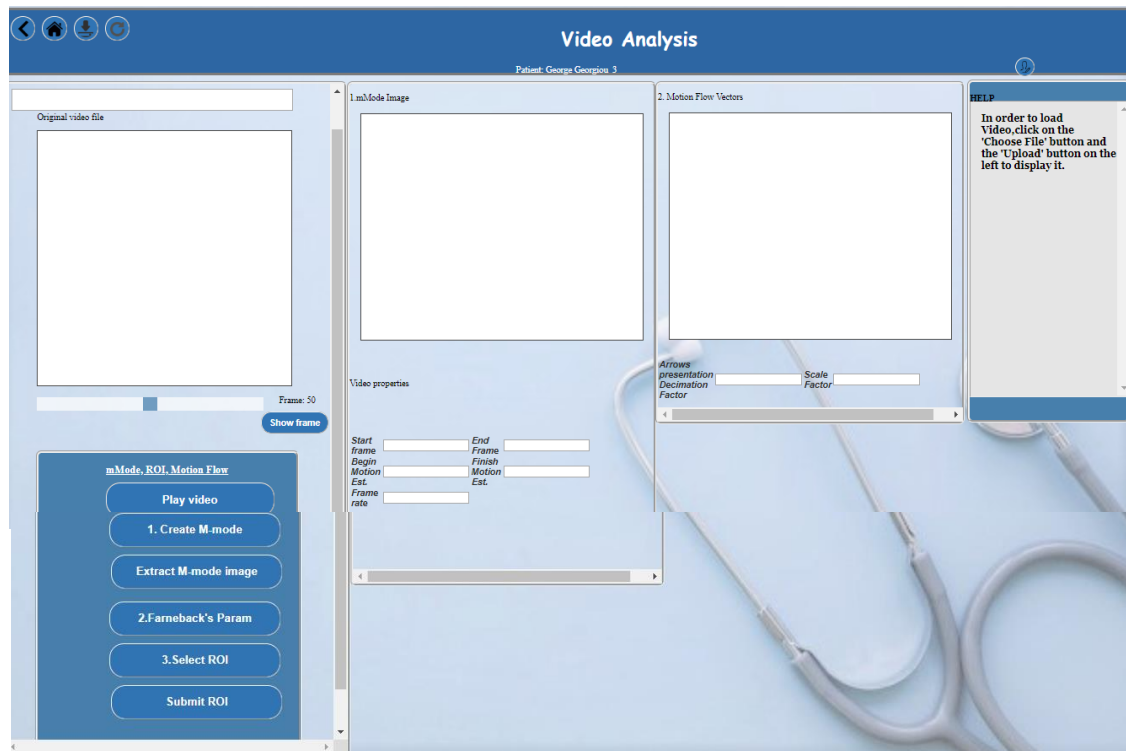
4.1.3 Δημιουργία περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης

Για την δημιουργία του περιβάλλοντος στο οποίο αλληλεπιδρά ο χρήστης του συστήματος, αρχικά, χρειάστηκε να προστεθεί μια ακόμη επιλογή λειτουργίας στο υπάρχον σύστημα. Η επιλογή αυτή αντιστοιχεί στο Video Analysis.



Εικόνα 4.1.3 (α) Σελίδα με τις λειτουργίες του συστήματος

Ακολούθως, δημιουργήθηκε η κύρια σελίδα η οποία αντιστοιχεί στην ανάλυση του βίντεο. Στην σελίδα αυτή, ο χρήστης του συστήματος μπορεί να χρησιμοποιήσει τις λειτουργίες που προσφέρονται για να γίνει η εκτίμηση και η ανάλυση της κίνησης της καρωτιδικής πλάκας.



Εικόνα 4.1.3 (β) Κύρια σελίδα για την ανάλυση της κίνησης της καρωτιδικής πλάκας

Επίσης, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη, χρησιμοποιώντας μια φόρμα, να ορίσει κάποιες παραμέτρους για τον υπολογισμό της οπτικής ροής μέσω του αλγορίθμου του Farneback για να υπάρχουν και τα ανάλογα αποτελέσματα. Οι παράμετροι είναι οι εξής [16]:

- Motion Smoothing Window Size: Μέσος όρος μεγέθους του παραθύρου. Μεγάλες τιμές του παραθύρου αυξάνουν την ανθεκτικότητα του αλγορίθμου στο θόρυβο της εικόνας και δίνουν περισσότερες πιθανότητες για γρήγορη ανίχνευση της κίνησης, αλλά και να αποδώσει σε πιο θολό πεδίο κίνησης.
- Poly_sigma: Είναι η τυπική απόκλιση της γκαουσιανής συνάρτησης που χρησιμοποιείται για την εξομάλυνση των παράγωγων που χρησιμοποιούνται ως βάση για την επέκταση του πολωνύμου.
- Pyramid Levels: Ο αλγόριθμος δημιουργεί μια εικόνα πυραμίδας, όπου κάθε επίπεδο έχει μικρότερη ανάλυση από το προηγούμενο. Ο αριθμός των πυραμίδων συμπεριλαμβανομένων της αρχικής εικόνας. Για παράδειγμα αν ο αριθμός των πυραμίδων είναι 1 τότε δεν δημιουργούνται επιπλέον επίπεδα και χρησιμοποιούνται μόνο οι αρχικές εικόνες. Αυξάνοντας τα επίπεδα της

πυραμίδας, μπορεί να γίνει ανίχνευση μεγαλύτερης μετατόπισης των σημείων μεταξύ των πλαισίων. Μπορεί να γίνει και ανίχνευση μετατόπισης σημείων που βρίσκονται έξω από την επιλεγμένη εικόνα. Βέβαια αυξάνοντας τα επίπεδα πυραμίδας, αυξάνεται και ο χρόνος υπολογισμού. Τυπικές τιμές του αριθμού των πυραμίδων είναι 1 μέχρι 4.

- Pyramid Scale: Είναι η παράμετρος (πρέπει να είναι μικρότερη του 1) που προσδιορίζει την κλίμακα της εικόνας για την κατασκευή πυραμίδων για κάθε εικόνα. Για παράδειγμα, αν αυτή η παράμετρος ισούται με 0.5 τότε έχουμε μια κλασσική πυραμίδα, όπου το κάθε επόμενο επίπεδο είναι δύο φορές μικρότερο από το προηγούμενο.
- Search Iteration: Ο αριθμός των επαναλήψεων του αλγορίθμου που θα κάνει σε κάθε επίπεδο της πυραμίδας.
- Expansion Window Size: Είναι το μέγεθος της γειτονιάς των εικονοστοιχείων που χρησιμοποιούνται για να την εύρεση της πολυωνυμικής επέκτασης σε κάθε εικονοστοιχείο. Μεγάλες τιμές σημαίνουν ότι η εικόνα θα πρέπει να προσεγγιστεί με ομαλότερες επιφάνειες, αποδίδοντας πιο θολό πεδίο κίνησης. Συνήθως οι τιμές της παραμέτρου κυμαίνονται στο 5 ή 7.
- Frame Interval: Είναι το μέγεθος του διαστήματος μεταξύ των πλαισίων του βίντεο. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει διάφορα διαστήματα μεταξύ διαφορετικών διαδοχικών πλαισίων του βίντεο.

Apply algorithm's parameters

Enter frame interval

4

Enter pyramid scale (range 0-1)

0.5

Pyramid Levels

3

Filter Size

15

Search Iterations

3

Neighbourhood Size

5

Standard deviation of the Gaussian

1.2

OK

Cancel

Εικόνα 4.1.3 (γ) Φόρμα ορισμού των παραμέτρων του αλγορίθμου του Farneback

4.1.4 Υλοποίηση των λειτουργιών

Στο τέταρτο βήμα της υλοποίησης της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η υλοποίηση των παρακάτω λειτουργιών:

- Λειτουργία φόρτωσης του βίντεο
- Υλοποίηση της λειτουργίας εξαγωγής M-mode εικόνας
- Υπολογισμός των διανυσμάτων κίνησης της περιοχής ενδιαφέροντος
- Εξαγωγή του πολικού διαγράμματος

Στα επόμενα υποκεφάλαια θα δούμε τον στόχο των παραπάνω λειτουργιών και ξεχωριστά την κάθε λειτουργία.

Οι λειτουργίες που θα προστεθούν στο διαδικτυακό σύστημα για την ανάλυση και επεξεργασία εικόνων υπερηχογραφημάτων αθηρωματικής πλάκας στοχεύουν στην εκτίμηση και ανάλυση της κίνησης δύο πλαισίων αθηρωματικής πλάκας. Το σύστημα θα αναλύει εικόνες από βίντεο και πιο συγκεκριμένα υπερηχογραφήματα καρωτίδας. Οι λειτουργίες θα παρέχουν στο ιατρό που θα χρησιμοποιεί το σύστημα πληροφορίες για την κίνηση της αθηρωματικής πλάκας και το αποτέλεσμα θα παρουσιάζεται σε γραφική παράσταση. Οι λειτουργίες αυτές είναι σίγουρα σημαντικές, αφού μέσα από αυτές ο γιατρός θα μπορεί να αποφανθεί αν η αθηρωματική πλάκα είναι παθολογική ή όχι. Οι απαιτήσεις για τις λειτουργίες που θα αναφέρουμε στο παρόν κεφάλαιο αυτό πάρθηκαν από το υπάρχον σύστημα καρωτιδικής πλάκας που είναι υλοποιημένο στην Matlab.

4.1.4.1 Λειτουργία φόρτωσης του βίντεο

Ο χρήστης του συστήματος έχει την δυνατότητα να επιλέξει συγκεκριμένο υπέρηχο του ασθενή και στην συνέχεια να εμφανιστούν στην σελίδα όλα τα πλαίσια του βίντεο. Δηλαδή, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα αριθμό χρησιμοποιώντας το scrollbar και ακολούθως να εμφανιστεί το ανάλογο πλαίσιο.

4.1.4.2 M-mode image extraction

Η γενική ιδέα της M-mode εικόνας είναι η καταγραφή της πληροφορίας μιας συγκεκριμένης στήλης του κάθε πλαισίου του βίντεο βάζοντας την μια στήλη δίπλα στην άλλη. Έτσι δημιουργείται μια τελική εικόνα η οποία έχει ύψος ίσο με το ύψος του κάθε πλαισίου και πλάτος ίσο με τον συνολικό αριθμό των πλαισίων που έχει το βίντεο. Πρώτα από όλα, ο χρήστης του συστήματος θα πρέπει να επιλέξει ένα υπερηχογράφημα για να μπορεί να ξεκινήσει με την λειτουργία της εξαγωγής της M-mode εικόνας. Στην συνέχεια, ζητείται από τον χρήστη να τοποθετήσει ένα σημείο στην περιοχή της καρωτίδας αρτηρίας που επιθυμεί να μελετήσει. Αφού τοποθετηθεί το σημείο αυτό πάνω στην καρωτίδα, τότε τοποθετείται μια κατακόρυφη γραμμή κατά μήκος του σημείου αυτού και ακολούθως αποθηκεύονται οι τιμές της έντασης του κάθε

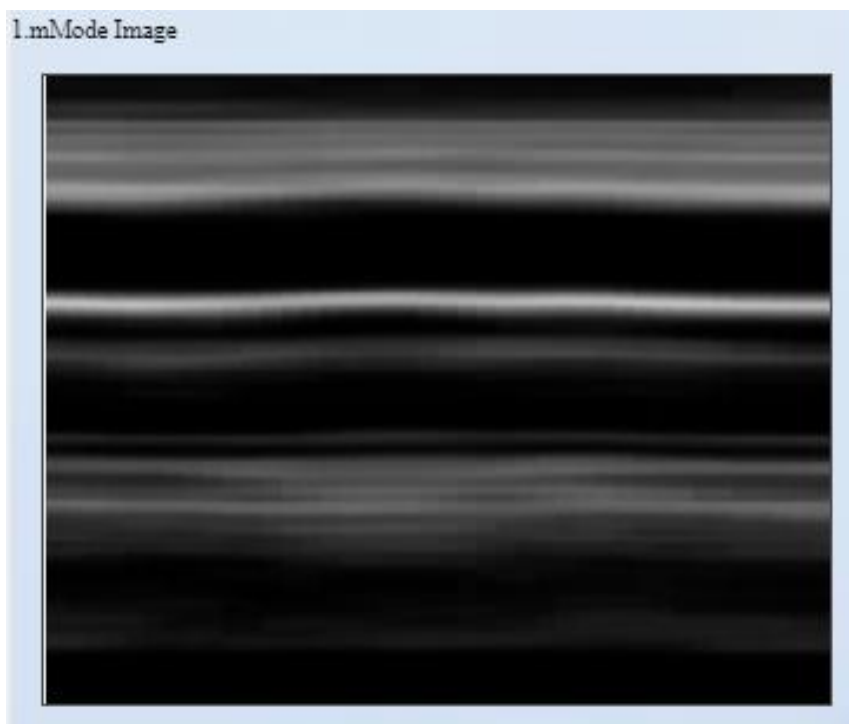
εικονοστοιχείου της κατακόρυφης αυτής στήλης για κάθε διαδοχικό πλαίσιο του βίντεο. Με άλλα λόγια, κρατάμε σταθερή την στήλη που επιλέξαμε στο επιθυμητό πλαίσιο και μετά αποθηκεύουμε τις τιμές αυτής της στήλης στη νέα εικόνα για κάθε πλαίσιο του βίντεο.



Εικόνα 4.1.2 (α) Φαίνεται η τοποθέτηση της κατακόρυφης στήλης κατά μήκος του σημείου που επέλεξε ο χρήστης

Η M-mode εικόνα είναι η απεικόνιση μιας μονοδιάστατης εικόνας η οποία αντιπροσωπεύει την κίνηση της περιοχής που εξετάζεται.

Μέσω της M-mode εικόνας θα μπορεί να γίνει εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών όσο αφορά την κίνηση της καρωτιδικής αρτηρίας. Για κάθε βίντεο γίνεται η εξαγωγή της εικόνας αυτής για να έχουμε ακριβή θέση του καρδιακού κύκλου και να μπορούμε να αποκλείσουμε τμήματα με κίνηση όπως τη καρωτιδική κίνηση λόγω κατάποσης ή τη κίνηση του αυχένα. Έχοντας τη μονοδιάστατη όψη της κίνησης της καρωτίδας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει ανάλυση κατά την διάρκεια διαφορετικών τμημάτων του καρδιακού κύκλου (κορυφή διαστολής, κορυφής συστολής και ενδιάμεσων τμημάτων). Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής, είναι ότι μπορεί να γίνει ανίχνευση της διαμέτρου των αγγείων με ακρίβεια, ακόμη και σε αγγεία με πολύ μικρές διαστάσεις.



Εικόνα 4.1.2(β) Παράδειγμα M-mode εικόνας

4.1.4.3 Υπολογισμός των διανυσμάτων κίνησης της περιοχής ενδιαφέροντος

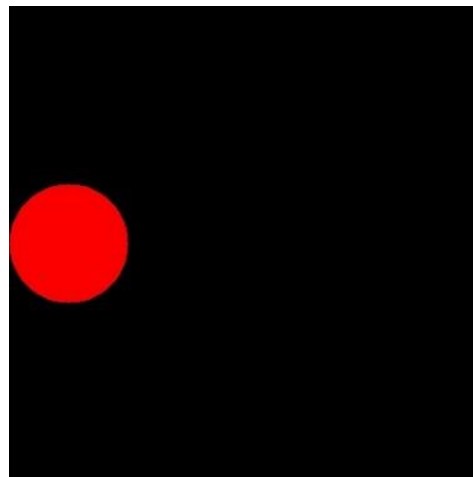
Για την επιλογή της περιοχής ενδιαφέροντος χρησιμοποιήθηκε ο Αλγόριθμος Template Matching. Σαν επιλογή ενδιαφέροντος στα προσομοιωμένα βίντεο χρησιμοποιήθηκε η περιοχή του κύκλου.

Πιο συγκεκριμένα, ο Αλγόριθμος χρησιμοποιεί μια εικόνα, στην περίπτωση μας ένα πλαίσιο από το βίντεο, και μια εικόνα προτύπου. Με την εικόνα προτύπου εννοούμε την περιοχή του κύκλου. Για να γίνει αναγνώριση της περιοχής ταιριάσματος πάνω στο πλαίσιο, πρέπει να συγκρίνουμε την εικόνα προτύπου μαζί με την αρχική εικόνα, μετακινώντας την πάνω από αυτή ένα pixel κάθε φορά (από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω). Σε κάθε περιοχή, χρησιμοποιώντας μια μετρική, αυτή καθορίζει πόσο «καλό» ή «κακό» είναι το ταίριασμα. Για κάθε περιοχή της εικόνας προτύπου πάνω στο πλαίσιο, αποθηκεύουμε το αποτέλεσμα της επιλεγμένης μετρικής σε ένα πίνακα. Κάθε σημείο (x, y) σε αυτό το πίνακα περιέχει το αποτέλεσμα της μετρικής σε αυτή τη περιοχή. Στην συγκεκριμένη εργασία έγινε η επιλογή της μετρικής `cv2.TM_CCOEFF`, αφού ελέγχοντας και άλλες μετρικές είδαμε ότι αυτή είναι μια από τις μετρικές που μας έδωσε καλύτερο ταίριασμα. Οι πιο φωτεινές περιοχές

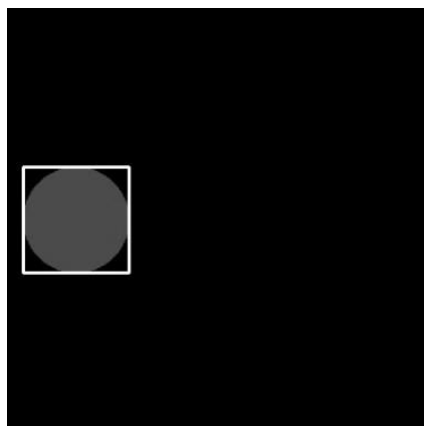
υποδηλώνουν το «καλύτερο» ταιρίασμα. Το σημείο που είναι το πιο φωτεινό, καθορίζει τη περιοχή του ταιριάσματος. Στην πράξη χρησιμοποιήσαμε τη συνάρτηση `minMaxLoc()` για να μας καθορίζει την μεγαλύτερη τιμή στο πίνακα. Η συνάρτηση αυτή βρίσκει τη μεγαλύτερη τιμή καθώς και τις συντεταγμένες του σημείου αυτού (x,y) [17].



Template



Πλαίσιο του βίντεο



Εικόνα 4.1.4.3 Παράδειγμα αποτελέσματος από την εκτέλεση του Αλγορίθμου
Template matching

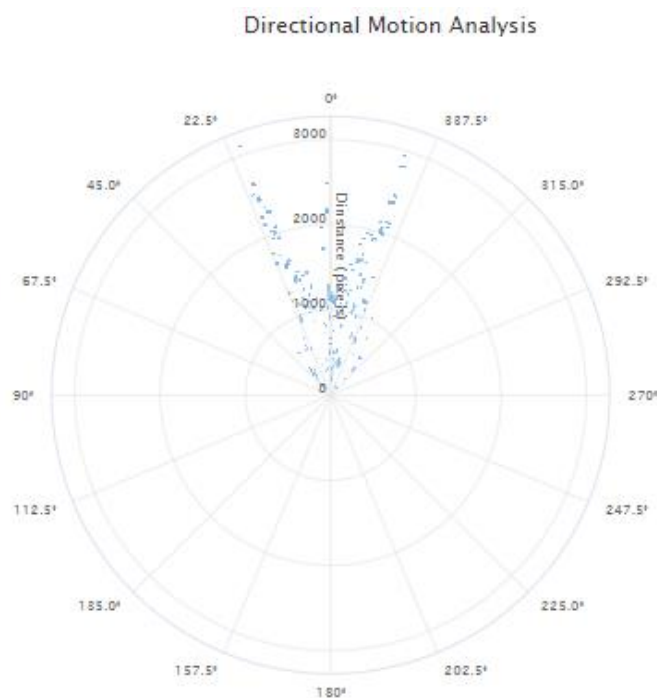
Για τον υπολογισμό της κίνησης των διανυσμάτων, χρησιμοποιήθηκε ο Αλγόριθμος Farneback για να υπολογιστεί η οπτική ροή και ακολούθως από το αποτέλεσμα αυτής

να υπολογιστούν τα διανύσματα κίνησης της επιλογής ενδιαφέροντος βάση του τρόπου που εξηγήθηκε προηγουμένως στο υποκεφάλαιο του Αλγορίθμου του Farneback.

Η ανάλυση των διανυσμάτων κίνησης θα γίνουν, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στην περιοχή της πλάκας. Ο χρήστης του συστήματος θα μπορεί να μεγεθύνει την απεικόνιση των διανυσμάτων κίνησης. Για μεγάλες πλάκες, θα χρησιμοποιήσουμε την απόσταση των 10 εικονοστοιχείων και για μικρότερες πλάκες θα χρησιμοποιήσουμε την απόσταση των 5 εικονοστοιχείων. Επιπλέον, κάθε διάνυσμα κίνησης θα μεγεθύνεται με ένα συντελεστή που θα έχει τιμή 5.

4.1.4.4 Εξαγωγή του πολικού διαγράμματος

Αφού γίνει ο υπολογισμός των διανυσμάτων κίνησης, ο χρήστης μπορεί να πάρει σαν έξοδο τη γραφική παράσταση του πολικού διαγράμματος. Μέσα από το πολικό διάγραμμα, μπορούμε να δούμε την κατεύθυνση των διανυσμάτων της κίνησης. Σαν είσοδο στο διάγραμμα αυτό δίνεται η γωνιά και το μήκος του διανύσματος και σαν έξοδο παίρνουμε ένα σημείο το οποίο έχει συντεταγμένες τη γωνιά και το μήκος του διανύσματος.



Εικόνα 4.1.4.1 Παράδειγμα πολικού διαγράμματος

Πιο συγκεκριμένα, θα παράγεται το πολικό διάγραμμα το οποίο θα δείχνει τον προσανατολισμό των βέλων της κίνησης σε όλη τη περιοχή ενδιαφέροντος της πλάκας.

4.1.5 Έλεγχος με πραγματικά βίντεο

Στο τελευταίο βήμα της υλοποίησης χρειάστηκε να γίνουν κάποιες πειραματικές αξιολογήσεις σε πραγματικά βίντεο, αφού προηγουμένως έγινε έλεγχος της κίνησης στα προσομοιωμένα βίντεο.

Κεφάλαιο 5

Αποτελέσματα και Πειραματική Ανάλυση

5.1 Γενικά	34
5.2 Αποτελέσματα προσομοιωμένων βίντεο	35
5.3 Αποτελέσματα πραγματικών βίντεο	43

5.1 Γενικά

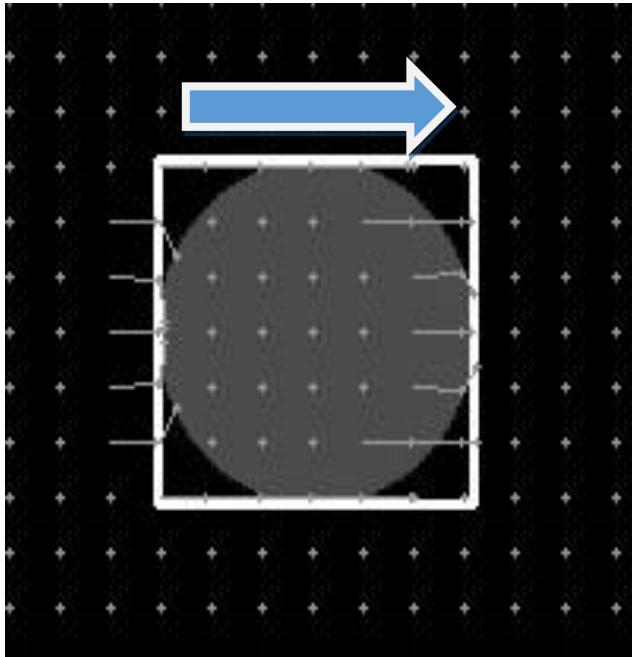
Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι πειραματικές αξιολογήσεις που έγιναν αρχικά στα βίντεο που δημιουργήθηκαν από εμάς και ακολούθως σε πραγματικά βίντεο των ασθενών. Πρώτα έγινε ο έλεγχος στα βίντεο που δημιουργήσαμε, για να μπορούμε να δούμε ότι παίρνουμε ορθά αποτελέσματα, σε βίντεο που υπήρξε καθορισμένη κίνηση. Εκτός από τα βίντεο που δημιουργήσαμε δώσαμε σαν είσοδο και κάποια άλλα βίντεο που δόθηκαν από τον Δρ. Ευθύβουλο Κυριάκου. Τα βίντεο αυτά είναι συνθετικά και αναπαριστούν τα τοιχώματα της καρωτίδας αρτηρίας, ένα ημικύκλιο συνδεδεμένο στο τοίχωμα της αρτηρίας το οποίο αντιπροσωπεύει την πλάκα και κάποιοι επιπρόσθετοι συντελεστές μέσα στην πλάκα. Στην συνέχεια της πειραματικής ανάλυσης, δώσαμε σαν είσοδο βίντεο ασθενή με αθηρωματική πλάκα.

5.2 Αποτελέσματα προσομοιωμένων βίντεο

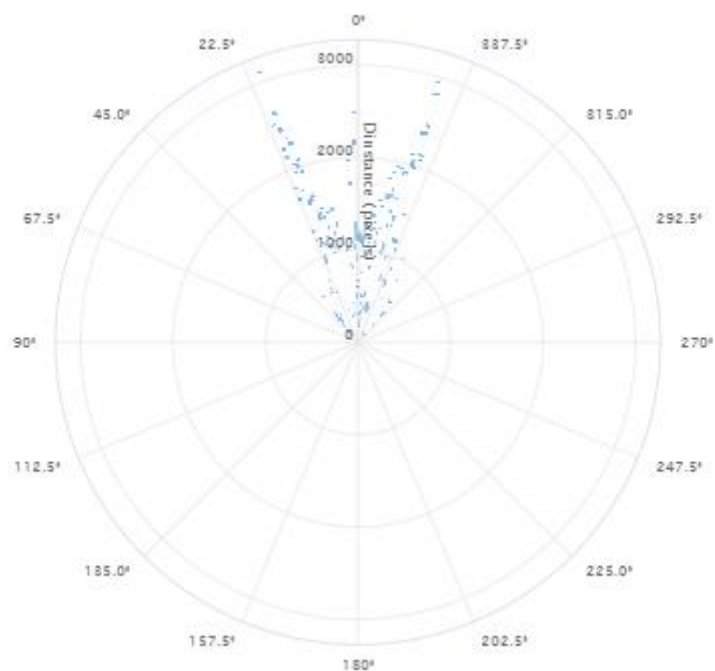
Πείραμα 1

Στο πρώτο πείραμα δόθηκε σαν είσοδος το πρώτο βίντεο που δημιουργήθηκε όπου ο κύκλος μετακινείται με ομοιογενή κίνηση προς τα δεξιά. Δηλαδή η κίνηση γίνεται στις 0° .

Αποτελέσματα:



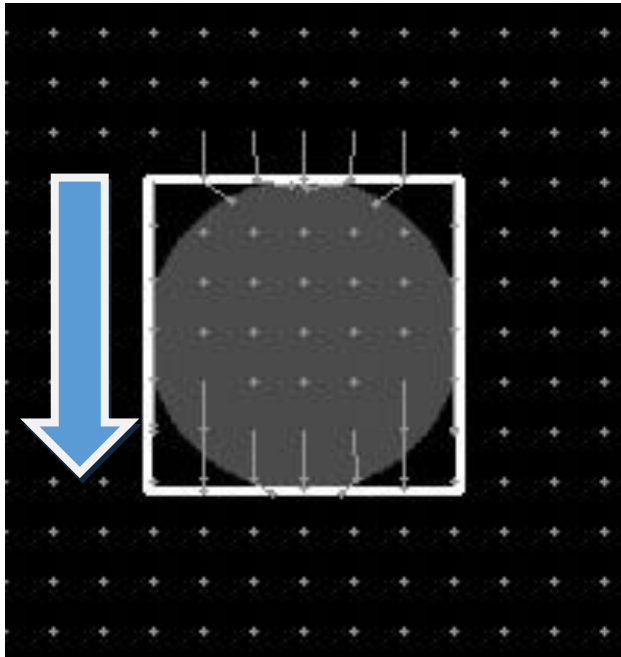
Directional Motion Analysis



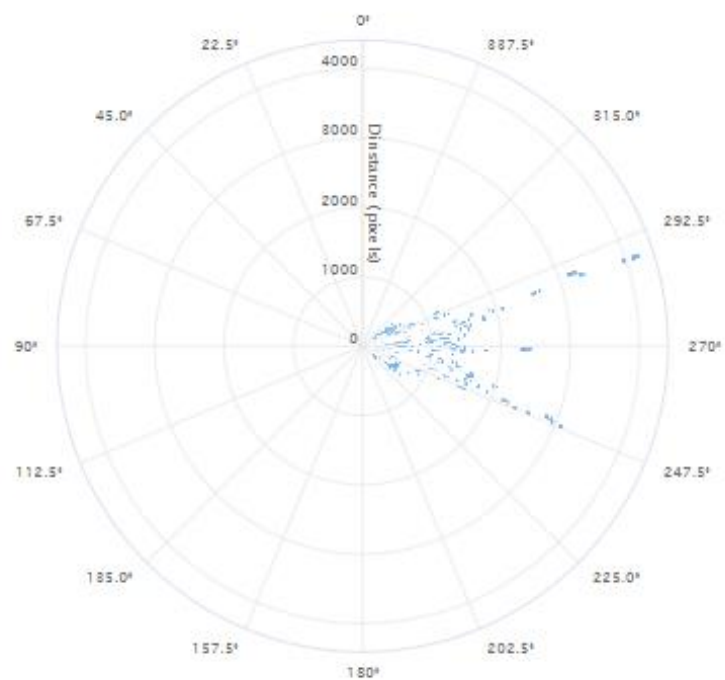
Πείραμα 2

Στο πρώτο πείραμα δόθηκε σαν είσοδος το δεύτερο βίντεο που δημιουργήθηκε όπου ο κύκλος μετακινείται με ομοιογενή κίνηση προς τα δεξιά. Δηλαδή η κίνηση γίνεται στις 270° .

Αποτελέσματα:



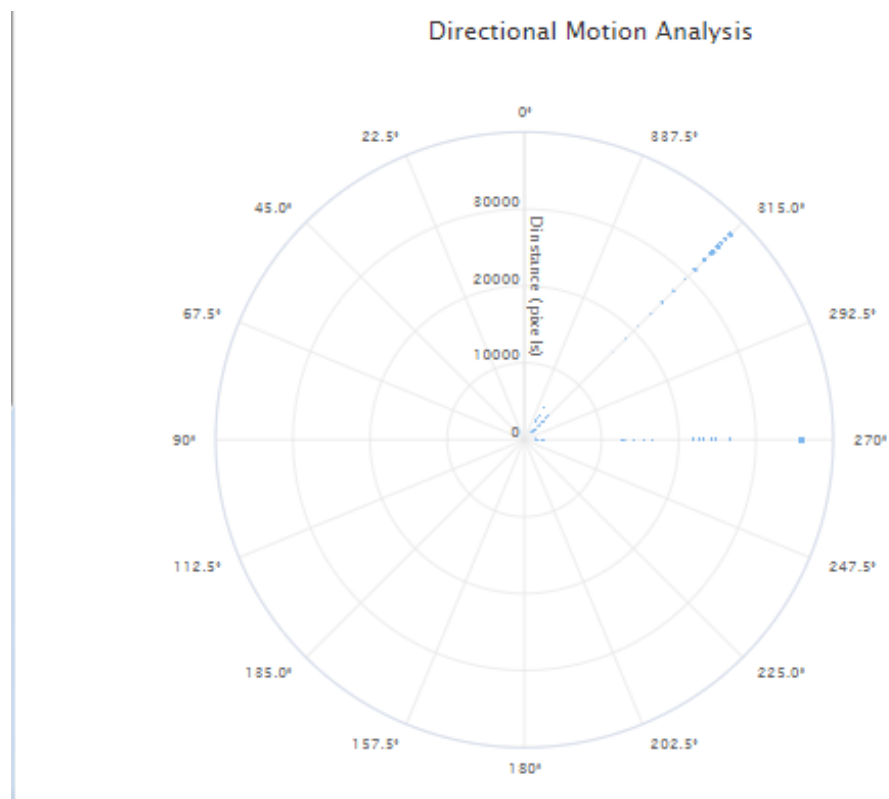
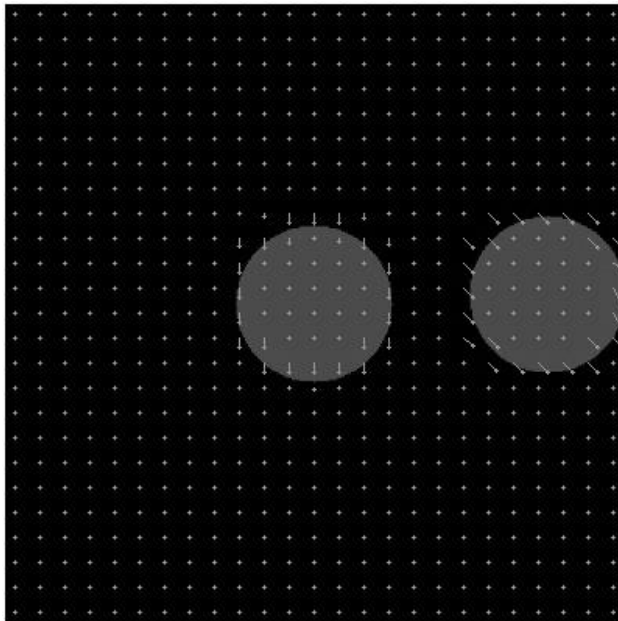
Directional Motion Analysis



Πείραμα 3

Στο πρώτο πείραμα δόθηκε σαν είσοδος το τρίτο βίντεο που δημιουργήθηκε όπου ο ένας κύκλος μετακινείται προς τα κάτω ευθεία και ο δεύτερος κύκλος κινείται προς τα κάτω δεξιά. Δηλαδή η κίνηση γίνεται στις 270^0 και στις 315^0 .

Αποτελέσματα:

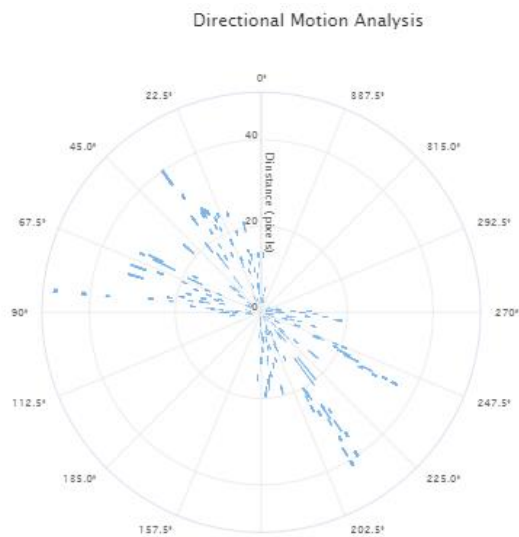
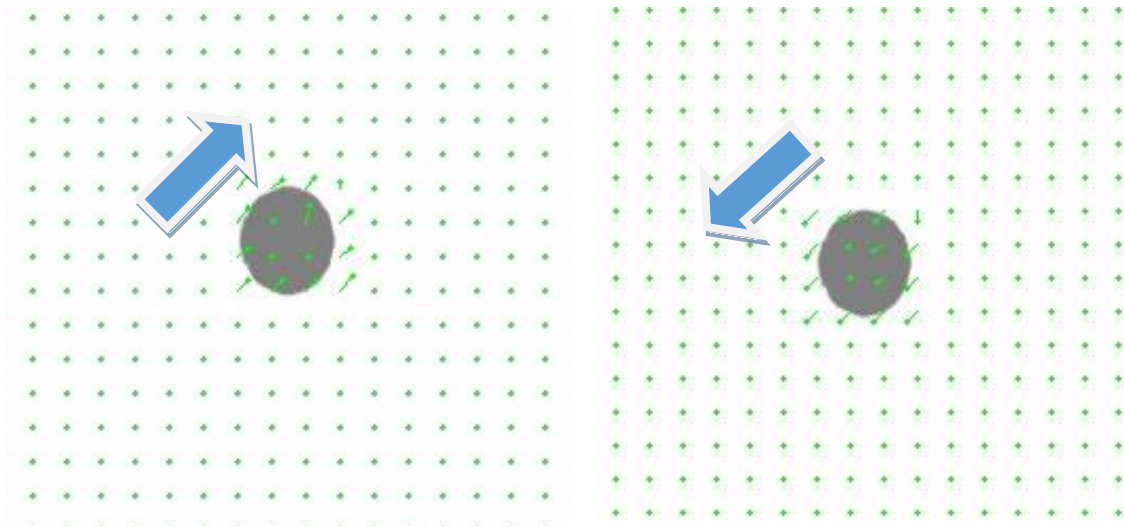


Πείραμα 4

Στο τέταρτο πείραμα δόθηκε σαν είσοδος το βίντεο όπου ο κύκλος μετακινείται με ανομοιογενή κίνηση προς τα πάνω δεξιά και προς τα κάτω αριστερά. Δηλαδή η κίνηση γίνεται στις $0-90^0$ και στις $180-270^0$. Αρχικά ο κύκλος κινείται προς τα πάνω δεξιά και στην συνέχεια κινείται προς τα κάτω αριστερά. Η κίνηση αυτή γίνεται επαναληπτικά. Για παράδειγμα στα πλαίσια 1 μέχρι 19, ο κύκλος κινείται προς τα πάνω δεξιά, και στα πλαίσια 20 μέχρι 38 ο κύκλος κινείται προς τα κάτω αριστερά. Η κίνηση αυτή συνεχίζεται ανάλογα και υπόλοιπα πλαίσια του βίντεο.

Για τον υπολογισμό των διανυσμάτων κίνησης στο συγκεκριμένο βίντεο έγινε πολλαπλασιασμός με ένα συντελεστή που είχε τιμή 10 για να είναι πιο ευδιάκριτα και διάστημα των πλαισίων που δόθηκε σαν είσοδος είχε τιμή 1.

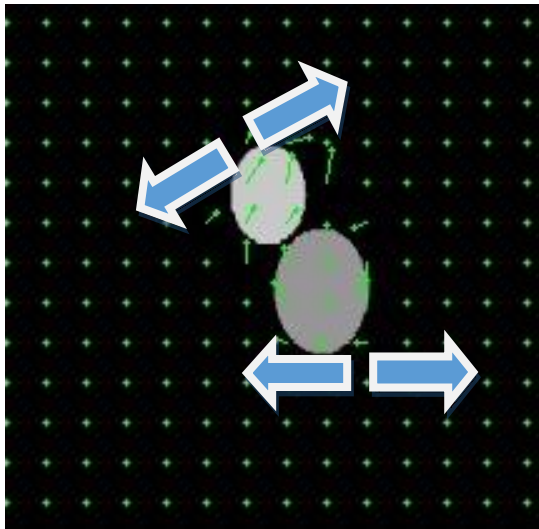
Αποτελέσματα:



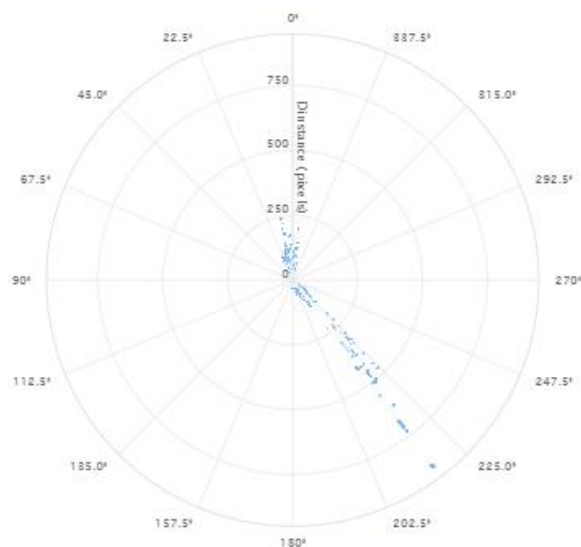
Πείραμα 5

Στο πέμπτο πείραμα δόθηκε σαν είσοδος το βίντεο όπου έχει δύο δομές, δηλαδή δύο κύκλους, όπου ο πρώτος κύκλος μετακινείται όπως ο κύκλος στο προηγούμενο πείραμα, δηλαδή προς τα πάνω αριστερά και προς τα κάτω δεξιά επαναληπτικά, και ο δεύτερος κύκλος που μετακινείται προς τα δεξιά και προς τα αριστερά και πάλι επαναληπτικά. Ο πρώτος κύκλος κινείται στις 45^0 και στις 225^0 περίπου και ο δεύτερος κύκλος κινείται στις 0^0 και στις 360^0 .

Αποτελέσματα:

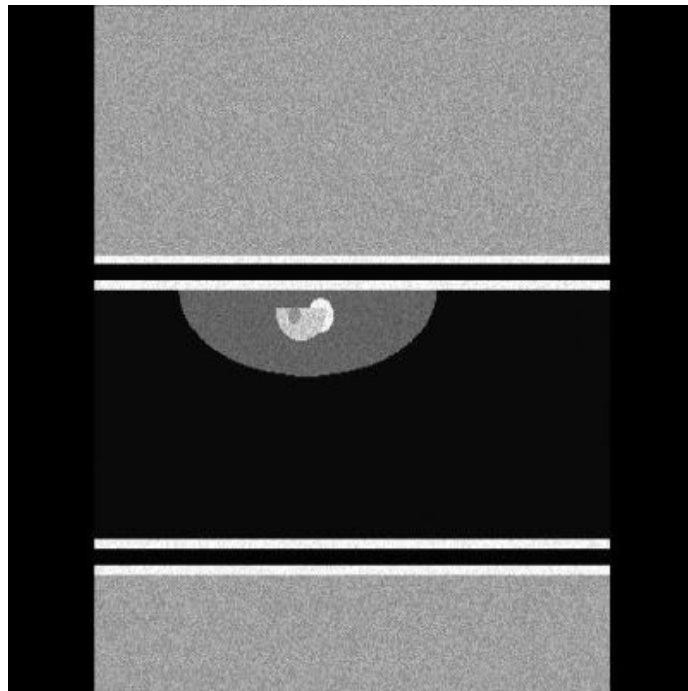


Directional Motion Analysis



Πείραμα 6

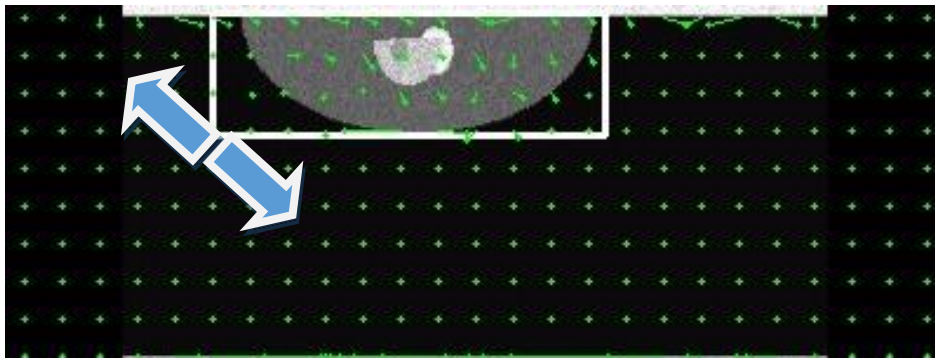
Στο έκτο πείραμα χρησιμοποιήθηκε ένα συνθετικό βίντεο το οποίο αναπαριστά την κίνηση της καρωτίδας αρτηρίας. Στο βίντεο υπάρχουν δύο οριζόντιες γραμμές με ημιτονοειδή κίνηση που αναπαριστούν τα τοιχώματα της καρωτίδας αρτηρίας, ένα ημικύκλιο συνδεδεμένο στο πάνω τοίχωμα που αντιπροσωπεύει την πλάκα και κάποιοι επιπρόσθετοι συντελεστές μέσα στην πλάκα.



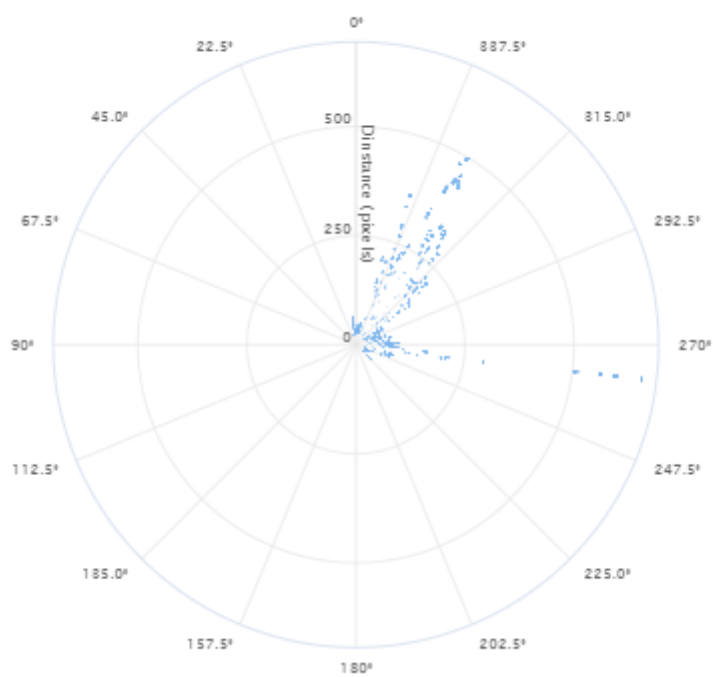
Εικόνα 5.2 Πλαίσιο του συνθετικού βίντεο που χρησιμοποιήθηκε σαν είσοδο στο σύστημα. Στο παραπάνω πλαίσιο φαίνονται τα τοιχώματα της αρτηρίας (οριζόντιες γραμμές), η αθηρωματική πλάκα (ημικύκλιο) και κάποιοι επιπρόσθετοι συντελεστές με κίνηση μέσα στην πλάκα.

Στο πρώτο συνθετικό βίντεο που δόθηκε σαν είσοδο η καρωτιδική πλάκα και οι συντελεστές που υπάρχουν μέσα σε αυτή κινούνται με ομοιογενή κίνηση προς στις 135 μοίρες και στις 250 μοίρες περίπου.

Αποτελέσματα:

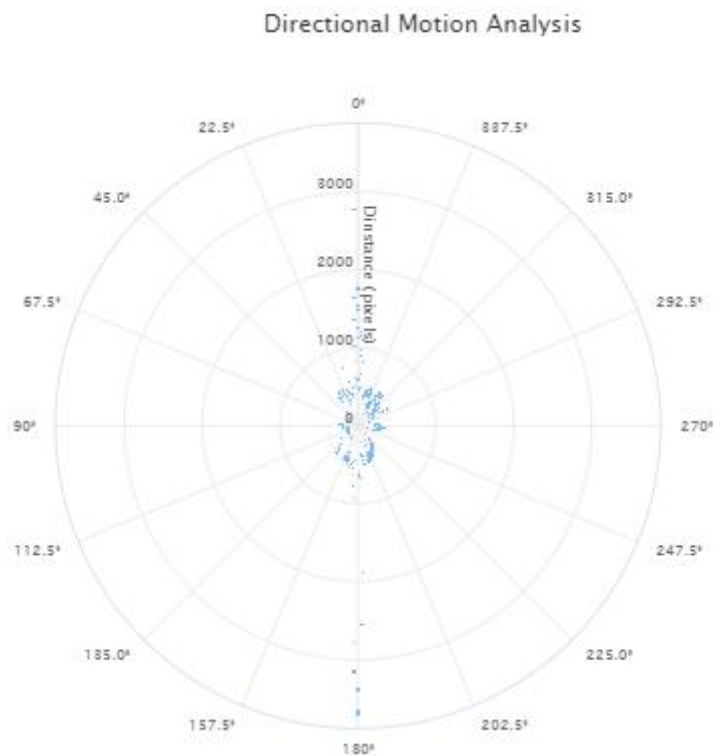
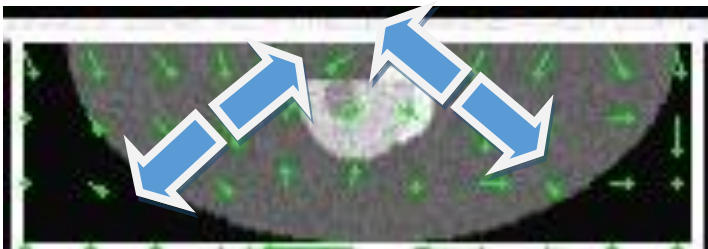


Directional Motion Analysis



Πείραμα 7

Στο έβδομο πείραμα χρησιμοποιήθηκε το δεύτερο συνθετικό βίντεο που μας δόθηκε το οποίο αναπαριστά την κίνηση της καρωτίδας αρτηρίας. Στο βίντεο υπάρχουν δύο οριζόντιες γραμμές με ημιτονοειδή κίνηση που αναπαριστούν τα τοιχώματα της καρωτίδας αρτηρίας, ένα ημικύκλιο συνδεδεμένο στο πάνω τοίχωμα που αντιπροσωπεύει την πλάκα και κάποιοι επιπρόσθετοι συντελεστές μέσα στην πλάκα. Στο βίντεο αυτό οι συντελεστές που υπάρχουν μέσα στην καρωτιδική πλάκα κινούνται με ανομοιογενή κίνηση, δηλαδή κινούνται σε διαφορετική κατεύθυνση.



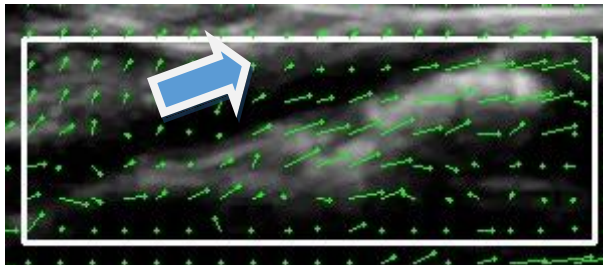
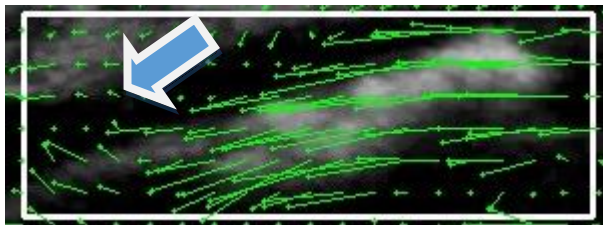
5.3 Αποτελέσματα πραγματικών βίντεο

Πείραμα 8

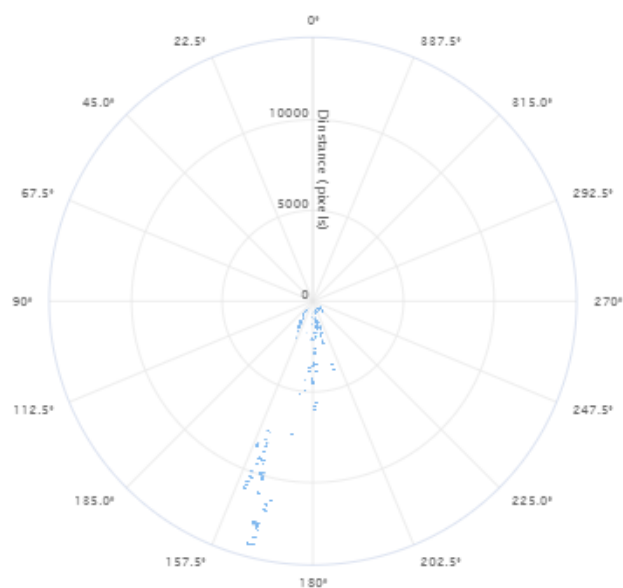
Στο όγδοο πείραμα δόθηκε σαν είσοδος το πρώτο πραγματικό βίντεο ασθενή αθηρωματικής πλάκας. Το βίντεο αυτό ανήκει στην κατηγορία των ομοιογενή, και αυτό φαίνεται από τα διανύσματα κίνησης και το πολικό διάγραμμα.

Αποτελέσματα:

Πιο κάτω φαίνονται κάποια παραδείγματα διανυσμάτων κίνησης στην περιοχή ενδιαφέροντος



Directional Motion Analysis

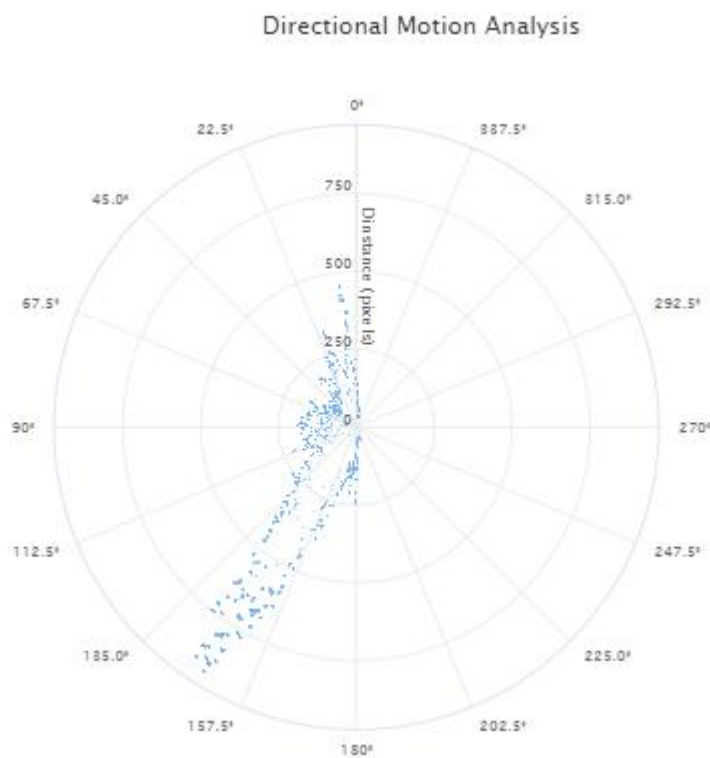
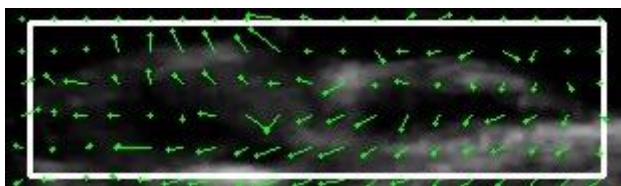


Πείραμα 9

Στο ένατο πείραμα δόθηκε σαν είσοδος το δεύτερο πραγματικό βίντεο ασθενή αθηρωματικής πλάκας. Το βίντεο αυτό ανήκει στην κατηγορία των ανομοιογενή, και αυτό φαίνεται από τα διανύσματα κίνησης και το πολικό διάγραμμα.

Αποτελέσματα:

Πιο κάτω φαίνεται ένα παράδειγμα των διανυσμάτων κίνησης στην περιοχή ενδιαφέροντος



Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

6.1 Συμπεράσματα	45
6.2 Μελλοντική εργασία	48

6.1 Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση των πειραματικών αναλύσεων, είχαν παρθεί κάποια συμπεράσματα και κάποιες συγκρίσεις μεταξύ τω βίντεο που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Η γραφική παράσταση μας βοήθησε να ελέγξουμε αν η κίνηση στα βίντεο γίνεται προς τη κατεύθυνση.

Αρχικά στο πρώτο πείραμα, είχαμε κίνηση προς τα δεξιά, δηλαδή κίνηση στις 0 μοίρες. Η γραφική παράσταση της γωνιάς και του μήκους της περιοχής ενδιαφέροντος φαίνεται ξεκάθαρα ότι μας δίνει ορθά αποτελέσματα αφού η δομή είχε κινηθεί προς τα δεξιά, δηλαδή στις 0 μοίρες.

Στο δεύτερο πείραμα, είχαμε κίνηση προς τα κάτω, δηλαδή κίνηση στις 270 μοίρες. Η γραφική παράσταση της γωνιάς και του μήκους της περιοχής ενδιαφέροντος φαίνεται ξεκάθαρα ότι μας δίνει ορθά αποτελέσματα αφού η δομή είχε κινηθεί προς τα κάτω, δηλαδή στις 270 μοίρες.

Στο τρίτο πείραμα, είχαμε κίνηση προς τα κάτω ευθεία και κίνηση προς τα κάτω δεξιά, δηλαδή κίνηση στις 270 μοίρες και κίνηση στις 315 μοίρες. Η γραφική παράσταση της γωνιάς και του μήκους της περιοχής ενδιαφέροντος φαίνεται ξεκάθαρα ότι μας δίνει ορθά αποτελέσματα αφού η πρώτη δομή είχε κινηθεί προς τα κάτω ευθεία, δηλαδή στις 270 μοίρες και η δεύτερη δομή είχε κινηθεί προς τα κάτω δεξιά, δηλαδή στις 315 μοίρες.

Στο τέταρτο πείραμα, είχαμε κίνηση προς τα πάνω δεξιά και προς τα κάτω αριστερά, δηλαδή κίνηση στις 0-90 μοίρες και 180-270 μοίρες αντίστοιχα. Η γραφική παράσταση της γωνιάς και του μήκους της περιοχής ενδιαφέροντος φαίνεται ξεκάθαρα ότι μας δίνει

ορθά αποτελέσματα αφού η δομή είχε κινηθεί προς τα πάνω δεξιά, δηλαδή στις 0-90 μοίρες και προς τα κάτω αριστερά, δηλαδή στις 180-270 μοίρες.

Στο πέμπτο πείραμα, είχαμε κίνηση προς τα πάνω αριστερά και προς τα κάτω δεξιά και κίνηση προς τα δεξιά και προς τα αριστερά επαναληπτικά, δηλαδή κίνηση στις 45 μοίρες και στις 225 μοίρες και κίνηση στις 0 μοίρες και στις 360 μοίρες. Η γραφική παράσταση της γωνιάς και του μήκους της περιοχής ενδιαφέροντος φαίνεται ξεκάθαρα ότι μας δίνει ορθά αποτελέσματα αφού η μια δομή κινείται προς τα πάνω δεξιά και προς τα κάτω αριστερά, δηλαδή στις 45 και στις 225 μοίρες και η δεύτερη δομή κινήθηκε προς τα δεξιά και προς τα αριστερά, δηλαδή στις 0 και 360 μοίρες.

Στο έκτο πείραμα, είχαμε ομοιογενή κίνηση της καρωτιδικής πλάκας και των συντελεστών που υπάρχουν μέσα σε αυτή. Από τη γραφική παράσταση της γωνιάς και του μήκους της περιοχής ενδιαφέροντος φαίνεται ότι η κίνηση περιορίζεται σε κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Στο έβδομο πείραμα, είχαμε ανομοιογενή κίνηση των συντελεστών που υπάρχουν μέσα στην καρωτιδική πλάκα. Από τη γραφική παράσταση της γωνιάς και του μήκους της περιοχής ενδιαφέροντος φαίνεται ότι η κίνηση δεν περιορίζεται σε κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Στο όγδοο πείραμα, είχαμε ομοιογενή κίνηση. Η γραφική παράσταση της γωνιάς και του μήκους της περιοχής ενδιαφέροντος φαίνεται ότι μας δίνει ορθά αποτελέσματα αφού η κίνηση περιορίζεται σε συγκεκριμένη κατεύθυνση. Υπάρχει κίνηση προς την κατεύθυνση των 150 μοιρών και 225 μοιρών.

Στο ένατο πείραμα, είχαμε ανομοιογενή κίνηση. Η γραφική παράσταση της γωνιάς και του μήκους της περιοχής ενδιαφέροντος φαίνεται ότι μας δίνει ορθά αποτελέσματα αφού η κίνηση δεν περιορίζεται σε κάποια συγκεκριμένη κατεύθυνση αλλά επεκτείνεται από τις 135 μοίρες μέχρι τις 180 μοίρες και υπάρχει και κίνηση προς την κατεύθυνση των 0 μοιρών και 90 μοιρών.

Με τις επιπλέον λειτουργίες που υλοποιήθηκαν στη παρούσα διπλωματική εργασία, δημιουργήθηκαν τα αρχικά βήματα για τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου ιατρικού συστήματος το οποίο θα μελετά περισσότερο τα χαρακτηριστικά της αθηρωματικής πλάκας εκτός από την κίνηση της. Έτσι, θα μπορεί να γίνει με ακρίβεια πρόβλεψη για πιθανή ρήξη της αθηρωματικής πλάκας και επομένως την πρόκληση εγκεφαλικού επεισοδίου.

Καταλήγοντας, αναμφίβολα η σωστή λειτουργία της καρωτιδικής αρτηρίας είναι απαραίτητη για μια υγιή ζωή. Οι επιπλέον λειτουργίες που υλοποιήθηκαν στο ήδη υπάρχον διαδικτυακό σύστημα, αφορά εργαλεία που βασίζονται σε τεχνολογίες πληροφορικής και μπορούν να βελτιώσουν την πρόληψη, την διάγνωση, τη θεραπεία, την παρακολούθηση και την διαχείριση της υγείας των ασθενών και του τρόπου ζωής τους.

Φτάνοντας στο τέλος, η συνέχεια της ανάπτυξης ενός τέτοιου εργαλείου είναι σίγουρα απαραίτητη, αφού μέσα από αυτό ο γιατρός θα μπορεί να έχει μια πιο ακριβής εκτίμηση για την κίνηση της αθηρωματικής πλάκας και να αποφανθεί αν είναι παθολογική ή όχι.

6.2 Μελλοντική εργασία

Σίγουρα υπάρχουν βελτιστοποιήσεις και μελλοντική εργασία του παρόν συστήματος. Στον παρόν σύστημα μπορεί να γίνει εκτίμηση της κίνησης της καρωτιδικής πλάκας μεταξύ δύο πλαισίων αθηρωματικής πλάκας.

Μια βελτιστοποίηση του συστήματος είναι να υπάρξει πρόσθετη ανάλυση των καρωτιδικών πλακών ούτως ώστε να μπορεί ο γιατρός να εξάγει επιπρόσθετα συμπεράσματα όσο αφορά τη κίνηση αυτών και να μπορεί να κάνει διάγνωση της καρωτιδικής νόσου πιο γρήγορα.

Μια ακόμη βελτιστοποίηση του συστήματος είναι να δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέγει περισσότερα από ένα σημείο για την δημιουργία της M-mode εικόνας. Με τη λειτουργία αυτή θα γίνεται καλύτερη παρατήρηση της κίνησης της καρωτίδας.

Ένα ακόμη εργαλείο το οποίο θα μπορούσε να βελτιστοποιήσει το σύστημα είναι υπάρχει υποστήριξη αυτόματης επιλογής της περιοχής της καρωτιδικής πλάκας μέσω περισσότερων προτύπων. Για παράδειγμα να υπάρξουν διάφορα πρότυπα με θόρυβο και να γίνεται η σωστή αναγνώριση και επιλογή του συγκεκριμένου προτύπου με θόρυβο στην εικόνα. Με την χρήση περισσότερων προτύπων στο σύστημα, θα μπορεί να γίνεται αυτόματη επιλογής της περιοχής ενδιαφέροντος, δηλαδή την περιοχή της καρωτιδικής πλάκας και έτσι ο γιατρός δεν θα επιλέγει τη περιοχή. Άρα προσθέτοντας αυτό το εργαλείο στο σύστημα, θα γίνεται πιο γρήγορη η αναγνώριση της περιοχής ενδιαφέροντος για την εκτίμηση της κίνησης.

Μια σημαντική βελτιστοποίηση στο σύστημα αυτό, είναι να χρησιμοποιηθεί Μηχανική Μάθηση. Θα μπορούσε δηλαδή να χρησιμοποιηθεί ένας Αλγόριθμος κατηγοριοποίησης σε συνδυασμό με ένα Data set με διάφορες εικόνες καρωτιδικής πλάκας και να υπολογίζεται αυτόματα αν μια πλάκα είναι συμπτωματική ή ασυμπτωματική. Με την χρήση ενός τέτοιου αλγορίθμου το σύστημα θα μπορεί να εκπαιδευτεί και έτσι όταν δώσουμε σαν είσοδο ένα υπέρηχο ενός ασθενή θα μπορεί να αναγνωρίσει αν η καρωτιδική πλάκα του είναι παθολογική ή όχι. Σίγουρα, η χρήση της Μηχανικής μάθησης θα μπορούσε να κάνει το σύστημα πιο δυνατό και πιο έξυπνο. Εκτός από

αυτό, ο γιατρός θα έχει την ευκαιρία να παίρνει μια δεύτερη γνώμη αν η πλάκα του ασθενή είναι συμπτωματική ή ασυμπτωματική.

Βιβλιογραφία

- [1] https://www.heart.org/-/media/data-import/downloadables/heart-disease-and-stroke-statistics-2018---at-a-glance-ucm_498848.pdf
Heart disease and stroke statistics—2018 update: a report from the American Heart Association [published online ahead of print January 31, 2018].
- [2] “Τι είναι η καρωτιδική Νόσος”, Vascularhealth [Online]. Available:
<https://www.vascularhealth.gr/gr/τι-είναι-η-καρωτιδική-νόσος>
- [3] Carotid artery surgery - series—Normal anatomy, MedicinePlus [Online]. Available:
https://medlineplus.gov/ency/presentations/100124_1.htm
- [4] Hemorrhagic stroke [Online]. Available:
https://www.123rf.com/photo_13699574_brain-stroke-illustration-a-illustration-of-hemorrhagic-stroke-.html
- [5] <https://www.unmc.edu/surgery/divisions/gensurg/vascular/patient-care/procedures/carotid-endarterectomy.html>
- [6] “Η νόσος της καρωτίδας” [Online]. Available:
<https://www.angiochirurgos.gr/karotida.php>
- [7] Carotid duplex [Online]. Available:
<https://medlineplus.gov/ency/imagepages/18051.htm>
- [8] <http://www.zambasvascular.com/diagnostikes-exetasis/doppler-karotidon/cca-triplex-32/>
- [9] “Ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο (Stroke)” [Online], Available
<http://www.neuroradiology.gr/index.php/παθήσεις/ισχαιμικό-εγκεφαλικό-επεισόδιο-stroke>

- [10] «Έγχρωμο υπερηχογράφημα αγγείων» [Online], Available:
<http://www.onasseio.gr/yphresies/egxrwmo-yperihigrafima-aggeiwn-triplex/>

- [11] Carotid Bifurcation Plaque Stability Estimation Based on Motion Analysis [Online]. Available:
https://www.researchgate.net/publication/321063336_Carotid_Bifurcation_Plaque_Stability_Estimation_Based_on_Motion_Analysis

- [12] “Εγχειρίδιο OpenCv” [Online]. Available:
https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_video/py_lucas_kanade/py_lucas_kanade.html#lucas-kanade

- [13] Optical Flow Measurement using Lucas Kanade Method [Online]. Available:
<https://pdfs.semanticscholar.org/6841/d3368d4dfb52548cd0ed5fef29199d14c014.pdf>

- [14] Two-Frame Motion Estimation Based on Polynomial Expansion [Online]. Available:
<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:273847/FULLTEXT01.pdf>

- [15] Farneback Optical flow [Online]. Available:
<https://funvision.blogspot.com/2016/02/opencv-31-tutorial-optical-flow.html>

- [16] “Εγχειρίδιο OpenCv” [Online]. Available:
https://docs.opencv.org/2.4/modules/video/doc/motion_analysis_and_object_tracking.html

- [17] Template Matching in OpenCV [Online]. Available:
https://docs.opencv.org/3.4.0/d4/dc6/tutorial_py_template_matching.html