

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ
ΕΝΔΟΜΗΤΡΙΟΥ

Δεκέμβριος 2011

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ
ΕΝΔΟΜΗΤΡΙΟΥ**

Έλενα Μιχαήλ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Δεκέμβριος 2011

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Σύστημα πλοήγησης ενδομήτριου

Έλενα Μιχαήλ

Επιβλέπων Καθηγητής
Κωνσταντίνος Παττίχης

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

Δεκέμβριος 2011

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Κωνσταντίνο Παττίχη, καθηγητή του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για την ανάπτυξη του συστήματος, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου πρόσφερε, αλλά και για την κατανόηση που έδειξε στα διάφορα προβλήματα που αντιμετώπισα κατά καιρούς κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής αυτής εργασίας. Ήταν πάντα πρόθυμος να συζητήσει μαζί μου και να βοηθήσει στη λύση των προβλημάτων που είχαν παρουσιαστεί. Οι γνώσεις που αποκόμισα από την συνεργασία μας είναι ανεκτίμητες.

Ευχαριστώ επίσης τον κύριο Ιωάννη Κωνσταντίνου για την πολύτιμη βοήθεια του και γνώσεις που μου προσέφερε απλόχερα, σπαταλώντας πολύ από τον πολύτιμο του χρόνο. Οι συμβουλές και η βαθιά γνώση του για το αντικείμενο, ήταν καθοριστικές για την ολοκλήρωση της εργασίας μου. Είχε πάντα την καλή διάθεση να μου λύσει οποιοσδήποτε απορίες κι αν είχα κατά το διάστημα αυτό.

Περαιτέρω, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Βασίλειο Τάνο, ειδικό μαιευτήρα γυναικολόγο για την συνεργασία που είχαμε, για την αφιέρωση πολύτιμου για αυτόν χρόνου για την καθοδήγηση από ιατρικής πλευράς στα πλαίσια αυτής της εργασίας, καθώς και για τις εμπειρίες που έχω ζήσει, τις οποίες δεν θα είχα την ευκαιρία να ζήσω αλλιώς.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ βάθους καρδίας, το οικογενειακό και φιλικό περιβάλλον για την ηθική συμπαράσταση που μου έδωσαν για να φέρω εις πέρας την ατομική διπλωματική μου εργασία, και κυρίως τους γονείς μου, Αντρέα και Δώρα, για την κατανόηση που επέδειξαν όλες τις μέρες που βρίσκονται μακριά τους, για την στήριξη και για την οικονομική βοήθεια που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου - χωρίς αυτούς τίποτα δεν θα ήταν κατορθωτό.

Περίληψη

Σκοπός της ατομικής αυτής διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου. Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελείται από δυο υποσυστήματα, το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο και το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου.

Το πρώτο σύστημα έχει ήδη υλοποιηθεί, και σε αυτό το έγγραφο πρόκειται να αναλυθεί και να περιγραφεί το δεύτερο υποσύστημα, το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου. Το πληροφοριακό σύστημα αυτό, έχει ως πρωτεύων στόχο την ετεροχρονισμένη ενδομητριακή πλοήγηση του ιατρού σε περίπτωση που έχει προηγηθεί υστεροσκοπικής εξέταση.

Η αξιολόγηση του συστήματος έγινε με δεδομένα που πάρθηκαν από υστεροσκοπικές εξετάσεις που εκτέλεσε ιατρός σε πραγματικές συνθήκες, καθώς και με δεδομένα εικονικών υστεροσκοπικών εξετάσεων που έχουν διεξαχθεί ως πειράματα σε εικονικό μοντέλο ενδομητρίου.

Ο ιατρός θα χρησιμοποιεί το εν λόγω σύστημα οποιαδήποτε στιγμή επιθυμεί για να παρακολουθήσει κάποια υστεροσκοπική εξέταση που προηγήθηκε. Θα μπορεί να βλέπει την εξέταση στην οθόνη του ετεροχρονισμένα, παρακολουθώντας τις περιοχές που είχε πλοηγηθεί για να εξετάσει τυχόν κρίσιμα σημεία. Ακόμη μέσω της οθόνης, ο ιατρός θα καθοδηγείται ως προς την πορεία που εκτέλεσε κατά τη διάρκεια της υστεροσκοπικής εξέτασης, γνωρίζοντας ποιο σημείο της ενδομητριακής κοιλότητας παρακολουθεί, ανά πάσα στιγμή.

Η επιτυχής εφαρμογή του πιο πάνω υλοποιημένου συστήματος προσδοκούμε ότι θα βελτιώσει τη διαγνωστική ακρίβεια και θα διασφαλίσει μια πρότυπη μέθοδο ανατομικής κατάταξης των παθήσεων του ενδομητρίου. Επίσης, η ετεροχρονισμένη πλοήγηση θα συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην ασφαλέστερη και αποτελεσματικότερη διάγνωση για την παθοφυσιολογία της ενδομητριακής κοιλότητας.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Γενικά	1
1.2	Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	2
1.3	Ανασκόπηση Διπλωματικής Εργασίας	3
Κεφάλαιο 2	Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	5
2.1	Εισαγωγή	5
2.2	Ανατομία γεννητικού συστήματος της γυναίκας	6
2.3	Γυναικολογικό καρκίνος	6
2.3.1	Τύποι γυναικολογικού καρκίνου	7
2.3.1.1	Καρκίνος του τραχήλου	7
2.3.1.2	Καρκίνος των ωοθηκών	8
2.3.1.3	Καρκίνος του ενδομήτριου	9
2.3.1.4	Καρκίνος του κόλπου	9
2.3.1.5	Καρκίνος του αιδοίου	10
2.3.2	Συμπτώματα γυναικολογικού καρκίνου	11
2.4	Υστεροσκόπηση	12
2.5	Τεχνική συλλογής πληροφοριών	14
Κεφάλαιο 3	Γνωστικό υπόβαθρο και σχετική δουλειά	15
3.1	Εισαγωγή	15
3.2	KD-tree	16
3.2.1	Περιγραφή KD-tree	16
3.2.2	Αλγόριθμος κατασκευής KD-tree	17
3.2.3	Αναζήτηση κατά προσέγγιση κοντινότερου γείτονα – ANN	19
3.2.3.1	Αναζήτηση ANN σε KD-tree	19
3.2.4	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης KD-tree	21
3.3	Προηγούμενη Εργασία	22
3.3.1	Συστήματα με Kd-tree	22
3.3.1.1	Approximate Fingerprint Matching Using Kd-tree	22
3.3.1.2	Interactive Feature Tracking using K-D Trees and Dynamic Programming	23

3.3.2 Σχετικά συστήματα	25
3.3.2.1 Highly-Realistic, Immersive Training Environment for hysteroscopy	25
3.3.2.2 Intensity Based Multi-Scale Blending for Panoramic Images in Fluorescence Endoscopy	27
3.3.2.3 Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D	28
Κεφάλαιο 4 Απαιτήσεις και Σχεδιασμός	31
4.1 Εισαγωγή	31
4.2 Περιγραφή συστήματος	31
4.3 Διαδικασία ανάπτυξης συστήματος	32
4.4 Ορισμοί ακρώνυμων και συντομογραφίες	33
4.5 Γενική περιγραφή	34
4.5.1 Διεπιφάνεια συστήματος	34
4.5.2 Διεπιφάνεια χρήστη	34
4.5.3 Διεπιφάνεια λογισμικού	35
4.6 Κύρια ανάγκη του χρήστη	35
4.7 Λειτουργίες συστήματος	36
4.7.1 Ανάρτηση δεδομένων	36
4.7.2 Δημιουργία κύριας δομής δεδομένων	36
4.7.3 Πλοήγηση ενδομητρίου	37
4.7.3.1 Παρουσίαση υστεροσκοπικής εικόνας	37
4.7.3.2 Γνωστοποίηση θέσης υστεροσκοπίου	37
4.7.4 Παρουσίαση εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου	38
4.7.5 Παρουσίαση πλέγματος	38
4.7.6 Παρουσίαση εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου	38
4.7.7 Γνωστοποίηση χαρακτηριστικών υστεροσκοπίου	39
4.7.8 Εντοπισμός υστεροσκοπικής εικόνας με τα πλησιέστερα χαρακτηριστικά	39
4.8 Σχεδιασμός συστήματος	40
4.8.1 Διαγράμματα ροής δεδομένων	40
Κεφάλαιο 5 Υλοποίηση και Αξιολόγηση	53
5.1 Εισαγωγή	54
5.2 Εργαλεία υλοποίησης συστήματος	54

5.3 Υλοποίηση συστήματος	55
5.3.1 Γραφικό περιβάλλον διαπροσωπείας	55
5.3.1.1 Κύρια οθόνη συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου	57
5.3.1.2 Οθόνη επιλογής ασθενούς για πλοήγηση Ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο	58
5.3.1.3 Οθόνη επιλογής ασθενούς για ετεροχρονισμένη πλοήγηση	60
5.3.1.4 Κύρια Οθόνη συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου	61
5.4 Εντοπισμός Πλησιέστερου Γείτονα- Εγγραφής	62
5.4.1 Επιλογή διαδικασίας για εντοπισμό πλησιέστερου γείτονα - εγγραφής	62
5.4.2 Παράδειγμα εντοπισμού πλησιέστερου γείτονα - εγγραφής	65
5.5 Αξιολόγηση συστήματος	73
5.5.1 Πρώτο στάδιο αξιολόγησης συστήματος	73
5.5.2 Δεύτερο στάδιο αξιολόγησης συστήματος	74
5.5.3 Κύρια αξιολόγηση συστήματος	74
5.5.3.1 Αξιολόγηση με σενάρια	74
5.5.3.2 Αξιολόγηση ως προς τη θέση του υστεροσκοπίου	90
5.5.3.3 Αξιολόγηση ως προς τη κλίση του υστεροσκοπίου	93
5.6 Προσφορά συστήματος	96
 Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα.....	 97
5.1 Γενικά Συμπεράσματα	97
5.2 Μελλοντικές Εργασίες	98
 Βιβλιογραφία.....	 100
 Παράρτημα Α.....	 Α-1
 Παράρτημα Β.....	 Β-1
 Παράρτημα Γ.....	 Γ-1

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γενικά	1
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	2
1.3 Οργάνωση/ Δομή Διπλωματικής Εργασίας	3

1.1 Γενικά

Λόγω των αναγκών στις μέρες μας και της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας, ο τομέας της Ιατρικής Πληροφορικής έχει εξίσου αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό. Κατά συνέπεια και η υστεροσκοπηση, η οποία γνώρισε τεράστια εξέλιξη που οφείλεται στα πολλά πλεονεκτήματά της. Πολλοί διαγνωστικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται για την αναφορά της παθοφυσιολογίας της γυναικείας γενετικής περιοχής.

Υλικό προς ιστολογική εξέταση μπορεί να ληφθεί κατά τη διενέργεια υστεροσκοπησης, είτε «διαγνωστικής» είτε «επεμβατικής». Πολυεπίπεδα χωρικά πεδία μπορεί να ληφθούν, αλλά η ευχέρεια κινήσεων του υστεροσκοπίου στα γυναικεία γεννητικά όργανα είναι εύλογα περιορισμένη. Ο ιατρός θα πρέπει να είναι αρκετά έμπειρος για να μπορεί να προσανατολιστεί στην περιοχή αυτή · σε περίπτωση ύπαρξης δυσκολίας προσανατολισμού κατά τη διάρκεια της εξέτασης, ο ιατρός θα επιχειρήσει να εστιάσει στο μακρό άξονα του σώματος της μήτρας. Για γρήγορη εξαγωγή συμπερασμάτων για την παθοφυσιολογία των γυναικείων γεννητικών οργάνων, απαιτείται και πάλι μια πολύχρονη εμπειρία εξειδικευμένου ιατρού. Παρ' όλα αυτά, κανένας άνθρωπος δεν μπορεί να θεωρηθεί αλάνθαστος, έτσι ανά πάσα στιγμή μια διάγνωση κατά τη διάρκεια υστεροσκοπικής ενδέχεται να αποδειχθεί ως βεβαιασμένη ή λανθασμένη.

Για μια αντικειμενικά σωστή διάγνωση, χρειάζεται να αποθηκευτεί μεγάλος όγκος πληροφοριών που σχετίζεται με το θέμα αυτό, ώστε ο ιατρός να μπορεί να ελέγχει καλύτερα τις αλλαγές της παθοφυσιολογίας των ασθενών και να μπορεί να παρατηρήσει την μετεξέλιξη της κατάστασης ενός ασθενή.

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της διπλωματικής μου εργασίας είναι η δημιουργία συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου σε ετεροχρονισμένο χρόνο και η συνένωση του συστήματος αυτού με ένα σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, δημιουργώντας ένα ενιαίο σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου. Όπως έχει μόλις αναφερθεί, η υλοποίηση αυτή χωρίζεται σε δύο συστήματα, όπου στο πρώτο σύστημα, κατά τη διάρκεια της εξέτασης, ο ιατρός θα έχει τη δυνατότητα να πλοηγηθεί στο ενδομήτριο, δηλαδή στο σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, ενώ στο δεύτερο σύστημα, ο ιατρός θα μπορεί να πλοηγηθεί στο ενδομήτριο μετά από την εξέταση, με τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί από το πρώτο σύστημα. Το σύστημα αυτό ονομάζεται σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου.

Το πρώτο σύστημα έχει υλοποιηθεί σε προηγούμενη διπλωματική εργασία [1]. Στόχος μου είναι η προέκταση του πρώτου συστήματος και η υλοποίηση του δεύτερου συστήματος, καθώς και η συνένωση των δύο συστημάτων. Έτσι, ο ιατρός θα έχει τη δυνατότητα επιλογής ποια από τις δύο λειτουργίες να εκτελέσει.

Το προτεινόμενο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου θα δίνει τη δυνατότητα στον ιατρό να μπορεί να παρακολουθήσει ετεροχρονισμένα μια υστεροσκοπική εξέταση που είχε εκτελέσει. Επίσης, θα προσφέρει στον ιατρό τη δυνατότητα να γνωρίζει ανα πάσα στιγμή τη θέση και την κατεύθυνση του υστεροσκοπίου μέσα στην ενδομητριακή κοιλότητα που παρακολουθεί την συγκεκριμένη στιγμή. Τα δεδομένα θα παρουσιάζονται σε ένα τρισδιάστατο (3D) μοντέλο εικονικού υστεροσκοπίου και σε ένα δισδιάστατο (2D) εικονικό μοντέλο ενδομητρίου, το οποίο θα είναι προσαρμοσμένο στα ανατομικά χαρακτηριστικά της ασθενούς. Το να γνωρίζει ο ιατρός το που βρίσκεται όταν εξετάζει ετεροχρονισμένα μια

υστεροσκοπική εξέταση, είναι εξαιρετικά χρήσιμο σε περίπτωση που το ενδομήτριο είναι παθολογικό και δεν είναι δυνατό μέσα από τις εικόνες μόνο να κατανοήσει σε πιο σημείο του ενδομητρίου βρίσκεται.

Υλοποιώντας τα πιο πάνω συστήματα πλοήγησης, αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό η διαγνωστική ακρίβεια αναγνώρισης, εξακρίβωσης της παθοφυσιολογίας της ενδομητριακής κοιλότητας, καθώς και ο διαχωρισμός περιπτώσεων γυναικολογικού καρκίνου.

1.3 Οργάνωση/ Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Στο Κεφάλαιο 2, γίνεται μια σύντομη περιγραφή στο θεωρητικό υπόβαθρο και πιο συγκεκριμένα στην ανατομία του γυναικείου γεννητικού συστήματος, στους τύπους του γυναικολογικού καρκίνου και μια μικρή αναφορά στην υστεροσκόπηση.

Στο Κεφάλαιο 3, παρουσιάζεται κάποιο γνωστικό υπόβαθρο, απαραίτητο για την πλήρη κατανόηση των εννοιών που χρησιμοποιούνται στη διπλωματική εργασία, δηλαδή περιγράφεται αναλυτικά η έννοια του KD-tree [2], καθώς και η τεχνική και ο αλγόριθμος ANN [3]. Ακολουθεί αναφορά σε υπάρχων συστήματα που είτε είναι παρόμοια με το σύστημα που πρόκειται να αναπτυχθεί είτε μέσω αυτών δημιουργήθηκε η ιδέα ανάπτυξης του συγκεκριμένου συστήματος.

Στο Κεφάλαιο 4, γίνεται μια εκτενής περιγραφή του συστήματος και στη συνέχεια ακολουθεί μια μικρή αναφορά στη διεπιφάνεια του συστήματος, περιγράφοντας στη συνέχεια τις λειτουργίες που πρέπει να αποτελούν το σύστημα. Τέλος θα παρουσιαστούν διαγράμματα ροής κάθε λειτουργίας τα οποία εμπίπτουν στη φάση της σχεδίασης.

Στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζεται η υλοποίηση του συστήματος, το πώς δηλαδή οι λειτουργίες που απαρτίζουν το σύστημα έχουν υλοποιηθεί. Στη συνέχεια, περιγράφεται ο τρόπος που έγινε η αξιολόγηση του συστήματος και τα αποτελέσματά της.

Στο Κεφάλαιο 6, παρουσιάζονται συμπεράσματα που έχουμε εξάγει κυρίως από τη φάση της αξιολόγησης, αλλά και κα' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Έπειτα, παρουσιάζονται κάποιες εισηγήσεις για μελλοντικές εργασίες που μπορούν να γίνουν είτε ως προέκταση της μελέτης αυτής, μιας και το σύστημα είναι στα αρχικά του στάδια, είτε σαν επιπλέον μελέτες στον τομέα της Ιατρικής Πληροφορικής.

Κεφάλαιο 2

Θεωρητικό υπόβαθρο

2.1 Εισαγωγή	5
2.2. Ανατομία γεννητικού συστήματος της γυναίκας	6
2.3 Γυναικολογικό καρκίνος	6
2.3.1 Τύποι γυναικολογικού καρκίνου	7
2.3.1.1 Καρκίνος του τραχήλου	7
2.3.1.2 Καρκίνος των ωοθηκών	8
2.3.1.3 Καρκίνος του ενδομητρίου	9
2.3.1.4 Καρκίνος του κόλπου	9
2.3.1.5 Καρκίνος του αιδοίου	10
2.3.2 Συμπτώματα γυναικολογικού καρκίνου	11
2.4 Υστεροσκόπηση	12
2.5 Τεχνική συλλογής πληροφοριών	14

2.1 Εισαγωγή

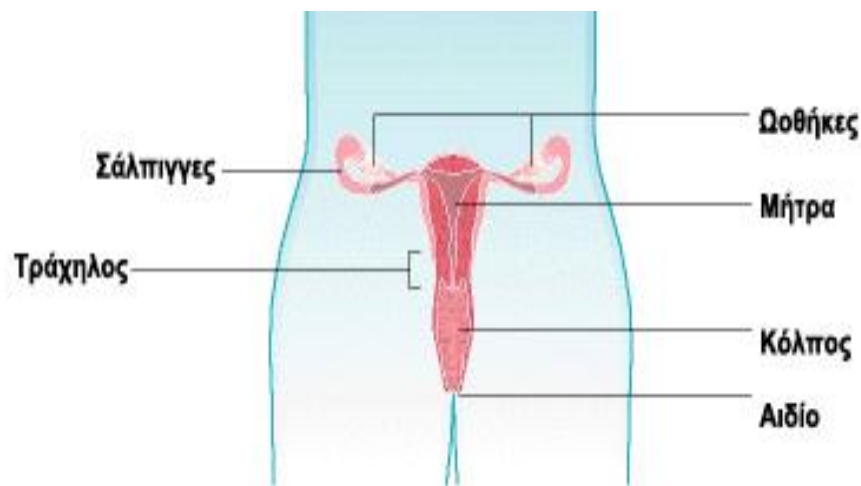
Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε και θα περιγράψουμε περιοχές που σχετίζονται με το γυναικείο γεννητικό σύστημα: την ανατομία του γυναικείου γεννητικού συστήματος, το γυναικολογικό καρκίνο και την υστεροσκοπική εξέταση. Τα πιο πάνω συσχετίζονται μεταξύ τους ως εξής: το γεννητικό σύστημα της γυναίκας ενδέχεται να παρουσιάσει καρκίνο, τον γυναικολογικό καρκίνο, ο οποίος μπορεί να προβλεφτεί, να εξεταστεί και να τον παρακολουθήσει ο ιατρός με την υστεροσκοπική εξέταση.

Στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου, έχουμε ως είσοδο υστεροσκοπικές εικόνες από την ενδομητριακή κοιλότητα της γυναίκας, οι οποίες ενέχονται παρακολουθήση και επεξεργασία από τον ιατρό. Οι εικόνες αυτές έχουν

παρθεί μέσω ενδοσκοπικής μεθόδου, συγκεκριμένα μέσω της υστεροσκόπησης, και είναι είτε φυσιολογικές είτε παρουσιάζουν κάποια μορφή καρκίνου.

2.2 Ανατομία γυναικείου γεννητικού συστήματος

Το γεννητικό σύστημα της γυναίκας είναι ένας πολύπλοκος βιολογικός μηχανισμός [4]. Ανατομικά αποτελείται από τα έσω και έξω γεννητικά όργανα (Σχήμα 2.2.1). Τα έξω γεννητικά όργανα, που αλλιώς ονομάζονται αιδοίο, αποτελούνται από τα εξής: την κλειτορίδα, την ουρήθρα, το εφήβαιο, τα μικρά χείλη και τα μεγάλα χείλη, και τα έσω γεννητικά όργανα αποτελούνται από τα εξής: τη μήτρα, το ενδομήτριο, τον τράχηλο, τον κόλπο, δύο ωοθήκες και δύο σάλπιγγες.



Σχήμα 2.1: Ανατομία γεννητικού συστήματος της γυναίκας [5]

2.3 Γυναικολογικός καρκίνος

Ο καρκίνος αποτελείται από άτυπα κύτταρα που πολλαπλασιάζονται και εκτοπίζουν τους υγιείς ιστούς του ανθρώπινου σώματος. Έτσι, και ο γυναικολογικός καρκίνος αποτελείται από μια ομάδα καρκίνου η οποία επηρεάζει τους ιστούς και τα όργανα του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος [4].

2.3.1 Τύποι γυναικολογικού καρκίνου

Κάθε τύπος καρκίνου παίρνει το όνομά του από το όργανο που παρουσιάζει την πάθηση. Οι κύριοι καρκίνοι που παρουσιάζονται είναι ο καρκίνος του τραχήλου, ο καρκίνος των ωοθηκών, ο καρκίνος του ενδομήτριου, ο καρκίνος του κόλπου και ο καρκίνος του αιδοίου. Παρακάτω, αναλύονται οι τύποι γυναικολογικού καρκίνου και τέλος, παρουσιάζεται ένας πίνακας με τα συμπτώματά τους [6, 7].

2.3.1.1 Καρκίνος του τραχήλου

Ο τράχηλος παίζει ζωτικό ρόλο στο αναπαραγωγικό σύστημα της γυναίκας, μιας και κατά τη διάρκεια του τοκετού διαστέλλεται για να επιτραπεί η διέλευση ενός μωρού από τη μήτρα στον κόλπο.

Ο καρκίνος τραχήλου της μήτρας είναι ο 2^{ος} συχνότερος καρκίνος που παρουσιάζεται στις γυναίκες παγκοσμίως. Παρόλο που μπορεί να εντοπιστεί εύκολα, ακόμα και σε αρχικό στάδιο με κυτταρολογική εξέταση, θεωρείται ως ένα αίτιο θνησιμότητας. Είναι μεταστατικός ή ακόμα μπορεί να παραμείνει στα γεννητικά όργανα σε πολύ προχωρημένο επίπεδο. Ο κύριος παράγοντας για ανάπτυξη του καρκίνου του τραχήλου είναι ο ιός HPV, ο οποίος είναι ένα κοινό σεξουαλικά μεταδιδόμενο νόσημα που μεταδίδεται μέσω της σεξουαλικής επαφής, δέρμα με δέρμα. Ο ιός μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στα τραχηλικά κύτταρα που θα μπορούν να εξελιχθούν σε καρκίνο του τραχήλου αν δεν υπάρξει θεραπεία. Έτσι, η πιθανότητα να προσβληθεί μια γυναίκα αυξάνεται με τις συχνές σεξουαλικές επαφές με διαφορετικούς ερωτικούς συντρόφους.

Ο καρκίνος του τραχήλου της μήτρας είναι ο μοναδικός γυναικολογικός καρκίνος που μπορεί να διαγνωστεί από το τεστ Παπανικολάου, το οποίο είναι ένας απλός κυτταρικός έλεγχος που επιτρέπει την εξέταση κυττάρων του τραχήλου με σκοπό να εντοπίσει τυχόν ανωμαλίες και αλλαγές στον τράχηλο της μήτρας πολύ πριν εξελιχθούν σε καρκινικά. Έτσι, μπορεί να διαγνωστεί ξεκάθαρα η παθολογία των κυττάρων. Αν το τεστ Παπανικολάου βγει θετικό, τότε ακολουθεί κολποσκόπηση και άλλες εξετάσεις με σκοπό ο ιατρός να δει πιο στενά τον τράχηλο της μήτρας. την απόκλιση ενδεχόμενου καρκίνου. Ανάλογα σε ποιο στάδιο είναι ο καρκίνος του τραχήλου μπορεί να

αντιμετωπισθεί με διάφορους τρόπους. Η υστερεκτομή, η οποία είναι χειρουργική επέμβαση, η χημειοθεραπεία και η ακτινοθεραπεία, καθώς και συνδυασμός μεθόδων είναι μορφές θεραπείας του.

Ο κίνδυνος ανάπτυξης του καρκίνου του τραχήλου μπορεί να μειωθεί με το να γίνεται τακτικά το τεστ Παπανικολάου, με τη λήψη του εμβόλιο HPV Gardasil, το οποίο συνιστάται σε νεαρά άτομα 9-27 ετών, με το να μην καπνίζουμε, με τον περιορισμό του αριθμού ερωτικών συντρόφων και έχοντας ασφαλές ερωτική επαφή.

2.3.1.2 Καρκίνος των ωοθηκών

Ο καρκίνος των ωοθηκών είναι μια ασθένεια που επηρεάζει τον ωοθηκικό ιστό στο γεννητικό σύστημα της γυναίκας. Οι ωοθήκες είναι υπεύθυνες για την παραγωγή ωαρίων και των οιστρογόνων και προγεστερόνης.

Ο καρκίνος των ωοθηκών δεν εμφανίζεται συχνά στις γυναίκες, παρόλο που έχει τα υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας. Το 94% των όγκων στην περιοχή των ωοθηκών είναι καλοήθεις και είναι συνήθως κύστεις, κυστικά τερατώματα ωοθηκών, ενδομητρίωματα και ινομυώματα. Γύρω στο 6% των όγκων που παρουσιάζονται στις ωοθήκες είναι κακοήθης. Για μεγάλο χρονικό διάστημα τα καρκινώματα στις ωοθήκες παραμένουν ασυμπτωματικά μέχρι να προκαλέσουν αποφράξεις στα γύρω όργανα ή δημιουργηθούν γενικευμένα συμπτώματα. Δεν είναι εμφανή μέχρι σε προχωρημένα στάδια, όταν αυτό είναι ελάχιστο θεραπεύσιμο.

Η κληρονομικότητα είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που μπορεί μια γυναίκα να προσβληθεί από τον καρκίνο των ωοθηκών. Έτσι, γυναίκες που έχουν οικογενειακό ιστορικό με καρκίνο ωοθηκών πρέπει να εξετάζονται γυναικολογικά και με υπερηχογραφική εξέταση. Ο καρκίνος των ωοθηκών μπορεί να αντιμετωπιστεί με χειρουργική επέμβαση και χημειοθεραπεία.

2.3.1.3 Καρκίνος του ενδομήτριου

Ο καρκίνος του ενδομήτριου επηρεάζει τον εσωτερικό χιτώνα της μήτρας και αποτελεί το συχνότερο γυναικολογικό καρκίνο. Το 75% των περιπτώσεων παρουσιάζεται μετά την εμμηνόπαυση ενώ 3-5% εμφανίζεται πριν από την ηλικία των 40. Η παχυσαρκία και η κακή διατροφή με αυξημένη κατανάλωση λίπους, το σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών, ο σακχαρώδης διαβήτης είναι κάποιους από τους παράγοντες που προκαλούν τον καρκίνο του ενδομήτριου.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι διάγνωσης του καρκίνου του ενδομήτριου, όπως να γίνει τεστ Παπανικολάου με σκοπό αποκλεισμό κακοήθειας από τον τράχηλο της μήτρας, με το διακολπικό υπερηχογράφημα, το οποίο παρέχει πληροφορίες για την ανατομία του ενδομήτριου. Τέλος, με την υστεροσκόπηση ο ιατρός έχει άμεση επισκόπηση της περιοχής της μήτρας και να ληφθούν βιοψίες από ύποπτες περιοχές.

Ανάλογα με διάφορους παράγοντες όπως η ηλικία, κατά πόσο έχει τεκνοποιήσει ή όχι ακόμα, το στάδιο και ο βαθμός κινδύνου της νόσου λαμβάνονται και οι κατάλληλες θεραπείες. Όταν είναι περιορισμένος στην περιοχή της πυέλου θεραπεύεται με χειρουργική επέμβαση ή με χημειοθεραπεία όταν έχει γίνει μετάσταση εκτός της περιοχής της πυέλου.

2.3.1.4 Καρκίνος του κόλπου

Ο καρκίνος του κόλπου είναι μια σπάνια μορφή καρκίνου που παρουσιάζεται στον κολπικό ιστό στο γεννητικό σύστημα της γυναίκας. Μέχρι στιγμής, οι ερευνητές δεν έχουν εντοπίσει τι ακριβώς προκαλεί τον καρκίνο του κόλπου. Η λοίμωξη HPV, το κάπνισμα ή μόλυνση από τον ιό HIV και AIDS μπορούν να θεωρηθούν ως παράγοντες κινδύνου για τον καρκίνο του κόλπου. Στα αρχικά στάδια της νόσου, τα συμπτώματα δεν είναι εμφανείς. Μόνο κατά την ανάπτυξη της νόσου, τα συμπτώματα αρχίζουν να εμφανίζονται.

Το τεστ Παπανικολάου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάγνωση του καρκίνου του κόλπου. Έπειτα, αν τα αποτελέσματα είναι θετικά γίνεται κολποσκόπηση για να

μπορέσει ο ιατρός να παρατηρήσει τα κολπικά τοιχώματα πιο στενά.. Με την χρήση κολποσκοπίου εντοπίζονται τυχόν ανωμαλίες στην περιοχή αλλά και σε ύποπτες περιοχές.

Η θεραπεία του καρκίνου του κόλπου εξαρτάται από το είδος του καρκίνου, το στάδιο και ο βαθμός κινδύνου της νόσου, και η υγεία της ασθενούς. Η χειρουργική επέμβαση και η ακτινοθεραπεία αποτελούν τις πρωταρχικές μεθόδους θεραπείας. Η χειρουργική επέμβαση διαφέρει από γυναίκα σε γυναίκα αν ο καρκίνος του κόλπου βρίσκεται στα πρώτα στάδια μπορεί να χρειαστεί μόνο λέιζερ ή μεγάλη τοπική χειρουργική εκτομή για να αφαιρεθούν οι καρκινικοί ιστοί, ενώ αν ο καρκίνος τραχήλου βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο, ίσως χρειαστεί χειρουργική αφαίρεση τμήματος ή του συνόλου του κόλπου.

Λόγω του ότι δεν γνωρίζουμε τα ακριβή αίτια του καρκίνου του κόλπου, ο καλύτερος τρόπος πρόληψης είναι η αποφυγή των παραγόντων κινδύνου, όπως η αποφυγή από μόλυνση του ιού HPV περιορίζοντας τον αριθμό των ερωτικών συντρόφων, η αποφυγή καπνίσματος και τέλος, κάνοντας συχνά τεστ Παπανικολάου.

2.3.1.5 Καρκίνος του αιδοίου

Το αιδοίο είναι μια ευαίσθητη περιοχή στο γεννητικό σύστημα της γυναίκας. Ο καρκίνος του αιδοίου αποτελεί το 5% του συνόλου του γεννητικού συστήματος της γυναίκας. Συνήθως παρατηρούνται δυο ή περισσότεροι όγκοι στα μεγάλα χείλη. Ακόμη και σε αυτό τον τύπο καρκίνου δεν έχει εντοπιστεί η ακριβής αιτία που προκαλεί τον καρκίνο του αιδοίου. Παρουσιάζεται περισσότερο σε γυναίκες με διαβήτη, ή παχύσαρκες. Τα αφροδίσια νοσήματα θεωρούνται ως αιτία καρκίνου του αιδοίου.

Ο καρκίνος του αιδοίου μπορεί να διαγνωστεί με βιοψία. Η χειρουργική επέμβαση είναι η κυριότερη θεραπεία και έπειτα η ραδιοθεραπεία. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντικαρκινικά φάρμακα κατ' ευθείαν στον όγκο. Κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων της ασθένειας, ο καρκίνος του αιδοίου μπορεί να αντιμετωπιστεί πολύ εύκολα.

2.3.2 Συμπτώματα γυναικολογικού καρκίνου

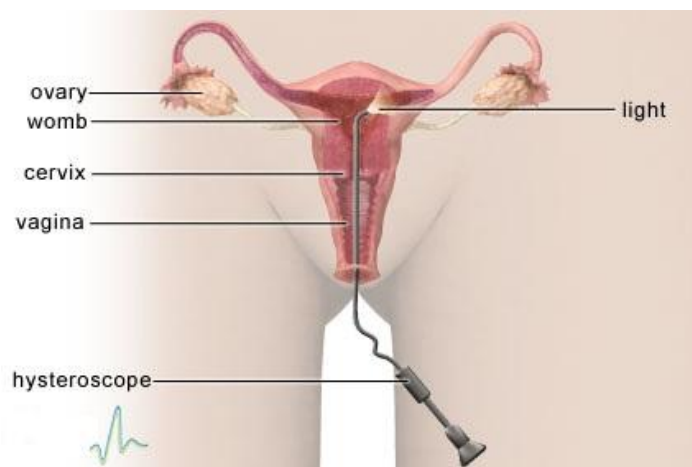
Στο πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται τα συχνότερα συμπτώματα των ειδών του γυναικολογικού καρκίνου.

Συμπτώματα	Καρκίνος τραχήλου της μήτρας	Καρκίνος ωοθηκών	Καρκίνος ενδομήτριου	Καρκίνος κόλπου	Καρκίνος αιδοίου
Ανώμαλη κολπική αιμορραγία	●	●	●	●	
Πυελικός πόνος ή πίεση		●	●		●
Κοιλιακός πόνος		●			
Πόνος στην πλάτη		●			
Φούσκωμα		●			
Αλλαγές σε συνήθειες μπάνιου		●		●	
Φαγούρα ή κάψιμο του αιδοίου					●
Αλλαγές στο χρώμα του αιδοίου					●
Αλλαγές στο δέρμα του αιδοίου					●

Πίνακας 2.1 Συνοπτική παρουσίαση με τα συμπτώματα των γυναικολογικών καρκίνων [7].

2.4 Υστεροσκόπηση

Η υστεροσκόπηση είναι μια πρωτοποριακή μέθοδος εξέτασης με την οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε την κοιλότητα της μήτρας, το ενδομήτριο, τα μητριαία στόμια των σαλπίγγων και τον αυλό του τραχήλου. Η υστεροσκόπηση πραγματοποιείται τις περισσότερες φορές για τη διάγνωση και τη θεραπεία της αιμορραγίας της μήτρας ή της βαριάς έμμηνου ρύσεως, καθώς και για τον εντοπισμό του γυναικολογικού καρκίνου [8].



Σχήμα 2.2: Υστεροσκοπική εξέταση ενδομητρίου [8]

Με την υστεροσκόπηση, η εξέταση γίνεται υπό άμεση όραση, ακρίβεια και αξιοπιστία μεγαλύτερη από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο. Είναι ανώδυνη και διαρκεί λίγα λεπτά σε ελάχιστες περιπτώσεις ασθενών, μπορεί να χορηγηθεί ελαφρά αναλγησία (μέθη). Ο μεταεπεμβατικός πόνος είναι ελάχιστος και η ασθενής είναι σε θέση να επανακτήσει τη φυσιολογική της δραστηριότητα την ίδια ημέρα.

Η προσέγγιση της κοιλότητας της μήτρας γίνεται μέσω του κόλπου και του τραχήλου, χωρίς τομή και τραυματισμούς με τη βοήθεια του υστεροσκοπίου. Το υστεροσκόπιο είναι ένα είδος «τηλεσκοπίου» μικρής διαμέτρου. Για τη πραγματοποίηση της υστεροσκόπησης είναι απαραίτητη η διάταση της κοιλότητας της μήτρας η οποία επιτυγχάνεται με χρήση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ή φυσιολογικού ορού. Ο ορός διοχετεύεται στην κοιλότητα της μήτρας μέσω μιας ειδικής θήκης που προσαρμόζεται στο υστεροσκόπιο. Το υστεροσκόπιο είναι συνδεδεμένο με πηγή φωτός με ειδικό

καλώδιο οπτικών ινών παράγοντας καθαρό λευκό φως. Στον προσοφθάλμιο φακό του υστεροσκοπίου προσαρμόζεται μικροσκοπική βιντεοκάμερα μικρού βάρους, η οποία επιτρέπει την προβολή εικόνας σε έγχρωμη οθόνη και τη μαγνητοσκόπηση της επέμβασης.

Η ανώμαλη αιμορραγία της μήτρας είναι η κύρια ένδειξη της υστεροσκόπησης και απαιτεί την εκτίμηση της παθολογίας της ενδομήτριας κοιλότητας και του αποκλεισμού της κακοήθειας. Η αιμορραγία αυτή μπορεί να οφείλεται σε ύπαρξη πολύποδων, ινομυωμάτων και σε χορήγηση ορμονικής θεραπείας σε γυναίκες μετεμμηνοπαυσιακής ηλικίας σε παρουσία καρκίνου του ενδομητρίου. Με την υστεροσκόπηση η διάγνωση όλων αυτών των καταστάσεων γίνεται με μεγάλη ευκολία και ακρίβεια υπό άμεση όραση, ενώ αν υπάρξει οποιαδήποτε ένδειξη είναι δυνατή η λήψη βιοψίας.

Η επεμβατική υστεροσκόπηση άνοιξε νέους ορίζοντες στην γυναικολογία. Η υστεροσκόπηση προσφέρει τη δυνατότητα άμεσης επισκόπησης της κοιλότητας της μήτρας για ακριβή διάγνωση και συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Με την υστεροσκόπηση μπορούμε να παρατηρήσουμε:

- Το μέγεθος και σχήμα της κοιλότητας της μήτρας.
- Τα μητριάια στόμια των σαλπίγγων.
- Την υφή και την ανάπτυξη του ενδομητρίου.
- Τον ενδοτράχηλο.

Η υστεροσκόπηση αποτελεί σύγχρονη, ασφαλή και ταχεία μέθοδο χειρουργικές αντιμετώπισης των καλοηθών παθολογικών καταστάσεων της κοιλότητας της μήτρας. Είναι μια ακίνδυνη και αποτελεσματική επέμβαση όταν εκτελείται από έμπειρους ιατρούς, ενώ απαραίτητος κρίνεται ο πλήρης προεγχειρητικός έλεγχος και η κατάλληλη προετοιμασία.

2.5 Τεχνική συλλογής πληροφοριών

Οι κινήσεις του υστεροσκοπίου που μπορεί να εκτελέσει ο ιατρός μέσα στην ενδομητριακή κοιλότητα είναι αρκετά περιορισμένες, λόγω του ότι ο χώρος της ενδομητριακής κοιλότητας είναι μικρός και συμπυκνωμένος. Έτσι, οι κινήσεις αυτές μέσα στο ενδομήτριο περιορίζονται στον άξονα x, y, z (αξιμούθιο και ανύψωση), και η περιστροφή γύρω από τον άξονα.

Σε περιπτώσεις που παρουσιάζεται ανωμαλία στην ενδομητριακή κοιλότητα, οι κινήσεις που εκτελεί ο ιατρός σε αυτή, είναι ακόμα περισσότερο περιορισμένες, και στη χειρότερη περίπτωση σχεδόν αδύνατο να εισαχθεί το υστεροσκόπιο στην ενδομητριακή κοιλότητα.

Στην αρχή της υστεροσκοπικής εξέτασης, ο ιατρός ξεκινά την πλοήγηση στην ενδομητριακή κοιλότητα σε μακρινό πλάνο. Εισέρχοντας στο ενδομήτριο, η πλοήγηση σε αυτό γίνεται από αριστερά προς δεξιά. Έπειτα, ο ιατρός επισκέπτεται ξανά τις περιοχές που θεωρεί ύποπτες. Επικεντρώνοντας σε αυτές σε αρκετό κοντινό πλάνο, συλλέγονται οι σημαντικές και απαραίτητες εικόνες και αποθηκεύονται στο φάκελο της ασθενούς για να μπορεί ο ιατρός να τις εξετάσει καλύτερα οποιαδήποτε στιγμή, χωρίς να επιβάλλεται η παρουσία της ασθενούς.

Κεφάλαιο 3

Γνωστικό υπόβαθρο και σχετική δουλειά

3.1 Εισαγωγή	15
3.2 KD-tree	16
3.2.1 Περιγραφή KD-tree	16
3.2.2 Αλγόριθμος κατασκευής KD-tree	17
3.2.3 Αναζήτηση κατά προσέγγιση κοντινότερου γείτονα – ANN	19
3.2.3.1 Αναζήτηση ANN σε KD-tree	19
3.2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης KD-tree	21
3.3 Προηγούμενη Εργασία	22
3.3.1 Συστήματα με Kd-tree	22
3.3.1.1 Approximate Fingerprint Matching Using Kd-tree	22
3.3.1.2 Interactive Feature Tracking using K-D Trees and Dynamic Programming	23
3.3.2 Σχετικά συστήματα	25
3.3.2.1 Highly-Realistic, Immersive Training Environment for Hysteroscopy	25
3.3.2.2 Intensity Based Multi-Scale Blending for Panoramic Images in Fluorescence Endoscopy	27
3.3.2.3 Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D	28

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναφερθούμε και θα περιγράψουμε τα KD-trees, την τεχνική που χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης. Ακολουθούν ο ορισμός, γενική περιγραφή της τεχνικής KD-tree, περιγραφή της τεχνικής για αναζήτηση και εύρεση κοντινότερου γείτονα και ο αλγόριθμός τους. Τέλος,

παρουσιάζονται κάποια συστήματα τα οποία είναι σχετικά με το σύστημα που θα υλοποιήσουμε. Παρ' όλα αυτά, δεν έχει υλοποιηθεί παρόμοιο σύστημα με το σύστημα που προτείνεται. Η ανάπτυξη του προτεινόμενου συστήματος είναι μια ιδέα που προήρθε από όλο το θεωρητικό υπόβαθρο που ακολουθεί και το θεωρητικό υπόβαθρο που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2.

3.2 KD-tree

Στην επιστήμη της πληροφορικής, ένα KD-tree (συντομογραφία του k – dimensional tree) είναι ένα δυαδικό δέντρο το οποίο παριστάνει τη διαδοχική υποδιαίρεση του χώρου σε υποχώρους μέσω υπερεπιπέδων. Χρησιμοποιείται ως μια δομή κατάτμησης χώρου όπου επιτυγχάνεται η οργάνωση σημείων σε ένα k - διάστατο χώρο. Τα KD-tree είναι μία αρκετά χρήσιμη δομή δεδομένων για διάφορες εφαρμογές, όπως η αναζήτηση σε ένα εύρος και η αναζήτηση πλησιέστερου γείτονα. Επίσης, θεωρούνται μια ειδική περίπτωση των δυαδικών δέντρων κατάτμησης χώρου, προσφέροντας δυαδικό χωρισμό του χώρου όπου τα επίπεδα διαχωρισμού είναι παράλληλα με τους άξονες. Με τον τρόπο αυτό, δηλαδή ότι τα επίπεδα είναι παράλληλα με τους άξονες, ο υπολογισμός και ο έλεγχος τομών είναι αρκετά αποτελεσματικός [2].

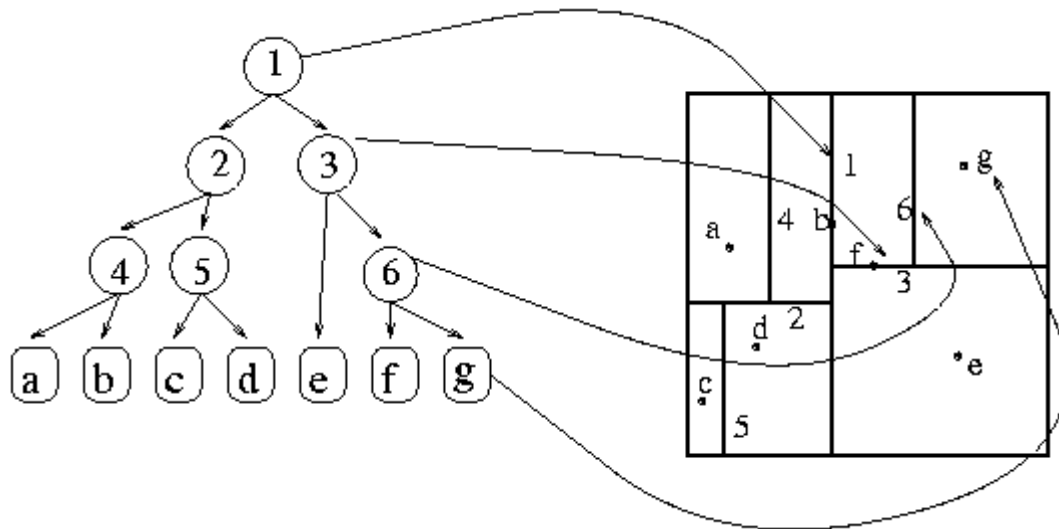
3.2.1 Περιγραφή KD-tree

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, το KD-tree είναι ένα δυαδικό δέντρο όπου κάθε κόμβος είναι ένα k - διάστατο σημείο στο χώρο. Κάθε κόμβος που δεν είναι φύλλο, θεωρείται έμμεσα ένα υπερεπίπεδο διαχωρισμού που χωρίζει το χώρο σε δύο τμήματα, γνωστά ως υποχώροι. Τα σημεία που βρίσκονται στα αριστερά αυτό του υπερεπίπεδου, αντιπροσωπεύουν το αριστερό υπο-δέντρο του κόμβου αυτού, καθώς και τα σημεία στα δεξιά του υπερεπίπεδου αναπαριστούν τα δεξιά υπο-δέντρο. Η κατεύθυνση του υπερεπίπεδου επιλέγεται με τον ακόλουθο τρόπο: κάθε κόμβος στο δέντρο συνδέεται με μία από τις k – διαστάσεις, με το υπερεπίπεδο που είναι κάθετο στον άξονα αυτής της διάστασης [2, 3].

Με απλά λόγια, οι κόμβοι ενός KD-tree αναπαριστούν ένα δυαδικό δέντρο, όπου κάθε κόμβος έχει αριστερό και δεξιό γείτονα με μια σύνδεση του πατέρα κόμβου. Ωστόσο,

αντί για μια τιμή, κάθε κόμβος περιέχει ένα πολυδιάστατο σημείο με N συντεταγμένες και ένα άξονα που καθορίζει τη διάσπαση της διάστασης επιπέδου.

Το πιο κάτω σχήμα, αναπαριστά ένα χώρο σημείων και πώς τα σημεία αυτά ταξινομούνται σε ένα δέντρο με τη χρήση της τεχνικής Kd-tree. Κάθε σημείο στο χώρο αναπαριστάται στο δέντρο ως ένας κόμβος.



Σχήμα 3.1: Αναπαράσταση σημείων του χώρου με κόμβους σε δεντρική δομή Kd – tree [15]

3.2.2 Αλγόριθμος κατασκευής KD-tree

Το βασικότερο στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην κατασκευή ενός KD-tree είναι η σωστή τοποθέτηση της επιφάνειας διαχωρισμού. Ένας κακός διαχωρισμός του χώρου μπορεί να επιφέρει μεγάλες επιπτώσεις στο χρόνο διάσχισης.

Η διαδικασία για κατασκευή KD-tree έχει τρεις παραμέτρους, ένα σύνολο από σημεία, το πλήθος των σημείων και το μέγεθος της διάστασης στο χώρο. Η πρώτη παράμετρος ορίζει το σύνολο με το οποίο θα δημιουργηθεί το KD-tree, η δεύτερη παράμετρος ορίζει το βάθος – το πλήθος του συνόλου που θα δημιουργήσει το KD-tree. Τέλος, η τρίτη παράμετρος ορίζει το μέγεθος της διάστασης στο χώρο. Η διαδικασία επιστρέφει την ρίζα του KD-tree. Παρακάτω, ακολουθεί ο αλγόριθμος για την κατασκευή του KD-tree.

Είσοδος:	ένα σύνολο από σημεία, P , το πλήθος των σημείων του συνόλου P , $depth$, η διάσταση στο χώρο, $dimension$.
Έξοδος:	η ρίζα του kd-tree που δημιουργήθηκε για το σύνολο P .
Όνομα διαδικασίας:	$ANNkd_Tree(P, depth, dimension)$
- Εάν το σύνολο P περιέχει μόνο ένα σημείο, επίστρεψε ένα φύλλο στο οποίο είναι αποθηκευμένο το σημείο αυτό. - Αλλιώς, εάν το βάθος είναι άρτιο, τότε, χώρισε το P σε δύο υποσύνολα με μια κάθετη γραμμή μέσω της διάμεσης συντεταγμένης x των σημείων του συνόλου P. Έστω ότι το P_1 είναι το σύνολο των σημείων στα αριστερά της κάθετης γραμμής και το P_2 είναι το σύνολο των σημείων στα αριστερά της κάθετης γραμμής. αλλιώς, χώρισε το P σε δύο υποσύνολα με μια οριζόντια γραμμή μέσω της διάμεσης συντεταγμένης y των σημείων του συνόλου P. Έστω ότι το P_1 είναι το σύνολο των σημείων κάτω από την οριζόντια γραμμή και το P_2 είναι το σύνολο των σημείων πάνω από την οριζόντια γραμμή. - Αναδρομικά, επανέλαβε τα πιο πάνω στάδια έχοντας ως ρίζα το αριστερό φύλλο, εκτελώντας $built_KD_Tree(P_1, depth + 1, dimension)$. - Αναδρομικά, επανέλαβε τα πιο πάνω στάδια έχοντας ως ρίζα το δεξιό φύλλο, εκτελώντας $built_KD_Tree(P_2, depth + 1, dimension)$. - Επίστρεψε το v.	

Σχμήα 3.2: Αλγόριθμος κατασκευής kd-tree

3.2.3 Αναζήτηση κατά προσέγγιση κοντινότερου γείτονα - ANN

Η τεχνική αναζήτησης κατά προσέγγιση κοντινότερου γείτονα (ANN) χρησιμοποιείται για την εύρεση κοντινότερων σημείων σε ένα πολυδιάστατο χώρο. Κύρια ιδέα της τεχνικής [3].

Στη μέθοδο σύγκρισης μεταξύ των σημείων του χώρου χρησιμοποιείται η Ευκλείδεια απόσταση. Ο Ευκλείδειος χώρος χρησιμοποιείται ως μετρικός χώρος και υπολογίζονται οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων που περιέχει.

Για χώρο n – διαστάσεων, η Ευκλείδεια απόσταση μεταξύ δυο σημείων $P = (p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)$ και $Q = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_n)$, υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{distance} = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + (p_3 - q_3)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2}$$

3.2.3.1 Αναζήτηση ANN σε KD-tree

Αλγόριθμος αναζήτησης ANN σε KD-tree:

Η διαδικασία για αναζήτηση σε KD-tree έχει τις εξής παραμέτρους, την ρίζα του ήδη δημιουργημένου KD-tree, ένα ερώτημα (query) από σημεία, το πλήθος και τα χαρακτηριστικά των πλησιέστερων γειτόνων που πρόκειται να επιστρέψει η διαδικασία και η απόσταση μεταξύ των πλησιέστερων γειτόνων του ερωτήματος από σημεία που τέθηκε. Η διαδικασία αυτή, επιστρέφει το πλήθος και τα χαρακτηριστικά των πλησιέστερων γειτόνων που πρόκειται να επιστρέψει η διαδικασία και η απόσταση των πλησιέστερων γειτόνων σε σχέση με τις συντεταγμένες του ερωτήματος που τέθηκε.

Είσοδος:	το KD-tree , kd_tree ένα σημείο αναζήτησης (query) από συντεταγμένες, query_point το ζητούμενο πλήθος των πλησιέστερων γειτόνων που θα επιστραφούν, n
Έξοδος:	τα χαρακτηριστικά των πλησιέστερων γειτόνων,

	nearest_neighbours, την απόσταση μεταξύ των πλησιέστερων γειτόνων σε σχέση με το σημείο αναζήτησης (query), distance
Όνομα διαδικασίας:	ANNkd_Search (kd_tree, query_point, n, nearest_neighbours, distance)
1. Ξεκίνα από την ρίζα του kd- tree. Μετακινήσου προς τα κάτω του kd- tree αναδρομικά, με τον ίδιο τρόπο που θα ήταν εάν το σημείο αναζήτησης θα εισαγόταν στο kd- tree . 2. Εάν το σημείο αναζήτησης είναι μικρότερο από το τρέχον κόμβο, πήγαινε στο κόμβο αριστερά. Αλλιώς, πήγαινε στο κόμβο δεξιά του κόμβου. 3. Όταν φτάσεις σε φύλλο, υπολόγισε την Ευκλείδεια απόσταση του σημείου του κόμβου και του σημείου αναζήτησης, Εάν το σημείο του φύλλου έχει τη μικρότερη απόσταση (όλων των συντεταγμένων της διάστασής του), αποθήκευσε το φύλλο αυτό ως το «καλύτερο». 4. Εκτέλεσε αναδρομικά στο kd- tree: a. Για κάθε τρέχον κόμβο εκτέλεσε τα εξής: i. υπολόγισε την Ευκλείδεια απόσταση για όλες τις συντεταγμένες της διάστασης, του σημείου του κόμβου και του σημείου αναζήτησης. ii. Εάν ο τρέχον κόμβος είναι πλησιέστερος στο σημείο αναζήτησης παρά από το «καλύτερο φύλλο», αποθήκευσε αυτό ως «καλύτερο». b. Έλεγξε αν στην άλλη πλευρά του αρχικού διαχωρισμού, υπάρχουν σημεία που είναι πλησιέστερα στο σημείο αναζήτησης από το τρέχον «καλύτερο». i. Για κάθε τρέχον κόμβο εκτέλεσε τα εξής:	

1. υπολόγισε την Ευκλείδεια απόσταση για όλες τις συντεταγμένες της διάστασης, του σημείου του κόμβου και του σημείου αναζήτησης. 2. Εάν ο τρέχον κόμβος είναι πλησιέστερος στο σημείο αναζήτησης παρά από το «καλύτερο κόμβο», αποθήκευσε αυτό ως «καλύτερο».
5. Επίστρεψε τον «καλύτερο» κόμβο.

Σχήμα 3.3: Αλγόριθμος αναζήτησης σε kd-tree

3.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης KD-tree

Ο κύριος λόγος της χρήσης των KD-trees είναι ότι δίνουν λύσεις σε πολλά προβλήματα της πραγματική μας ζωής που απαιτούν γρήγορες αναλύσεις και γρήγορη αναζήτηση σε πολυδιάστατα δεδομένα.

Επίσης, άλλα πλεονεκτήματα είναι:

- ότι είναι εύκολο στη κατασκευή του,
- δεν δημιουργούν κενούς χώρους,
- έχει ένα απλό αλγόριθμο για την αναζήτηση για τα πλησιέστερα σημεία που κυμαίνονται,
- ο χώρος κατανομής των σημείων είναι γραμμικός,
- προσφέρει αξιοπιστία.

Το κυριότερο πλεονέκτημα που έχουν τα KD-trees, είναι ότι δεν είναι κατάλληλα για αποτελεσματική εύρεση του πλησιέστερου γείτονα σε ψηλές διαστάσεις χώρου. Κατά γενικό κανόνα, αν ο χαρακτήρα είναι k , ο αριθμός στα δεδομένα, N , θα πρέπει να είναι $N \gg 2^k$.

3.3 Προηγούμενη Εργασία

Παρακάτω παρουσιάζονται και περιγράφονται συστήματα που χρησιμοποιούν τη τεχνική του Kd-tree καθώς και συστήματα τα οποία σχετίζονται έμμεσα με την ιδέα για ανάπτυξη του συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου.

3.3.1 Συστήματα με Kd - tree

3.3.1.1 Approximate Fingerprint Matching Using Kd-tree [16]

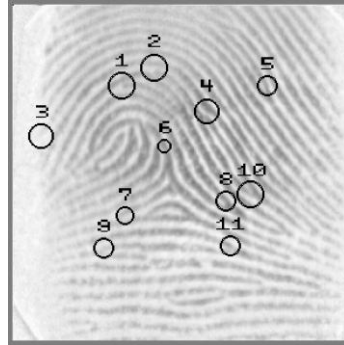
Το συγκεκριμένο σύστημα αποκαλύπτει μια νέα τεχνική για εντοπισμό αντιστοιχίας των δακτυλικών αποτυπομάτων, χρησιμοποιώντας μια αποτελεσματική δομή δεδομένων κάνοντας το ταίριασμα πιο ισχυρό. Είναι ένας αλγόριθμος που ταιριάζει δακτυλικά αποτυπώματα και συγκρίνει δύο εισόδους δακτυλικών αποτυπωμάτων και επιστρέφει είτε ένα βαθμό ομοιότητας ή μια δυαδική απόφαση. Οι μικρολεπτομέρειες με βάση το ταίριασμα δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι η πιο γνωστή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος.

Έχοντας μια υπάρχουσα βάση δεδομένων αναπαράστασης μιας εικόνας με δακτυλικά αποτυπώματα και μια παρόμοια αναπαράσταση που προέρχεται από ένα ερώτημα – εικόνα, το στάδιο ταιριάσματος σε ένα σύστημα επαλήθευσης των δακτυλικών αποτυπωμάτων καθορίζει την ομοιότητα μεταξύ των δύο αναπαραστάσεων και αποφασίζει αν είναι από το ίδιο δάκτυλο.

Οι συγγραφείς ενσωματώνουν τη χρήση ενός Kd-tree για τη δημιουργία ενός βέλτιστου αλγόριθμου, το οποίο θα είναι ένα δέντρο δύο διαστάσεων με σκοπό την καλύτερη αναζήτηση σε μικρολεπτομέρεια ταιριάσματος στον αλγόριθμο. Το Kd-tree χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κάθε εικόνα που βρίσκεται στη βάση δεδομένων, που περιέχει N κόμβους – φύλλα, όπου το κάθενα αποτελεί ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που περιέχει έξι πληροφορίες.

Μετά τη δημιουργία της δεντρικής δομής δεδομένων, εφαρμόζεται η αναζήτηση δυο διαστάσεων με ένα τετραγωνικό κουτί ερώτημα με μια διαγώνια διάσταση της τοπικής

απόστασης μεταξύ του (x, y) του τρέχοντος ερωτήματος. Η εικόνα της βάσης δεδομένων, της οποίας ο κόμβος έχει τα στοιχεία που πλησιάζουν τα στοιχεία του ερωτήματος στο μέγιστο, είναι ο κόμβος που αντιστοιχεί στην εικόνα ερωτήματος.



Σχήμα 3.4: Ανίχνευση μικρολεπτομέρειων σε εικόνα με κλίμακα του γκρι [16]

Το συγκεκριμένο σύστημα καταλήγει με τον ισχυρισμό ότι το Kd-tree είναι μια απαραίτητη δομή δεδομένων για γρήγορα αποτελέσματα ταιριάσματος, αλλά μπορούν να βελτιστοποιηθούν χρησιμοποιώντας μεγαλύτερη διάσταση και μία εκλεπτυσμένη μέθοδο ταιριάσματος. Τέλος, ο αριθμός των σημείων του Kd-tree είναι δυναμικός και εξαρτάται από τις μικρολεπτομέρειες.

3.3.1.2 Interactive Feature Tracking using K-D Trees and Dynamic Programming [17]

Στο σύστημα αυτό, παρουσιάζεται μια νέα προσέγγιση για παρακολούθηση προτύπου, ενσωματώνοντας τρεις διαφορετικές συμβολές. Αρχικά, ένας σαφής ορισμός για ένα χαρακτηριστικό που δίνεται, έπειτα τα πλεονεκτήματα του σταδίου προεπεξεργασίας εικόνας, όπως ή αποτελεσματικότητα της ψηλής συμπίεσης δεδομένων που αποθηκεύονται σε kd-trees για γρήγορη διάκριση εικόνας κατά την αναζήτηση. Τέλος, τα kd-trees χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πολλαπλών υποθέσεων – κομματιών που συγχωνεύονται αποτελεσματικά για να δώσουν τη βέλτιστη λύση με χρήση δυναμικού προγραμματισμού.

Παρουσιάζεται ένα διαδραστικό σύστημα εντοπισμού χαρακτηριστικών, ενσωματώνοντας όλα τα χαρακτηριστικά παρέχονται ακριβείς και έγκυρα κομμάτια σε

μεγάλες ακολουθίες μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, ενημερώνεται με μικροαλλαγές σε κλάσματα δευτερολέπτου.

Μία διαδρομή αρχικοποιείται από τον χρήστη αναφέροντας τα σημεία σε keyframes: ένα σύνολο από N πλαίσια – εισόδους. Το σύστημα χωρίζεται σε τέσσερα στάδια. Αρχικά, η εικόνα στόχος προεπεξεργάζεται, καθώς κάθε στίγμα της εικόνας μετατρέπεται στον περιγραφέα της. Για κάθε πλαίσιο, το kd-tree διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά του και εντοπίζονται τα M κυριότερα χαρακτηριστικά του πλαισίου. Στο τρίτο στάδιο, όλα τα πιθανά μονοπάτια εξετάζονται και το βέλτιστο μονοπάτι χρησιμοποιείται. Τέλος, εάν απαιτείται το κομμάτι αυτό μπορεί αυτόματα να είναι εκλεπτυσμένο στη ακρίβεια των στίγματων.



Σχήμα 3.5: Τρία παραδείγματα διαδρομών μεταξύ 1145 πλαισίων (320 x 240), ανίχνευση βέλτιστης εικόνας γίνεται σε 200fps. [17]

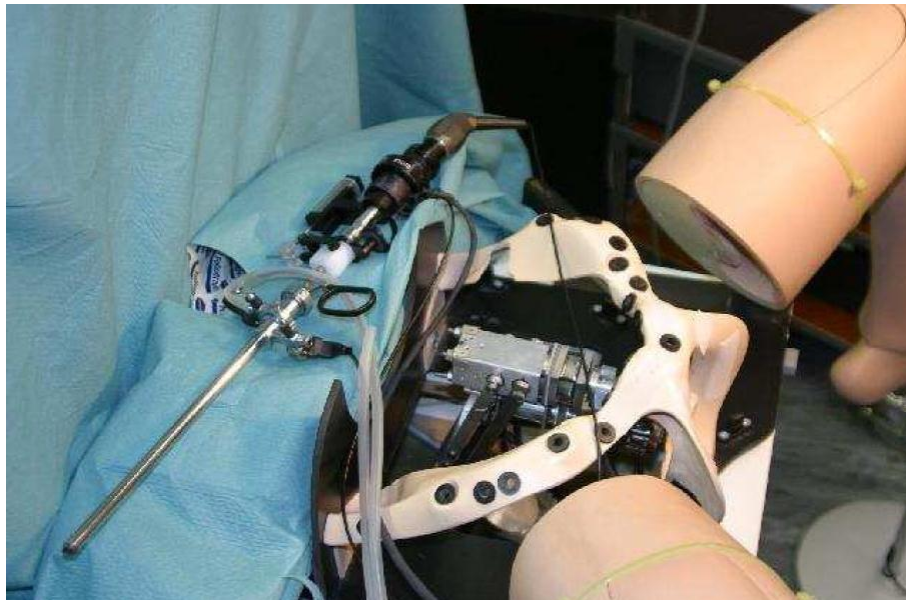
Το έγγραφο αυτό δείχνει πως το πρόβλημα διαχωρισμού των χαρακτηριστικών διαδρομών στη προεπεξεργασία και τα διαδραστικά στάδια επιτρέπει μια σημαντική βελτίωση σε διαδραστική παράσταση. Μακρές διαδρομές μπορούν να εντοπιστούν με πολύ μικρή συμβολή των παραμέτρων εισόδου που μεταβάλλονται στο χρόνο για μέγιστη αποδοτικότητα.

3.3.2 Σχετικά συστήματα

3.3.2.1 Highly-Realistic, Immersive Training Environment for Hysteroscopy [10]

Η έρευνα του άρθρου έχει στόχο την ανάπτυξη μιας εφαρμογής η οποία αναπαριστά ένα γενικό χειρουργικό προσομοιωτή εκπαίδευσης για υστεροσκόπηση. Η εξειδικευμένη εκπαίδευση είναι απαραίτητη για να μειωθεί το ποσοστό των επιπλοκών στην περιοχή των γεννητικών οργάνων της γυναίκας. Έτσι, η εικονική πραγματικότητα βασιζόμενη στη χειρουργική προσομοίωση είναι μια επιλογή να προβεί σε αντίστοιχο μαθησιακό περιβάλλον. Γι' αυτό και το σύστημα αυτό, έχει ως στόχο την επίτευξη του υψηλότερου δυνατού ρεαλισμού σε ένα εικονικό μοντέλο.

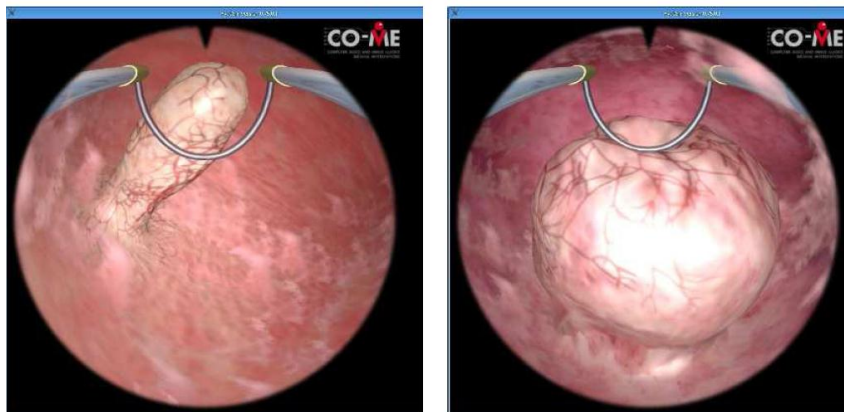
Για την ενεργοποίηση της εμβάπτισης των χρηστών στο περιβάλλον εκπαίδευσης, το περιβάλλον της εφαρμογής και η αλληλεπίδρασή του πρέπει να είναι η ίδια όπως θα ήταν κατά τη διάρκεια της πραγματικής επέμβασης. Έτσι, χρησιμοποιούνται τα πραγματικά τυποποιημένα εργαλεία και συσκευές που χρειάζονται για την πρόσβαση για την υστεροσκοπική χειρουργική επέμβαση και παράγουν μια πολύ-αισθητηριακή ανατροφοδότηση.



Σχήμα 3.6: Απτικός μηχανισμός στο εσωτερικό [10]

Η γυναικεία πυελική περιοχή αντιπροσωπεύεται από ένα μοντέλο “Limbs & Things”, το οποίο έχει τροποποιηθεί για τις ανάγκες του συστήματος, παρέχοντας τα μοντέλα ιστών του αιδοίου, του κόλπου και του τραχήλου της μήτρας. Τα τελευταία δύο είναι άμεσα συνδεδεμένα με την απτική συσκευή, αποκρύβοντας το μηχανισμό από το χρήστη. Η κάμερα είναι δεμένη στο τέλος του εργαλείου. Όλα τα παραπάνω επιτρέπουν στον εκπαιδευόμενο να εξοικειωθεί με την πολυπλοκότητα του εργαλείου.

Το υστεροσκόπιο εισάγεται στην κοιλότητα της μήτρας, συνδέεται με τον εσωτερικό απτικό μηχανισμό της εικονικής πυέλου και όταν περάσει τον τράχηλο της μήτρας, ξεκινά η οπτική προβολή της εικονικής σκηνής αυτόματα. Το τελικό μέρος του συστήματος είναι η πλήρης διαδικασία για δημιουργία μεμονωμένων σκηνών εκπαίδευσης. Με βάση πραγματικά δεδομένα, όπως υπερηχογράφημα και μαγνητική τομογραφία, τα στατιστικά μοντέλα που παράγονται, επιτρέπουν τη δημιουργία περιπτώσεων χειρουργικών σεναρίων. Στο πιο κάτω σχήμα, παρουσιάζονται δύο σενάρια εκπαίδευσης.



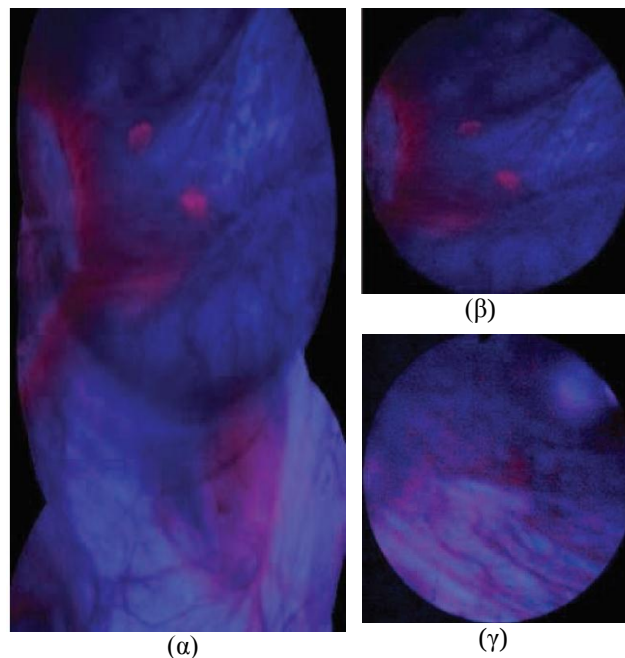
Σχήμα 3.7: Μεμονωμένες σκηνές εκπαίδευσης με διαφορετικές παθολογίες. [10]

Το πιο πάνω σύστημα έχει αναπτυχθεί με στόχο την εκπαίδευση των χρηστών εκτελώντας εικονική χειρουργική υστεροσκόπηση σε ένα εικονικό μοντέλο των γυναικείων γεννητικών οργάνων. Επίσης, πρόκειται να βελτιστοποιεί παρέχοντας περισσότερο ρεαλισμό.

3.3.2.2 Intensity Based Multi-Scale Blending for Panoramic Images in Fluorescence Endoscopy [11]

Το συγκεκριμένο σύστημα έχει ως στόχο να βοηθήσει στον εντοπισμό πολυεστιακών όγκων κατά τη διάρκεια κυστεοσκόπησης. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια κυστεοσκόπησης λαμβάνονται πανοραμικές εικόνες του εσωτερικού τοιχώματος της ουροδόχου κύστης. Η φωτοδυναμική διάγνωση οδηγεί σε μια βελτιωμένη αντίθεση στον ιστό, με αποτέλεσμα να ξεχωρίζει ένας κοκκινωπός φθορισμός του κακοήθους ιστού από ένα γαλαζωπό φωτισμό.

Λόγω της χαμηλής ισχύος φωτισμού, η ένταση του φθορισμού και η αντίθεση των αγγείων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την απόσταση του ενδοσκοπίου και του τοιχώματος της ουροδόχου κύστης. Έτσι, οι εικόνες με διαφορετικό φωτισμό και διαφορετικές δομές συνδυάζονται για την πανοραμική σύνθεση. Σε αυτή την περίπτωση, γραμμικές μεθόδους ανάμειξης εφαρμόζονται με ψηφιδωτό αλγόριθμο για ενδοσκοπικές εικόνες, παράγοντας αντικείμενα ισχυρής παρεμβολής στη τελική εικόνα.



Σχήμα 3.8: (α) Σύνθεση εικόνας με τη βοήθεια γραμμικής alpha-blending (β), (γ) PDD εικόνες που λαμβάνονται με μια μικρή και μεγάλη απόσταση μεταξύ του ενδοσκοπίου και τοίχωμα της ουροδόχου κύστης. [11]

Η ανάπτυξη της έντασης βασισμένη σε πολύ-διάστατη μέθοδο ανάμειξης, προσαρμοσμένες στις ενδοσκοπικές εικόνες με φθορισμό, παρέχουν μια καλή οπτική πανοραμική ποιότητα εικόνας. Με βάση μια υψηλή ένταση, μια μη γραμμική συνάρτηση στάθμισης εφαρμόζεται σε διάφορες υποζώνες από μια αναπαράσταση της εικόνας Laplacian πυραμίδα.

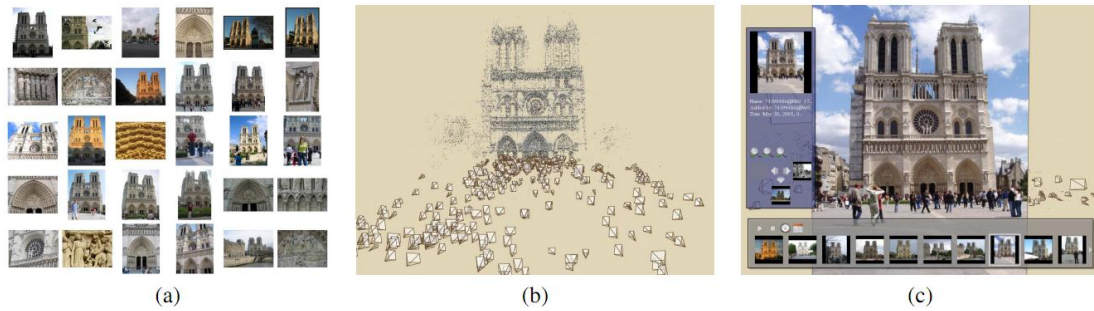
Πριν τη θεραπεία, η περιοχή της ουροδόχου κύστη σαρώνεται με τη χρήση βίντεο ενδοσκοπικού συστήματος για τον εντοπισμό όγκων. Μέσω του λευκού φωτισμού, η αντίθεση μεταξύ των μικρών όγκων και των γύρω ιστών είναι πολύ χαμηλή. Έτσι, η φωτοδυναμική διάγνωση (PDD) εφαρμόζεται, όπου οι όγκοι εμπλουτίζονται με μια ουσία που φθορίζει ένα κοκκινωπό πλαίσιο κάτω από μια ζώνη μπλε φωτισμού.

Κύριος στόχος του συστήματος είναι κατά τη διάρκεια της εξέτασης, ο ιατρός να μπορεί να εντοπίσει τυχόν ανωμαλίες στο εσωτερικό τοίχωμα της ουροδόχου κύστης. Παρ' όλο που το μοντέλο αυτό προέρχεται από συγκεκριμένο καθορισμό ενδοσκόπηση φθορισμού έχει καλή απόδοση και πειστικά οπτικά αποτελέσματα, χρειάζεται να δοκιμασθεί σε κλινικές αξιολογήσεις σε ικανοποιητικό βαθμό από εμπειρογνώμονες.

3.3.2.3 Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D [12]

Το σύστημα αυτό προσφέρει αλληλεπιδραστική περιήγηση και εξερεύνηση μεγάλων αδόμητων συλλογών από φωτογραφίες από μια σκηνή χρησιμοποιώντας ένα 3D interface. Το σύστημα υπολογίζει αυτόματα την οπτική γωνία κάθε φωτογραφίας καθώς και ένα λιτό 3D μοντέλο της σκηνής και της εικόνας στο αντίστοιχο μοντέλο. Για την πλοήγηση φωτογραφιών χρησιμοποιούνται αποδοτικές τεχνικές εικόνες που καθιστούν την ομαλή μετάβαση μεταξύ των φωτογραφιών ενώ επιτρέπει την πλήρης 3D πλοήγηση και την εξερεύνηση του συνόλου των εικόνων και τη γεωμετρία, με τη χρήση πληροφοριών όπως γενικοί χάρτες.

Το σύστημα διευκολύνει στην διαδικασία κατασκευής φωτογραφίας και να μεταφέρουν το χρήστη σε άλλες σχετικές εικόνες. Οι εικόνες συλλέγονται από μεγάλες προσωπικές συλλογές φωτογραφιών, καθώς και από εικόνες που συγκεντρώθηκαν από ιστότοπους κοινής χρήσης στο διαδίκτυο.



Σχήμα 3.9: (α) Διάφορες εικόνες της ίδια σκηνής από διαφορετική οπτική γωνία, (β) αναπαράσταση 3D σημείων και viewports, (γ) εφαρμογή νέων τρόπων για πλοήγηση φωτογραφιών. [12]

Η προσέγγιση βασίζεται στον υπολογισμό, από τις ίδιες εικόνες, τις τοποθεσίες και του προσανατολισμού της εικόνας μαζί με μια 3D γεωμετρική αναπαράσταση της σκηνής, χρησιμοποιώντας μια state-of-the-art εικόνα με βάση το σύστημα μοντελοποίησης.

Η δουλειά του συστήματος βασίζεται στην ιδέα χρησιμοποίησης προσανατολισμένης κάμερας και λιτών 3D πληροφοριών της σκηνής για δημιουργία νέων διεπαφών με σκοπό την περιήγηση σε μεγάλες συλλογές φωτογραφιών. Χρησιμοποιούν morphing τεχνικές για τον εξασφαλισμό μεταβάσεων μεταξύ των φωτογραφιών.

Κεφάλαιο 4

Απαιτήσεις και Σχεδιασμός

4.1 Εισαγωγή	31
4.2 Περιγραφή συστήματος	31
4.3 Διαδικασία ανάπτυξης συστήματος	32
4.4 Ορισμοί ακρώνυμων και συντομογραφίες	33
4.5 Γενική περιγραφή	34
4.5.1 Διεπιφάνεια συστήματος	34
4.5.2 Διεπιφάνεια χρήστη	34
4.5.3 Διεπιφάνεια λογισμικού	35
4.6 Κύρια ανάγκη του χρήστη	35
4.7 Λειτουργίες συστήματος	36
4.7.1 Ανάρτηση δεδομένων	36
4.7.2 Δημιουργία κύριας δομής δεδομένων	36
4.7.3 Πλοήγηση ενδομητρίου	37
4.7.3.1 Παρουσίαση υστεροσκοπικής εικόνας	37
4.7.3.2 Γνωστοποίηση θέσης υστεροσκοπίου	37
4.7.4 Παρουσίαση εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου	38
4.7.5 Παρουσίαση πλέγματος	38
4.7.6 Παρουσίαση εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου	38
4.7.7 Γνωστοποίηση χαρακτηριστικών υστεροσκοπίου	39
4.7.8 Εντοπισμός υστεροσκοπικής εικόνας με τα πλησιέστερα Χαρακτηριστικά	39
4.8 Σχεδιασμός συστήματος	40
4.8.1 Διαγράμματα ροής δεδομένων	40

4.1 Εισαγωγή

Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η περιγραφή του συστήματος, ο καθορισμός και η περιγραφή των απαιτήσεων που θα ληφθούν υπόψη για την ανάπτυξη του συστήματος, δηλαδή να εντοπιστούν και να καταγραφτούν οι λειτουργίες που θα απαρτίζουν το σύστημα και απευθύνονται κυρίως στον κύριο χρήστη του συστήματος, τον ιατρό, ο οποίος θα λειτουργήσει το σύστημα.

4.2 Περιγραφή Συστήματος

Κύριος σκοπός ανάπτυξης του συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου είναι η πλοήγηση σε ενδομήτριο τόσο σε πραγματικό χρόνο όσο και ετεροχρονισμένα. Το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου θα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη αν θέλει να εκτελέσει μια πλοήγηση στο ενδομήτριο κατά τη διάρκεια υστεροσκοπικής εξέτασης ή μια ετεροχρονισμένη πλοήγηση σε εικονικό μοντέλο ενδομητρίου με δεδομένα που λήφθηκαν από υστεροσκοπική εξέταση που είχε ήδη προηγηθεί. Το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο έχει υλοποιηθεί, γι' αυτό τώρα πρόκειται να ασχοληθούμε και να περιγράψουμε τα δύο συστήματα ως ένα ενιαίο σύστημα, δίνοντας έμφαση στο ετεροχρονισμένο σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου.

Ο σκοπός του ετεροχρονισμένου συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου είναι η ετεροχρονισμένη πλοήγηση και παρακολούθηση υστεροσκοπικής εξέτασης σε εικονικό μοντέλο ενδομητριακής κοιλότητας μέσω εικόνων, μετά την πραγματοποίηση της υστεροσκοπικής εξέτασης. Το σύστημα θα βοηθά τον ιατρό σε περαιτέρω επεξεργασία έτσι ώστε να εξάγει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα για την παθοφυσιολογία της περιοχής των γυναικείων γεννητικών οργάνων.

Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της υστεροσκοπικής εξέτασης, ο ιατρός καθώς πλοηγείται στην ενδομητριακή κοιλότητα, λαμβάνονται εικόνες από περιοχές από αυτή. Οι εικόνες, η θέση που βρίσκεται το υστεροσκόπιο την συγκεκριμένη στιγμή που λήφθηκε η εικόνα, καθώς και η κλίση του υστεροσκοπίου την συγκεκριμένη στιγμή καταγράφονται στο φάκελο της ασθενούς. Ο αρχικός φάκελος της ασθενούς αποθηκεύεται σε συγκεκριμένη τοποθεσία στον ηλεκτρονικό υπολογιστή του ιατρού με

το ονοματεπώνυμο της ασθενούς και την ταυτότητά της. Έτσι, σε κάθε επίσκεψή της που θα πραγματοποιείται υστεροσκοπική εξέταση, τα δεδομένα της εξέτασης αυτής θα αποθηκεύονται σε φάκελο που βρίσκεται στον αρχικό φάκελο της ασθενούς έχοντας ως όνομα την ημερομηνία εξέτασης.

Στο προτεινόμενο σύστημα, έχουμε ως είσοδο τα δεδομένα που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της υστεροσκοπικής εξέτασης, δηλαδή από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, μέσω του φακέλου της ασθενούς. Η θέση και η κλίση (αξιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) του υστεροσκοπίου ταξινομούνται σε μία δενδρική δομή δεδομένων. Καθώς ο ιατρός πλοηγείται στο εικονικό μοντέλο της ενδομητριακής κοιλότητας, είναι σε θέση να δει στην οθόνη του, ανάλογα σε ποια θέση βρίσκεται την εικόνα με τα αντίστοιχα σημεία.

Πλοηγώντας στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου και παρακολουθώντας τις υστεροσκοπικές εικόνες που προβάλλονται, ο ιατρός θα μπορεί να καταλάβει σε μεγάλο βαθμό οποιαδήποτε ανωμαλία στην ενδομητριακή κοιλότητα της ασθενούς.

4.3 Διαδικασία ανάπτυξης συστήματος

Η διαδικασία ανάπτυξης συστήματος ορίζει τη δομή που επιβάλλεται να εφαρμοστεί για την καλύτερη ανάπτυξη ενός συστήματος. Για μια τέτοια διαδικασία υπάρχουν διάφορα πρότυπα, όπου το κάθε ένα από αυτά περιγράφει τις προσεγγίσεις που περιλαμβάνει σαν ένα σύνολο στόχων ή δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Κύριος σκοπός του πρότυπου ανάπτυξης λογισμικού είναι η βελτίωση της παραγωγικότητας και της ποιότητας.

Για τη ανάπτυξη του συστήματος έχει επιλεγθεί το πρότυπο καταρράκτη. Το μοντέλο αυτό, επιτρέπει την ανατροφοδότηση σε προηγούμενο βήμα του προτύπου. Το πρότυπο καταρράκτη είναι ένα διαδοχικό πρότυπο ανάπτυξης λογισμικού, στο οποίο η ανάπτυξη διατρέχει σταθερά προς τα κάτω των φάσεων ανάλυσης απαιτήσεων, σχεδιασμού, εφαρμογής, επικύρωσης και ολοκλήρωσης. Το μοντέλο αυτό, προσφέρει ένα τρόπο ανάπτυξης συστήματος εύκολα κατανοητός και αποδεκτός σε όσους συμμετέχουν στη

διαδικασία ανάπτυξής του. Έτσι, όταν οποιοδήποτε μέρος του συστήματος χρειάζεται βελτίωση, διόρθωση ή επέκταση να μπορεί να οποιαδήποτε στιγμή.



Σχήμα 4.1: Διαδικασίες και στάδια προτύπου ανάπτυξης συστήματος, Καταρράκτη

Η ανάπτυξη του προτεινόμενου συστήματος έγινε με τροποποιημένο πρότυπο καταρράκτη, το πρότυπο καταρράκτη του Royce, όπου το αρχικό μοντέλο έχει τη δυνατότητα να εξελιχθεί σε ένα επαναληπτικό μοντέλο, με πληροφορίες από κάθε φάση που επηρεάζουν τις προηγούμενες φάσεις. Δηλαδή, σε περίπτωση όπου κατά την ανάπτυξη ενός συστήματος σε μια φάση παρουσιαστεί οποιοδήποτε λάθος, υπάρχει η διευκόλυνση επιστροφής σε προηγούμενη φάση για τη διόρθωσή του.

4.4 Ορισμοί ακρώνυμων και συντομογραφιών

- Η.Υ: Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
- GUI: Graphical User Interface
- ANN: Approximated Nearest Neighbor

4.5 Γενική περιγραφή

Στο σημείο αυτό, ακολουθεί μια γενική περιγραφή και αναφορά των διεπιφανειών συστήματος, χρηστών και λογισμικού.

4.5.1 Διεπιφάνεια Συστήματος

Ο χρήστης του συστήματος θα έχει πρόσβαση στο σύστημα απευθείας, χωρίς την χρήση οποιονδήποτε κωδικών, συνθηματικών ή ψευδωνύμων, δηλαδή, χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες.

4.5.2 Διεπιφάνεια χρήστη

Η διεπιφάνεια χρήστη είναι υπεύθυνη για την αλληλεπίδραση του συστήματος με το χρήστη. Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της διεπιφάνειας χρήστη του συστήματος είναι μια σημαντική φάση κατά την ανάπτυξη του συστήματος καθώς η αλληλεπιδραστικότητα του συστήματος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αποδοχή του από την πλευρά του χρήστη.

Το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου αποτελείται από τρεις διεπιφάνειας. Αρχικά, ο ιατρός θα έχει πρόσβαση στο σύστημα μέσω μιας διεπιφάνειας, η οποία θα είναι η κύρια διεπιφάνεια του συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου. Ο ιατρός θα έχει τη δυνατότητα επιλογής ποια πλοήγηση ενδομητρίου επιθυμεί να εκτελέσει, δηλαδή πλοήγηση σε πραγματικό χρόνο ή ετεροχρονισμένα. Εάν ο ιατρός επιλέξει την επιλογή για πλοήγηση ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, τότε μια άλλη διεπιφάνεια θα εμφανίζεται στην οθόνη, όπου ο ιατρός θα επιλέγει την ασθενή που πρόκειται να εκτελέσει την υστεροσκοπική εξέταση. Κατά την επιλογή του σε ετεροχρονισμένη πλοήγηση, θα εμφανίζεται στον ιατρό μια διεπιφάνεια όπου θα επιλέγει ποιας ασθενής θέλει να εξετάσει ετεροχρονισμένα μια υστεροσκοπική εξέταση που προηγήθηκε στο παρελθόν.

Όσο αφορά το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης, κι αυτό αποτελείται από μια κύρια διεπιφάνεια χρήστη. Ο ιατρός θα έχει πρόσβαση στο σύστημα ετεροχρονισμένης

εξέτασης μέσω μιας διεπιφάνειας, η οποία θα είναι η κύρια διεπιφάνεια καθ' όλη τη διάρκεια της ετεροχρονισμένης πλοήγησης στην ενδομητριακή κοιλότητα. Η διεπιφάνεια αυτή θα του συγκεντρώνει όλες τις πληροφορίες που επιθυμεί ο ιατρός.

4.5.3 Διεπιφάνεια λογισμικού

Για τις ανάγκες του συστήματος, χρειαζόμαστε τα εξής λογισμικά με τις ανάλογες διεπιφάνειες:

- Windows 7 Professional
- Microsoft Visual Studio 2010
- Visual Studio C++

Τα πιο πάνω λογισμικά με τον κατάλληλο συντονισμό επιβεβαιώνουν την ομαλή λειτουργία του συστήματος.

4.6 Κύρια ανάγκη του χρήστη

Γενική ανάγκη του ιατρού είναι να μπορεί να εκτελέσει μια υστεροσκοπική εξέταση όπου θα καταγράφονται τα δεδομένα, δηλαδή υστεροσκοπικές εικόνες και χαρακτηριστικά τους, τα οποία θα μπορούν στο μέλλον να χρησιμοποιηθούν με σκοπό να γίνεται η παρακολούθηση της υστεροσκοπικής εξέτασης ετεροχρονισμένα.

Ο ιατρός έχει την ανάγκη κατά την ετεροχρονισμένη πλοήγηση να μπορεί να παρακολουθήσει την περιοχή του ενδομητρίου της ασθενούς και να διεξάγει άμεσα αποτελέσματα για την παθοφυσιολογία της περιοχής. Επίσης, ο ιατρός πρέπει να βρίσκεται σε θέση να μπορεί εύκολα να προσανατολιστεί στο εικονικό μοντέλο της μήτρας και να πλοηγηθεί σε αυτό γνωρίζοντας ανά πάσα στιγμή σε ποια περιοχή του ενδομητρίου βρίσκεται και παρακολουθεί.

Στις μέρες μας, η τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία, φέρνοντας στην επιφάνεια νέες μεθόδους οι οποίες να διευκολύνουν σε μεγάλο βαθμό τον άνθρωπο. Για το λόγο αυτό, η ανάπτυξη της τεχνολογίας ίσως οδηγήσει στην επανασυλλογή των απαιτήσεων και προσαρμογή του συστήματος στη νέα μορφή τεχνολογίας.

4.7 Λειτουργίες συστήματος

Παρακάτω, ακολουθεί μια αφαιρετική περιγραφή των λειτουργιών που θα απαρτίζουν το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου όπως έχουν εντοπιστεί από τις απαιτήσεις του χρήστη. Συγκεκριμένα, περιγράφονται και αναλύονται οι λειτουργίες του συστήματος οι οποίες ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του ιατρού.

4.7.1 Ανάρτηση στοιχείων

Η λειτουργία αυτή έχει ως σκοπό την ανάρτηση όλων των στοιχείων που έχουν παρθεί κατά τη διάρκεια της υστεροσκοπικής εξέτασης. Δηλαδή, όλες οι πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά θέσης του υστεροσκοπίου και της θέσης του στην ενδομητριακή κοιλότητα, καθώς και οι αντίστοιχες υστεροσκοπικές εικόνες που λήφθηκαν από το υστεροσκόπιο κατά την υστεροσκοπική εξέταση εισάγονται στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου. και τα αντίστοιχα σημεία τους που σχετίζονται με τη θέση του υστεροσκοπίου.

4.7.2 Δημιουργία κύριας δομής δεδομένων

Με την λειτουργία αυτή, θα γίνεται σωστή ταξινόμηση των πληροφοριών που πάρθηκαν από το σύστημα πραγματικού χρόνου πλοήγησης ενδομητρίου και εισάχθηκαν στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης. Συγκεκριμένα, τα δύο χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου που καθορίζουν την θέση του μέσα στην ενδομητριακή κοιλότητα, το x και y δηλαδή, κάθε υστεροσκοπικής εικόνας που λήφθηκε, θα ταξινομούνται σε ένα δέντρο με συγκεκριμένο αλγόριθμο. Αυτή η λειτουργία έχει ως στόχο την ταξινόμηση των χαρακτηριστικών για μετέπειτα χρήση τους στο σύστημα. Επίσης δομή δεδομένων δημιουργείται και για τα χαρακτηριστικά της κλίσης του υστεροσκοπίου, δηλαδή για το αξιμούθιο, ανύψωση και περιστροφή. Έτσι, μπορεί να θεωρηθεί υπολειτουργία για άλλες λειτουργίες του συστήματος που αναφέρονται.

4.7.3 Πλοήγηση ενδομητρίου

Η λειτουργία αυτή έχει ως σκοπό τη πλοήγηση του ιατρού σε ένα εικονικό μοντέλο της ενδομητριακής κοιλότητας. Ο ιατρός θα μπορεί να πλοηγηθεί στο εικονικό μοντέλο κάτω από ευνοϊκές συνθήκες, παρακολουθώντας ετεροχρονισμένα την υστεροσκοπική εξέταση μέσω υστεροσκοπικών εικόνων, οι οποίες λήφθηκαν από το υστεροσκόπιο κατά τη διάρκεια υστεροσκοπικής εξέτασης. Η λειτουργία αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι χωρίζεται σε δυο υπολειτουργίες, τη λειτουργία παρουσίασης υστεροσκοπικής εικόνας και τη λειτουργία γνωστοποίησης θέσης υστεροσκοπίου, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω.

4.7.3.1 Παρουσίαση υστεροσκοπικής εικόνας

Η λειτουργία αυτή έχει ως σκοπό την εμφάνιση της υστεροσκοπικής εικόνας που λήφθηκε κατά την υστεροσκοπική εξέταση. Ανάμεσα στο πλήθος υστεροσκοπικών εικόνων που λήφθηκαν, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου που καθορίζονται από λειτουργίες που περιγράφονται παρακάτω, θα επιλέγεται κάθε φορά μια υστεροσκοπική εικόνα. Η υστεροσκοπική εικόνα κάθε φορά που θα χρειάζεται να εμφανιστεί, θα φορτώνεται στο σύστημα και θα εμφανίζεται. Την χρονική στιγμή που πρόκειται να εμφανιστεί μια άλλη υστεροσκοπική εικόνα, η τρέχουσα υστεροσκοπική εικόνα θα υποφορτώνεται από το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης. Με την εμφάνιση της κατάλληλης υστεροσκοπικής εικόνας, ο ιατρός θα μπορεί να την παρατηρήσει με προσοχή και να διεξάγει τα συμπεράσματά του.

4.7.3.2 Γνωστοποίηση θέσης υστεροσκοπίου

Μέσω της λειτουργίας αυτής, θα γίνεται γνωστοποίηση της θέσης του υστεροσκοπίου στην ενδομητριακή κοιλότητα, που αντιπροσωπεύει την υστεροσκοπική εικόνα που θα εμφανίζεται στην οθόνη του χρήστη. Έτσι, ο ιατρός θα βρίσκεται σε θέση να γνωρίζει πού βρίσκεται στην ενδομητριακή κοιλότητα και την περιοχή που παρακολουθεί εκείνη τη χρονική στιγμή στη συγκεκριμένη θέση μέσα στην ενδομητριακή κοιλότητα. Σε περίπτωση παρουσίασης ανωμαλίας στην ενδομητριακή κοιλότητα, ο ιατρός θα μπορεί να παρακολουθήσει την περιοχή που παρουσιάζεται η ανωμαλία, με προσοχή και χωρίς

το άγχος του χρόνου Έτσι, ο ιατρός θα είναι σε θέση να κάνει μια καθαρή, σωστή και διαυγή διάγνωση για την κατάσταση της ασθενούς.

4.7.4 Παρουσίαση εικονικού μοντέλου ενδομητριακής κοιλότητας

Η λειτουργία αυτή, παρουσιάζει το εικονικό μοντέλο ενδομητριακής κοιλότητας στην οθόνη του χρήστη. Σε αυτό, ο ιατρός θα πλοηγείται μέσω του πληκτρολογίου και του ποντικιού και ανάλογα θα εκτελούνται άλλες λειτουργίες του συστήματος. Μέσω αυτής της λειτουργίας, θα μπορεί να γίνει η συσχέτιση και η γνωστοποίηση της θέσης ως προς δύο διαστάσεις, τον άξονα x και y, του υστεροσκοπίου στο ενδομήτριο με το εικονικό μοντέλο ενδομητρίου. Ο ιατρός θα έχει την επιλογή να εμφανίζονται στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου, τα σημεία όπου έχουν καταγραφεί κατά την υστεροσκοπική εξέταση.

4.7.5 Παρουσίαση πλέγματος

Η λειτουργία αυτή έχει ως σκοπό την παρουσίαση της θέσης και της απόστασης που έχει διανύσει το υστεροσκόπιο στην ενδομητριακή κοιλότητα σε σχέση με το εικονικό μοντέλο ενδομητριακής κοιλότητας. Το εικονικό πλέγμα θα βρίσκεται πίσω από το εικονικό μοντέλο ενδομητριακής κοιλότητας και θα στοιχίζεται στο κέντρο του εικονικού μοντέλου ενδομητρίου. Έτσι, ο ιατρός θα είναι σε θέση να γνωρίζει κάθε στιγμή σε ποια θέση του ενδομητρίου θα εξέταζε και θα παρακολουθούσε αν η υστεροσκοπική εξέταση πραγματοποιούνταν εκείνη τη στιγμή. Το πλέγμα, όπως και το εικονικό μοντέλο ενδομητριακής κοιλότητας, παρουσιάζεται σε δυσδιάστατη μορφή, δηλαδή ως προς τον άξονα x και y.

4.7.6 Παρουσίαση εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου

Με την λειτουργία αυτή, θα παρουσιάζεται στην οθόνη ένα εικονικό μοντέλο του υστεροσκοπίου. Ο ιατρός με την χρήση πληκτρολογίου θα μπορεί να καθορίσει την κατεύθυνση και διεύθυνση του υστεροσκοπίου όπως θα ήταν το υστεροσκόπιο κατά την πραγματοποίηση της υστεροσκοπικής εξέτασης. Συγκεκριμένα, με τη χρήση του πληκτρολογίου, ο ιατρός θα μπορεί να αλλάξει την κλίση του υστεροσκοπίου, σχετικά

με την ανύψωση και το αξιμούθιο, καθώς και να καθορίσει την περιστροφή του υστεροσκοπίου. Ανάλογα με τα τρία αυτά χαρακτηριστικά, θα προσαρμόζεται το εικονικό υστεροσκόπιο και θα εμφανίζεται στην οθόνη του ιατρού. Μέσω αυτής της λειτουργίας, θα μπορεί να γίνει η συσχέτιση και η γνωστοποίηση της κατεύθυνσης του υστεροσκοπίου ως προς τρεις διαστάσεις, την ανύψωση, το αξιμούθιο και την περιστροφή του μέσα στην ενδομητριακή κοιλότητα με το εικονικό μοντέλο υστεροσκοπίου.

4.7.7 Γνωστοποίηση χαρακτηριστικών υστεροσκοπίου

Η λειτουργία αυτή έχει ως σκοπό την γνωστοποίηση των χαρακτηριστικών του υστεροσκοπίου. Με την λειτουργία αυτή, θα παρουσιάζονται στην οθόνη επιγραμματικά τα x και y που αντιπροσωπεύουν την θέση του υστεροσκοπίου στο εικονικό μοντέλο ενδομήτριου, καθώς και η ανύψωση, το αξιμούθιο και η περιστροφή, τα οποία αντιπροσωπεύουν την διεύθυνση και κατεύθυνση του εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου. Οι πιο πάνω παράμετροι καλό θα είναι να εμφανίζονται και γραπτώς στην οθόνη του συστήματος για το λόγο ότι ο πραγματικός χώρος της ενδομητριακής κοιλότητας είναι αρκετά μικρός και οι κινήσεις που μπορεί να κάνει ο ιατρός με το υστεροσκόπιο είναι αρκετά περιορισμένες κατά την πραγματοποίηση της υστεροσκοπικής εξέτασης. Έτσι, γνωστοποιώντας τις τιμές των πιο πάνω παραμέτρων, ο ιατρός κατά την ετεροχρονισμένη πλοήγηση θα μπορεί να αντιληφτεί αν έχει ξεπεράσει τα όρια των τιμών αυτών. Η υπέρβαση στις τιμές των παραμέτρων συνεπάγεται ότι ο ιατρός δεν θα μπορεί να δει επιπλέον αλλαγές (διαφορετική υστεροσκοπική εικόνα) στην οθόνη του.

4.7.8 Εντοπισμός υστεροσκοπικής εικόνας με τα πλησιέστερα χαρακτηριστικά

Η λειτουργία αυτή έχει ως σκοπό τον εντοπισμό της κατάλληλης υστεροσκοπικής εικόνας της οποίας τα χαρακτηριστικά ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά που έχουν οριστεί την συγκεκριμένη χρονική στιγμή για το εικονικό μοντέλο ενδομήτριου, x και y , καθώς και για το εικονικό μοντέλο υστεροσκοπίου, ανύψωση, αξιμούθιο και περιστροφή. Με την λειτουργία αυτή, τα πιο πάνω χαρακτηριστικά της τρέχουσας στιγμής θα εισάγονται ως ερώτημα στο δέντρο που θα έχει δημιουργηθεί κατά την

εκκίνηση του συστήματος. Έπειτα, θα αναζητείται ανάμεσα στα ήδη καταχωρημένα χαρακτηριστικά, τα οποία αναρτήθηκαν στο σύστημα, ο κόμβος του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι τα πλησιέστερα προς αυτά του ερωτήματος. Έτσι, η υστεροσκοπική εικόνα του αντίστοιχου πλησιέστερου κόμβου θα εμφανίζεται στην οθόνη. Η λειτουργία αυτή είναι η σημαντικότερη στο σύστημα γιατί θα μπορεί να βγάλει ως έξοδο την υστεροσκοπική εικόνα με τα πλησιέστερα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης θέσης που παρακολουθεί ο ιατρός την τρέχουσα στιγμή. Εντοπίζοντας και παρουσιάζοντας την ορθή υστεροσκοπική εικόνα, ο ιατρός θα μπορεί να διεξάγει σωστά συμπεράσματα κατά την ετεροχρονισμένη εξέταση.

4.8 Σχεδιασμός συστήματος

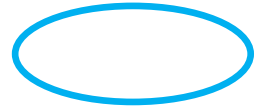
Παρακάτω, γίνεται ανάλυση των απαιτήσεων του χρήστη με σκοπό να εξακριβωθούν οι πραγματικές ανάγκες του ιατρού. Στο σημείο αυτό, ορίζονται τα στοιχεία των λειτουργιών που έχουν αναφερθεί στο πλοηγούμενο υποκεφάλαιο, φτάνοντας στη λύση που ταιριάζει καλύτερα στις απαιτήσεις του συστήματος. Πιο κάτω, παρουσιάζονται σχεδιαγράμματα ροής που απεικονίζουν τις λειτουργίες του συστήματος που έχουν ήδη αναφερθεί στο υποκεφάλαιο των απαιτήσεων. Οι ανάγκες του χρήστη, τις οποίες θα πρέπει να ικανοποιεί το σύστημα, θα εξακριβωθούν με τα σχεδιαγράμματα, βοηθώντας σε μεγάλο βαθμό στην μετέπειτα υλοποίηση του συστήματος.

4.8.1 Διαγράμματα ροής

Τα διαγράμματα ροής είναι ένας τύπος διαγραμμάτων που αναπαριστά μια αλγοριθμική διαδικασία, δείχνοντας τα βήματα μέσω διάφορων ειδών κουτιών που συνδέονται μεταξύ τους με βέλη [9]. Αυτή η διαγραμματική απεικόνιση μπορεί να δώσει βήμα προς βήμα τη λύση σε ένα πρόβλημα. Βοηθούν στην αποσαφήνιση τις διαδικασίες και να αποφασίσουμε αν μπορούν να βελτιωθούν. Τα διαγράμματα ροής είναι εύκολα στην κατανόησή τους, έτσι χρησιμοποιούνται στην ανάλυση, το σχεδιασμό, την τεκμηρίωση ή τον έλεγχο μιας διαδικασίας ή ενός προγράμματος σε διάφορα πεδία.

Τα κύρια σύμβολα που χρησιμοποιούνται στα διαγράμματα ροής είναι τα πιο κάτω:

- Επίμηκες κύκλους που δείχνουν την αρχή και το τέλος μιας διαδικασίας



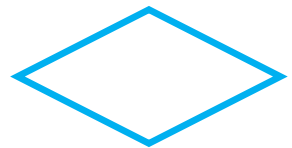
- Ορθογώνια που δείχνουν επεξεργασία, οδηγίες και ενέργειες



- Ορθογώνια με δύο παράλληλες γραμμές στο εσωτερικό που δείχνουν υποπρόγραμμα ή υπορουτίνες



- Τα διαμάντια (ρόμβοι) που δείχνουν τις αποφάσεις



- Το δίπλα σχήμα δείχνει την απόφαση από πολλαπλές επιλογές



- Τα παραλληλόγραμμα που δείχνουν την είσοδο δεδομένων και την έξοδο αποτελεσμάτων



- Οι κύκλοι που δείχνουν τους συνδέσμους



- Τα βέλη που δείχνουν τη ροή.

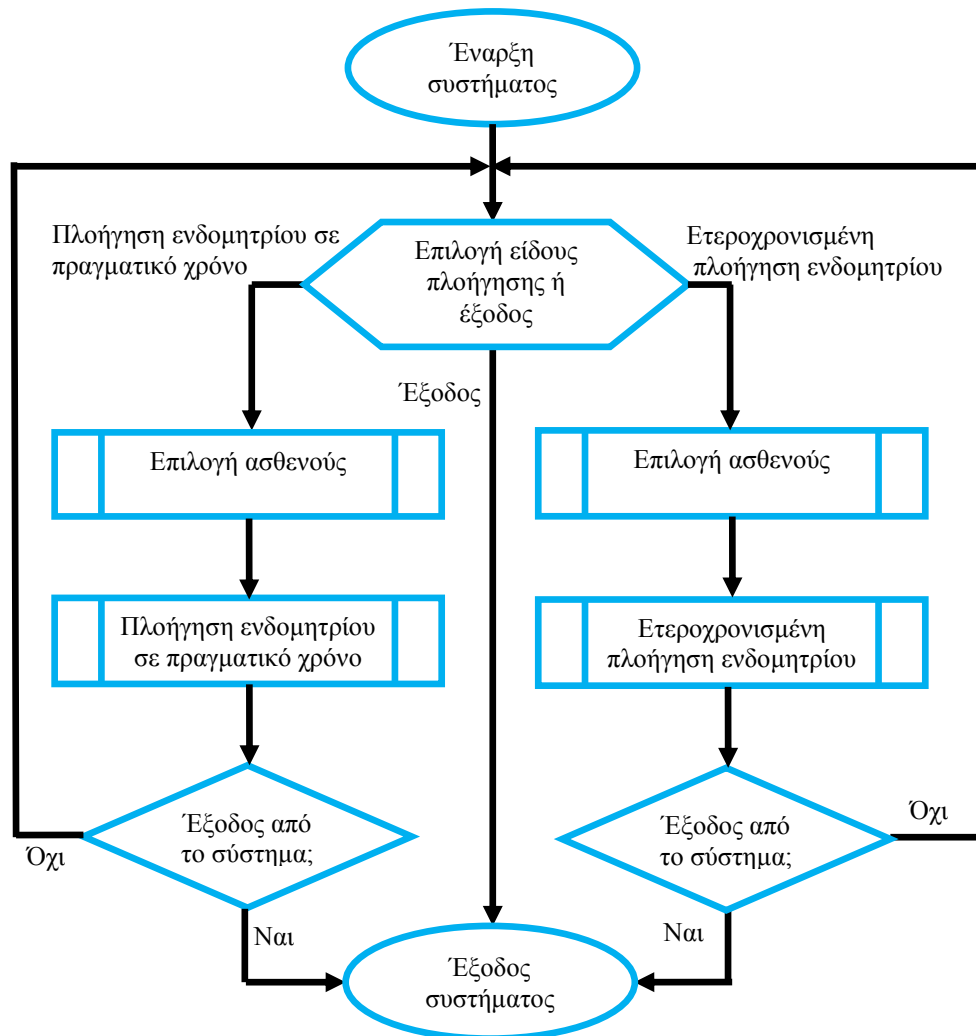


- Τέλος, το σχήμα αυτό που αντιπροσωπεύει σχόλια.



Στο πιο κάτω σχήμα γίνεται αναπαράσταση του διαγράμματος ροής ολόκληρου του συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου.

Σχήμα: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής ολόκληρου του συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου:

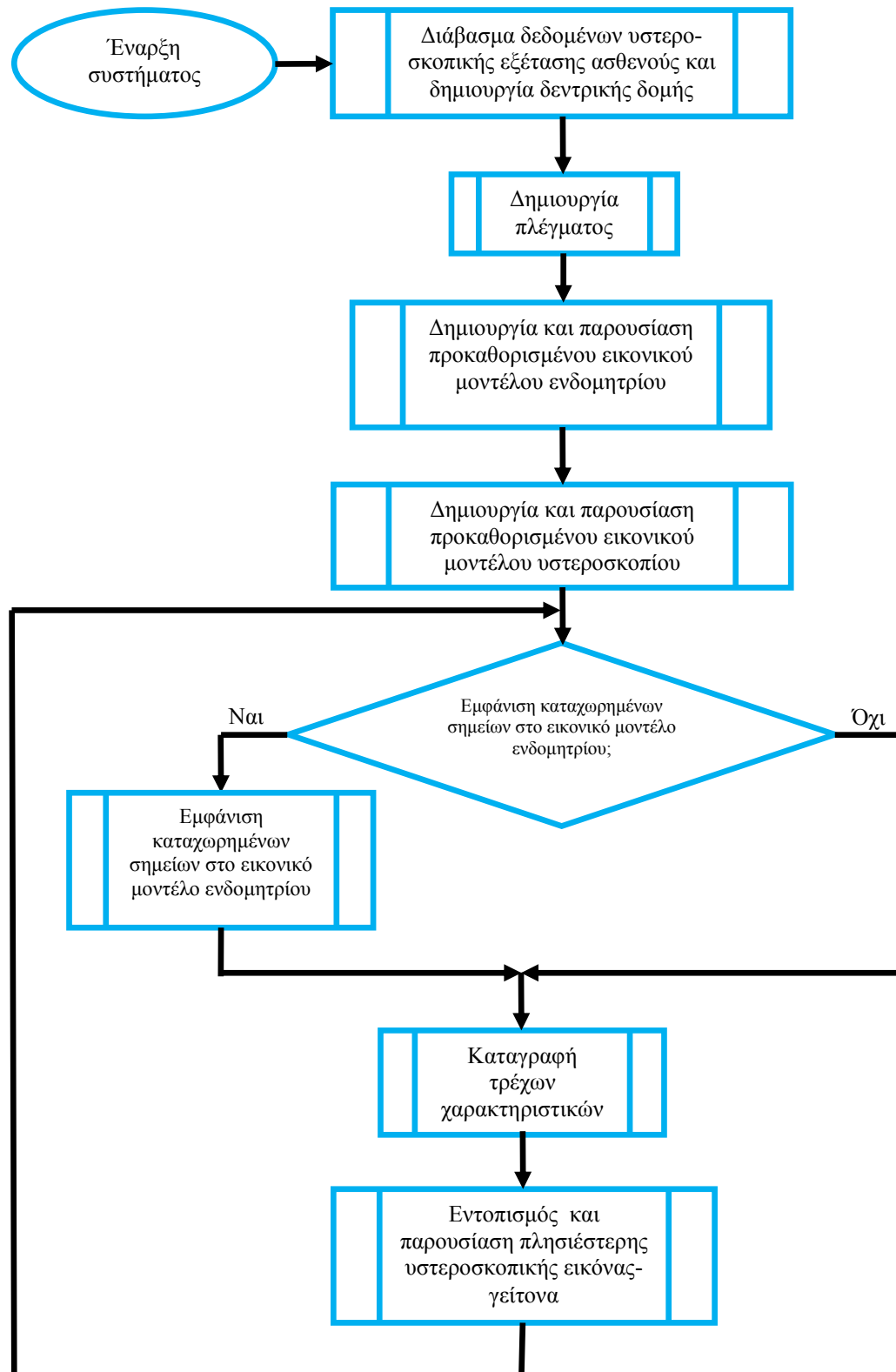


Σχήμα 4.2: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής ολόκληρου του συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου

- Αρχικά, γίνεται η έναρξη του συστήματος.
- Ο χρήστης επιλέγει τι θα εκτελέσει, αν θα πραγματοποιήσει πλοήγηση ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο ή πλοήγηση ενδομητρίου ετεροχρονισμένα είτε να βγει από το σύστημα.
- Εάν έχει επιλέξει πλοήγηση ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο:
 - Μέσω υπορουτίνας, ο χρήστης επιλέγει τον ασθενή που πρόκειται να εκτελέσει την πλοήγηση.
 - Μέσω υποπρογράμματος, ξεκινά το πρόγραμμα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο.
 - Όταν τερματίσει, ο χρήστης επιλέγει αν θα συνεχίσει την εκτέλεση του συστήματος ή αν θα το τερματίσει.
- Εάν έχει επιλέξει πλοήγηση ενδομητρίου ετεροχρονισμένα:
 - Μέσω υπορουτίνας, ο χρήστης επιλέγει τον ασθενή που πρόκειται να εκτελέσει την ετεροχρονισμένη πλοήγηση.
 - Μέσω υποπρογράμματος, ξεκινά το πρόγραμμα ετεροχρονισμένη πλοήγησης ενδομητρίου.
 - Όταν τερματίσει, ο χρήστης επιλέγει αν θα συνεχίσει την εκτέλεση του συστήματος ή αν θα τερματίσει το σύστημα.
- Εάν έχει επιλέξει τερματισμό του συστήματος, το σύστημα κλείνει.

Ακολουθεί αναπαράσταση του διαγράμματος ροής για το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου και έπειτα αναλύεται κάθε λειτουργία που το απαρτίζει.

Σχήμα: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής ολόκληρου του συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου:

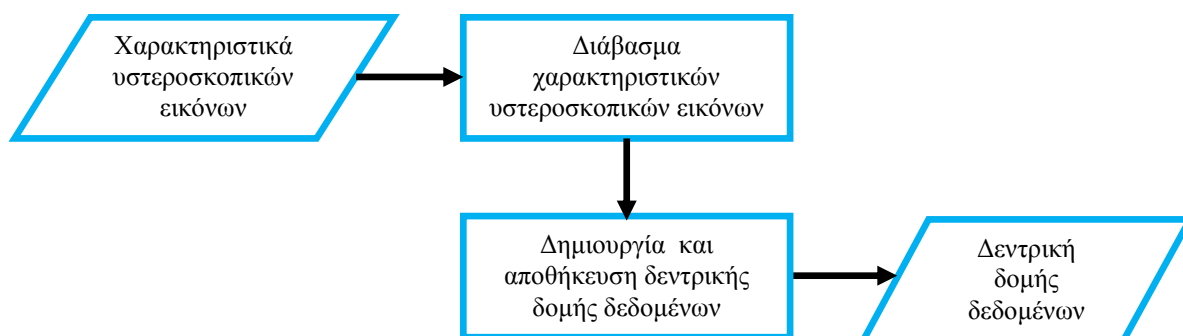


Σχήμα 4.3: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής ολόκληρου του συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου

- Αρχικά, γίνεται η έναρξη του συστήματος.
- Περνιούνται τα δεδομένα των υστεροσκοπικών εικόνων και δημιουργείται μια δεντρική δομή με αυτά.
- Μέσω υπορουτίνας, δημιουργείται και παρουσιάζεται το εικονικό μοντέλο ενδομητρίου.
- Μέσω υπορουτίνας, δημιουργείται και παρουσιάζεται το εικονικό μοντέλο υστεροσκοπίου.
- Εάν, ο χρήστης επιθυμεί να εμφανιστούν τα καταχωρημένα σημεία στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου, καλείται η υπορουτίνα για εμφάνιση των σημείων.
- Στη συνέχεια, καταγράφονται τα νέα χαρακτηριστικά τις κλίσης του εικονικού υστεροσκοπίου και της θέσης του στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου.
- Τέλος, εντοπίζεται και παρουσιάζεται η πλησιέστερη υστεροσκοπική εικόνα

Παρακάτω υπάρχει εκτενής περιγραφή για κάθε λειτουργία που απαρτίζει το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου.

Λειτουργία: Διάβασμα δεδομένων υστεροσκοπικής εξέτασης ασθενούς και δημιουργία δεντρικής δομής:



Σχήμα 4.5: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής διαβάσματος δεδομένων υστεροσκοπικής εξέτασης ασθενούς και δημιουργία δεντρικής δομής

- Η λειτουργία αυτή έχει ως είσοδο ένα αρχείο στο οποίο είναι αποθηκευμένα οι τιμές των υστεροσκοπικών εικόνων.
- Διαβάζονται όλα τα στοιχεία του αρχείου και αποθηκεύονται προσωρινά.
- Στη συνέχεια, με βάση τα δεδομένα που έχουν αποθηκευθεί, δημιουργείται μια δενδρική δομή δεδομένων στην οποία τα δεδομένα ταξινομούνται ανάλογα με τη τιμή που έχουν.
- Ως έξοδο της λειτουργίας, έχουμε ένα ταξινομημένο δέντρο με τα δεδομένα των υστεροσκοπικών εικόνων.

Λειτουργία: Δημιουργία πλέγματος

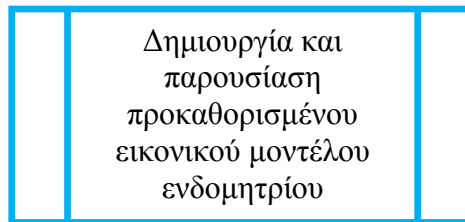


Σχήμα 4.6: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής για δημιουργία πλέγματος

- Εμφάνιση πλέγματος, υποδεικνύοντας το μέγεθος και τα μετρικά χαρακτηριστικά του ενδομητρίου.

Στο πλέγμα θα παρουσιάζεται το εικονικό μοντέλο ενδομητρίου και ένας μικρός σταυρός που υποδεικνύει τη θέση που καθορίζει ο ιατρός την συγκεκριμένη στιγμή που θα βρισκόταν το υστεροσκόπιο στην πραγματική ενδομητριακή κοιλότητα. Επίσης, κατά επιλογή, θα εμφανίζονται τα καταχωρημένα σημεία που αντιπροσωπεύουν τις θέσεις όπου λήφθηκαν οι υστεροσκοπικές εικόνες. Οι λειτουργίες αυτές παρουσιάζονται πιο κάτω.

Λειτουργία: Δημιουργία και παρουσίαση προκαθορισμένου εικονικού μοντέλου ενδομητρίου

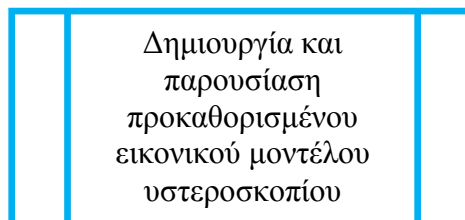


Σχήμα 4.7: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής για δημιουργία και παρουσίαση προκαθορισμένου

- Δημιουργία εικονικού μοντέλου ενδομητρίου ιητρίου, το πάνω, δεξιό και αριστερό μέρος του. Τα μεγέθη αυτά είναι προκαθορισμένα και έχουν το μέγεθος ενός μέσου ενδομητρίου.

Σε περίπτωση που έχει γίνει προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του ενδομητρίου του ασθενή κατά την υστεροσκοπική εξέταση, το εικονικό μοντέλο ενδομητρίου παρουσιάζεται με την μορφή με βάση τα χαρακτηριστικά του ασθενή.

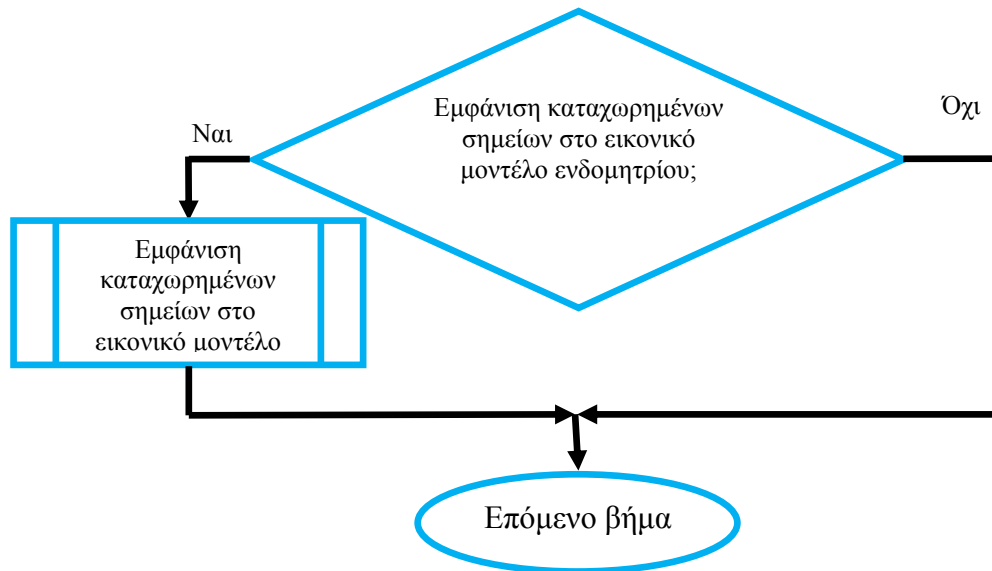
Λειτουργία: Δημιουργία και παρουσίαση προκαθορισμένου εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου



Σχήμα 4.8: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής για δημιουργία και παρουσίαση προκαθορισμένου εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου

- Δημιουργία και παρουσίαση αντικειμένου που αναπαριστά το υστεροσκόπιο, Το εικονικό υστεροσκόπιο αναπαριστάται από δύο τμήματα, ένα μακρύ κύλινδρο που αντιπροσωπεύει τον μακρύ σωλήνα υστεροσκοπίου και από ένα κόμβο αντιπροσωπεύοντας την φωτεινή οπή στην άκρη του σωλήνα. Τα μεγέθη του είναι προκαθορισμένα και δεν αλλάζουν.

Το εικονικό μοντέλο υστεροσκοπίου έχει τη δυνατότητα να αλλάζει κλίση και κατεύθυνση, όπως θα άλλαζε ένα πραγματικό υστεροσκόπιο κατά τη διάρκεια υστεροσκοπικής εξέτασης.

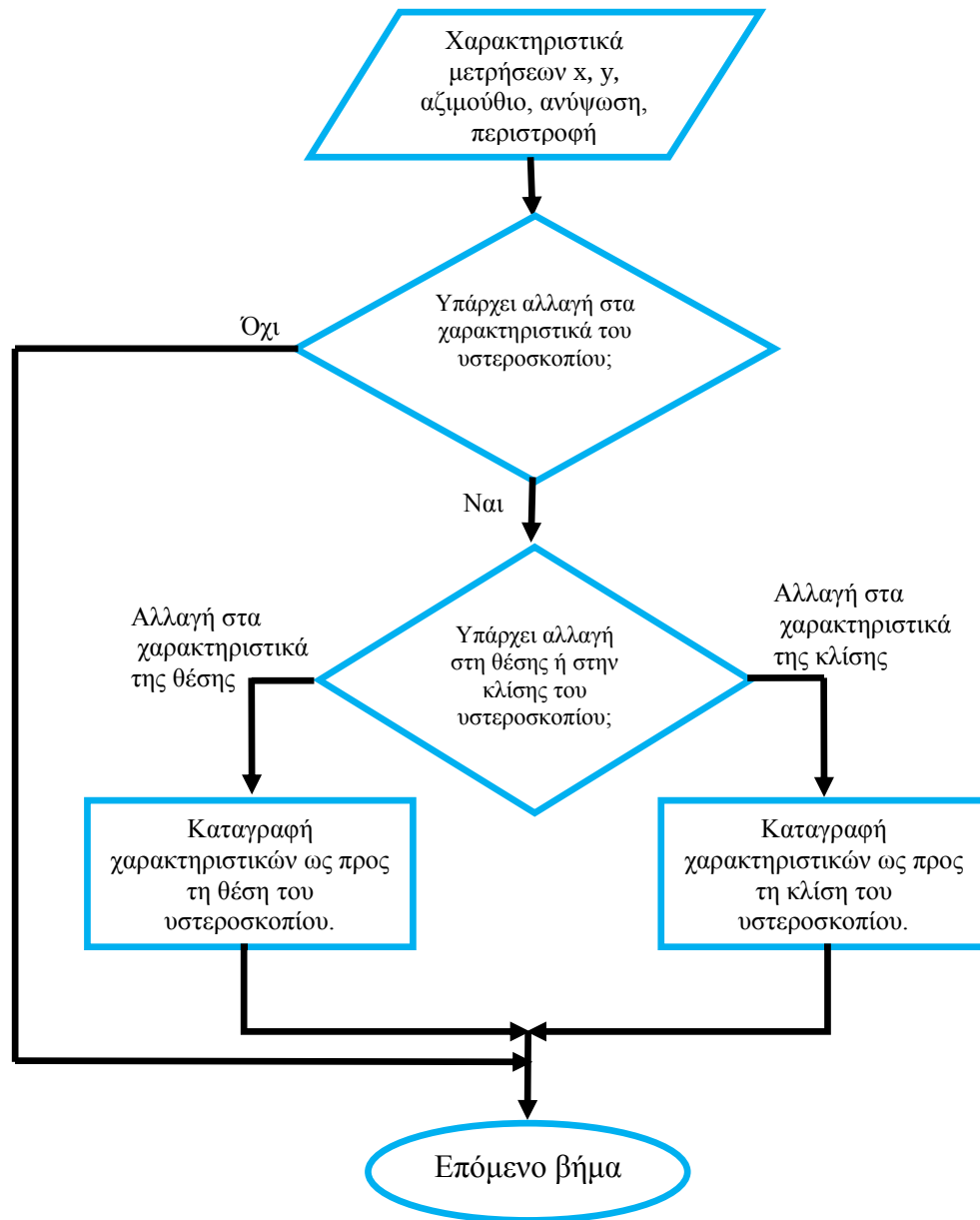


Σχήμα 4.9: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής για εμφάνιση καταχωρημένων σημείων στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου

Λειτουργία: Εμφάνιση καταχωρημένων σημείων στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου

- Εάν ο χρήστης επιθυμεί την εμφάνιση των σημείων θέσης υστεροσκοπίου που έχουν καταγραφεί από την υστεροσκοπική εξέταση, έχει την επιλογή να τα δει.
- Τα σημεία θέσης υστεροσκοπίου εμφανίζονται στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου με κουκκίδες.

Λειτουργία: Καταγραφή τρέχων χαρακτηριστικών υστεροσκοπίου



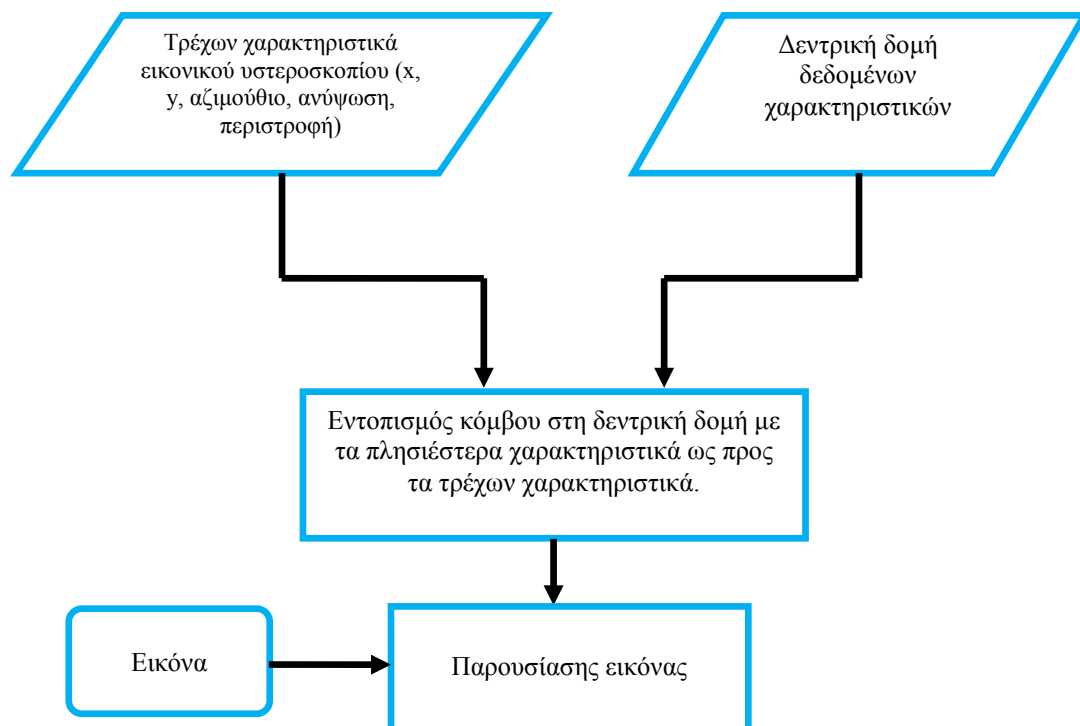
Σχήμα 4.10: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής για καταγραφή τρέχων χαρακτηριστικών υστεροσκοπίου

- Ως είσοδο έχουμε πέντε παραμέτρους που αντιπροσωπεύουν τα χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου, x, y, αξιμούθιο, ανύψωση και περιστροφή.
- Εάν έχει παρατηρηθεί αλλαγή στα χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου,
 - ο Εάν υπήρξε αλλαγή στα χαρακτηριστικά θέσης του υστεροσκοπίου, καλείται η υπορουτίνα για καταγραφή χαρακτηριστικών ως προς τη θέση

του υστεροσκοπίου. Δηλαδή καταγράφονται οι νέες μετρήσεις θέσης, x και y , του υστεροσκοπίου στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου.

- Εάν υπήρξε αλλαγή στα χαρακτηριστικά τις κλίσης και περιστροφής του υστεροσκοπίου, καλείται η υπορουτίνα για καταγραφή χαρακτηριστικών ως προς τη κλίση του υστεροσκοπίου. Δηλαδή καταγράφονται οι νέες μετρήσεις κλίσης, αξιμούθιο και ανύψωση, καθώς και την περιστροφή.

Λειτουργία: Εντοπισμός και παρουσίαση πλησιέστερης υστεροσκοπικής εικόνας-γείτονα



Σχήμα 4.11: Αναπαράσταση διαγράμματος ροής για εντοπισμός και παρουσίαση πλησιέστερης υστεροσκοπικής εικόνας- γείτονα

- Τα τρέχων χαρακτηριστικά του εικονικού υστεροσκοπίου ως προς την κλίση του και τη θέση στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου και η δεντρική δομή δεδομένων με τα χαρακτηριστικά των υστεροσκοπικών εικόνων περνούν ως είσοδο στη λειτουργία αυτή.
- Με τη χρήση αλγόριθμου, γίνεται ο εντοπισμός του κόμβου στη δεντρική δομή δεδομένων του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι τα πλησιέστερα ως προς τα τρέχων χαρακτηριστικά.
- Η εικόνα με τα πλησιέστερα χαρακτηριστικά, παρουσιάζεται στον χρήστη.

Ο εντοπισμός της πλησιέστερης υστεροσκοπικής εικόνας – γείτονας γίνεται με βάση προτεραιότητας και έχει ως εξής:

- Οι τρέχων συντεταγμένες ως προς τη θέση του εικονικού υστεροσκοπίου, x και y περνούν ως ερώτημα - είσοδος στην κύρια δεντρική δομή δεδομένων που έχει δημιουργηθεί κατά την έναρξη του συστήματος. Κατά την αναζήτηση στην δεντρική δομή δεδομένων, ως έξοδο έχουμε ένα αριθμό k ($k > 10$) εγγραφών που αποτελούν τις πρώτες k εγγραφές των οποίων τα δεδομένα x και y είναι τα πλησιέστερα προς τα τρέχων x και y .
- Στη συνέχεια, δημιουργείται μια νέα προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων με δεδομένα τα χαρακτηριστικά του εικονικού υστεροσκοπίου, ανύψωση και αξιμούθιο, των k εγγραφών που είχαμε ως έξοδο στο προηγούμενο στάδιο. Οι τρέχων τιμές αξιμούθιου και ανύψωσης του υστεροσκοπίου περνούν ως ερώτημα - είσοδος στη νέα προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων που δημιουργήθηκε. Ως έξοδο έχουμε ένα αριθμό n ($10 \leq n \leq k$) εγγραφών που αποτελούν τις πρώτες n εγγραφές των οποίων τα δεδομένα αξιμούθιο και ανύψωση είναι τα πλησιέστερα προς τις τρέχων τιμές του αξιμούθιου και ανύψωσης του υστεροσκοπίου.
- Ως τελικό στάδιο έχουμε τη δημιουργία μιας δεύτερης προσωρινής δεντρικής δομής δεδομένων με δεδομένα τα χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου, την περιστροφή, των n εγγραφών που είχαμε ως έξοδο στο προηγούμενο στάδιο. Η τρέχουσα τιμή της περιστροφής του υστεροσκοπίου περνιέται ως ερώτημα -

είσοδος στη δεύτερη προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων που δημιουργήθηκε. Ως έξοδο έχουμε μια εγγραφή της οποίας η τιμή της περιστροφής είναι η πλησιέστερη ως προς τη τρέχουσα τιμή περιστροφής του υστεροσκοπίου.

- Όλα τα χαρακτηριστικά της εγγραφής της εξόδου από την τελευταία δεντρική δομή δεδομένων, αποτελούν τα πλησιέστερα ως προς όλα τα τρέχων χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου, x , y , αζιμούθιο, ανύψωση και περιστροφή. Η υστεροσκοπική εικόνα με τα χαρακτηριστικά αυτά παρουσιάζεται στην οθόνη του χρήστη. Επίσης, στην οθόνη παρουσιάζονται επιπλέον πέντε υστεροσκοπικές εικόνες των οποίων τα χαρακτηριστικά είναι στο σύνολο τα επόμενα πέντε κοντινότερα προς το τρέχον ερώτημα.

Κεφάλαιο 5

Υλοποίηση και Αξιολόγηση

5.1 Εισαγωγή	54
5.2 Εργαλεία υλοποίησης συστήματος	54
5.3 Υλοποίηση συστήματος	55
5.3.1 Γραφικό περιβάλλον διαπροσωπείας	55
5.3.1.1 Κύρια οθόνη συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου	57
5.3.1.2 Οθόνη επιλογής ασθενούς για πλοήγηση ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο	58
5.3.1.3 Οθόνη επιλογής ασθενούς για ετεροχρονισμένη πλοήγηση Ενδομητρίου	60
5.3.1.4 Κύρια Οθόνη συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης Ενδομητρίου	61
5.4 Εντοπισμός Πλησιέστερου Γείτονα- Εγγραφής	62
5.4.1 Επιλογή διαδικασίας για εντοπισμό πλησιέστερου γείτονα- εγγραφής	62
5.4.2 Παράδειγμα εντοπισμού πλησιέστερου γείτονα- εγγραφής	65
5.5 Αξιολόγηση συστήματος	73
5.5.1 Πρώτο στάδιο αξιολόγησης συστήματος	73
5.5.2 Δεύτερο στάδιο αξιολόγησης συστήματος	74
5.5.3 Κύρια αξιολόγηση συστήματος	74
5.5.3.1 Αξιολόγηση με σενάρια	74
5.5.3.2 Αξιολόγηση ως προς τη θέση του υστεροσκοπίου	90
5.5.3.3 Αξιολόγηση ως προς τη κλίση του υστεροσκοπίου	93
5.6 Προσφορά συστήματος	96

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, περιγράφεται ο τρόπος υλοποίησης του συστήματος. Συγκεκριμένα, περιγράφονται τα εργαλεία υλοποίησης και οι λειτουργίες που απαρτίζουν το σύστημα. Τέλος, παρουσιάζεται η αξιολόγηση του συστήματος τόσο με εικονικά δεδομένα όσο με πραγματικά δεδομένα, περιγράφοντας τις φάσεις αξιολόγησης που έχουν συμβεί.

5.2 Εργαλεία υλοποίησης συστήματος

Η ανάπτυξη του συστήματος έγινε στο πρόγραμμα Microsoft Visual Studio 2010, χρησιμοποιώντας ως γλώσσα προγραμματισμού Visual C++ για το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου, για τις διεπιφάνειες χρήστη συγκεκριμένα, και C++ για το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου. Το εργαλείο Microsoft Visual Studio 2010 είναι ένα διαλογικό πακέτο λογισμικού υψηλής επίδοσης, επιτρέπει τον εύκολο χειρισμό δεδομένων, τη δημιουργία διεπιφανειών χρήστη καθώς και για τη διασύνδεση με προγράμματα υλοποιημένα σε άλλες γλώσσες. Επίσης, το Microsoft Visual Studio 2010 είναι ένα συμβατό εργαλείο και μπορεί εύκολα να εγκατασταθεί στους περισσότερους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και να χρησιμοποιηθεί ανά πάσα στιγμή.

Επίσης, το γραφικό τμήμα του συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου έγινε με τη χρήση συναρτήσεων από την OpenGL [13]. Πρόκειται για μια ανοικτή βιβλιοθήκη γραφικών και θεωρείται βασική γλώσσα γραφικών. Η λειτουργία της OpenGL θεωρείται ως μηχανή καταστάσεων, όπου ο προγραμματιστής μπορεί να μεταβάλλει τη λειτουργία του συστήματος γραφικών, ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας προσφερόμενες δυνατότητες. Σχεδόν ολόκληρο το μέρος της κύριας διεπιφάνειας του συστήματος έχει υλοποιηθεί με βάση την OpenGL.

Όσο αφορά η υλοποίηση για τον εντοπισμό της υστεροσκοπικής εικόνας με τα πλησιέστερα χαρακτηριστικά, ως προς τα τρέχον χαρακτηριστικά θέσης και κλίσης του εικονικού υστεροσκοπίου, έχει γίνει με την χρήση συναρτήσεων από την ανοικτή βιβλιοθήκη ANN (Approximated Nearest Neighbor). Η ANN είναι μια βιβλιοθήκη γραμμένη σε C++, η οποία υποστηρίζει δομές δεδομένων και αλγόριθμων για εύρεση

κατά προσέγγιση τον πλησιέστερο γείτονα μέσω αναζήτησης σε αυθαίρετα υψηλές διαστάσεις. Η βιβλιοθήκη εφαρμόζει διαφορετικές δομές δεδομένων με βάση τα kd-tree και τα kd-αποσύνθετα δέντρα [2, 3].

5.3 Υλοποίηση συστήματος

Η υλοποίηση του συστήματος έχει γίνει σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ιατρού, οι οποίες έχουν αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.

5.3.1 Γραφικό περιβάλλον διαπροσωπείας

Το φιλικό προς τον χρήστη γραφικό περιβάλλον του συστήματος, είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην επιτυχία ενός λογισμικού συστήματος. Το γραφικό περιβάλλον διαπροσωπείας (GUI) πρέπει να είναι φιλικό, εύχρηστο αλλά και έξυπνο για να μπορεί ο χρήστης να το χρησιμοποιεί με ευκολία, χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις που θα κάνουν δύσκολη την πλοήγησή του στο σύστημα.

Το GUI που αλληλεπιδρά με το χρήστη, στο γενικό σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου, έχει υλοποιηθεί και χωρίζεται σε δύο μέρη:

- Το ένα μέρος ανταποκρίνεται στο σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο,
- Το δεύτερο μέρος ανταποκρίνεται στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου.



Σχήμα 5.1: Παρουσίαση των δυο κύριων τμημάτων που απαρτίζουν το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου.

Όσο αφορά, το GUI για το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου, χωρίζεται σε τέσσερα ανεξάρτητα μέρη :

- Ένα μέρος στο οποίο εμφανίζονται οι εικόνες που πάρθηκαν κατά τη διάρκεια της υστεροσκοπικής εξέτασης,
- το μέρος όπου εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά της θέσης και κλίσης του υστεροσκοπίου,
- το μέρος όπου εμφανίζεται το εικονικό μοντέλο της ενδομητριακής κοιλότητας,
- και το μέρος όπου εμφανίζεται το εικονικό μοντέλο του υστεροσκοπίου.



Σχήμα 5.2: Παρουσίαση των κύριων τμημάτων που απαρτίζουν το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου.

Το GUI πρέπει να βοηθά τον χρήστη στη διεκπεραίωση του έργου του και όχι να τον καθυστερεί ή να του προκαλεί προβλήματα στην εργασία του. Τέλος, αν υπάρχει ένας αρμονικός συνδυασμός χρωμάτων στο GUI θα το κάνει ακόμα πιο φιλικό και ευχάριστο. Οι υπερβολές θα κάνουν το πρόγραμμα άκομψο και κουραστικό και έτσι δεν θα βοηθούν το χρήστη να αποδίδει καλύτερα.

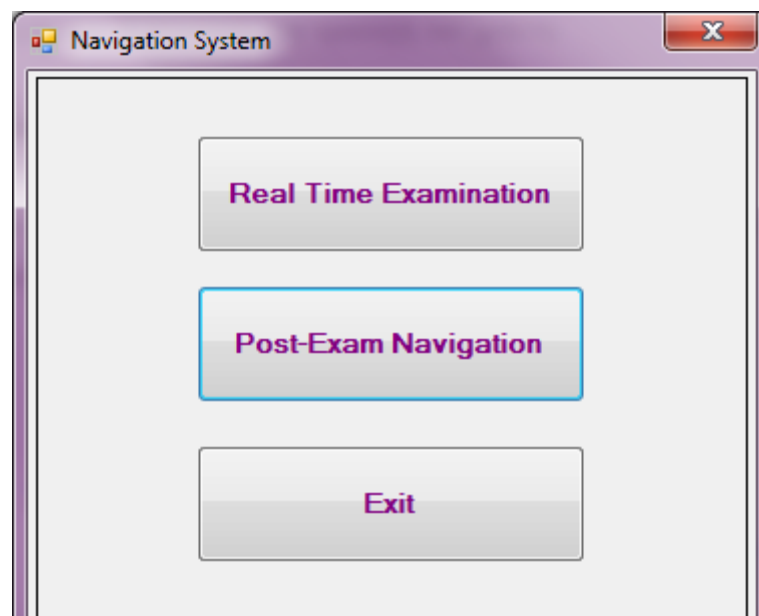
Τα πιο πάνω χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τη διάρκεια υλοποίησης του γραφικού περιβάλλοντος διαπροσωπείας GUI που αλληλεπιδρά με το χρήστη. Αρχικά, η πληροφορία μέσα στο GUI είναι οργανωμένη με τρόπο έτσι ώστε να μην αποσπάται η προσοχή του χρήστη. Επίσης, οι πληροφορίες βρίσκονται πάντα στο ίδιο σημείο γιατί ο χρήστης, ανάλογα με την πληροφορία που θέλει να λαμβάνει από το

σύστημα, ξέρει αμέσως πού να την βρει. Έτσι, ο ιατρός αφού μάθει το σύστημα, θα μπορεί να χρησιμοποιεί το σύστημα πολύ γρήγορα. Σχετικά με τα χρώματα που υπάρχουν στο σύστημα δεν είναι έντονα. Αποτελούνται από απαλά χρώματα, ξεκούραστα για τα μάτια. Στην οθόνη, δεν παρουσιάζονται περίπλοκα σχήματα που να αποσπούν την προσοχή του ιατρού. Με το συνδυασμό χρωμάτων και σχημάτων, δίνεται έμφαση στη πληροφορία που παρέχει το σύστημα.

Τέλος, το σημαντικότερο σημείο που λήφθηκε σε μεγάλο βαθμό υπόψη, είναι η απλότητα του συστήματος. Δηλαδή, ο χρήστης να μπορεί να πλοηγηθεί εύκολα στο σύστημα και να μπορεί να παρακολουθήσει ξεχωριστά κάθε τμήμα του συστήματος, χωρίς τα υπόλοιπα τμήματα να αποσπούν την προσοχή του χρήστη.

5.3.1.1 Κύρια οθόνη συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου

Όταν ο χρήστης ξεκινά το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου, η πρώτη οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη είναι και η κύρια οθόνη του συστήματος, η οποία παρουσιάζεται πιο κάτω.



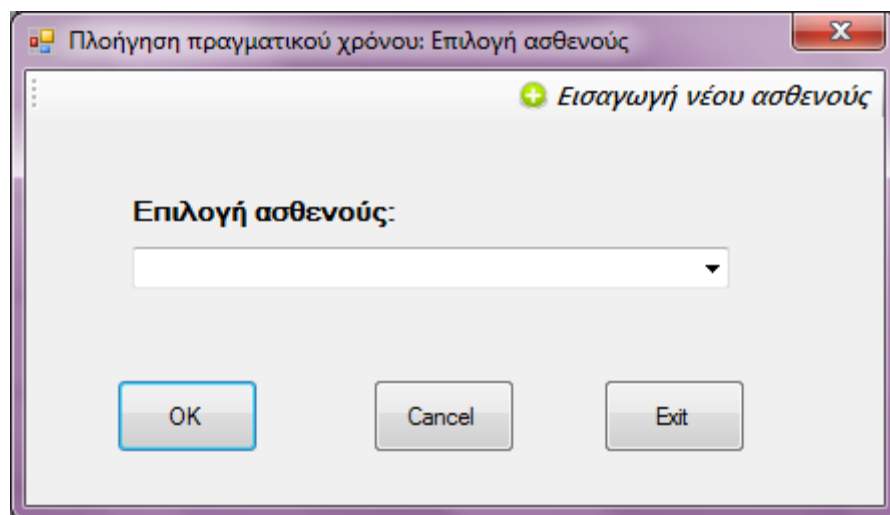
Σχήμα 5.3: Η πρώτη οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη κατά την εκκίνηση του συστήματος

Η κύρια οθόνη εμφανίζεται πάντα στο κέντρο της οθόνης και μέσω της οθόνης αυτής ο ιατρός έχει τη δυνατότητα εκτέλεσης τριών λειτουργιών. Συγκεκριμένα, μέσω της κύρια οθόνης του συστήματος δίνει στο χρήστη τρεις επιλογές:

- να εκτελέσει πλοήγηση ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο,
- να εκτελέσει ετεροχρονισμένη πλοήγηση ενδομητρίου,
- να τερματίσει το πρόγραμμα.

5.3.1.2 Οθόνη επιλογής ασθενούς για πλοήγηση ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο

Όταν ο χρήστης επιθυμεί να εκτελέσει πλοήγηση ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, πατώντας την αντίστοιχη επιλογή στην κύρια οθόνη, ανοίγει ένα άλλο παράθυρο, όπως φαίνεται πιο κάτω, για να επιλέξει τον ασθενή στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η υστεροσκοπική εξέταση.

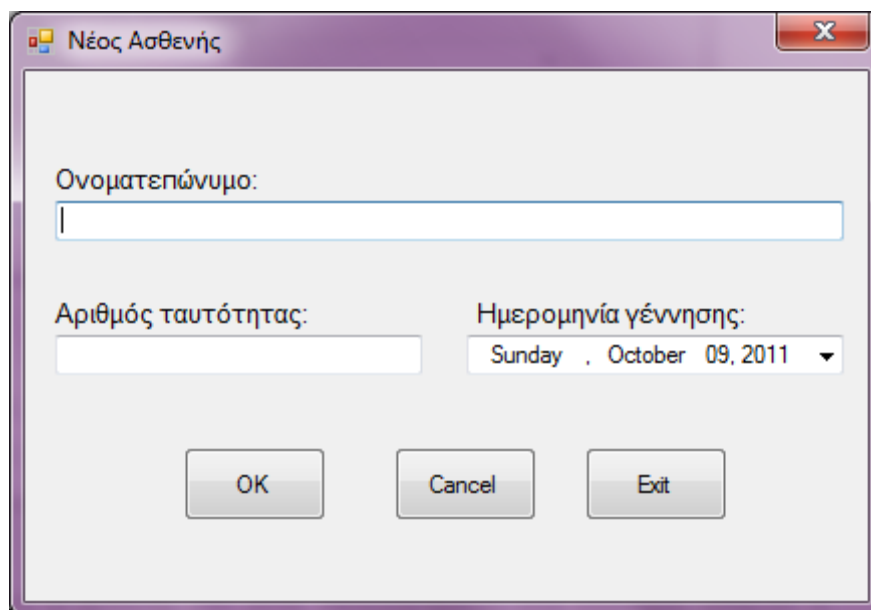


Σχήμα 5.4: Οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη για να επιλέξει την ασθενή που πρόκειται να εκτελέσει υστεροσκοπική εξέταση.

Μέσω μιας λίστας, ο χρήστης επιλέγει τον ασθενή. Η λίστα περιέχει το ονοματεπώνυμο του ασθενή καθώς και τον αριθμό ταυτότητάς του, έτσι ώστε σε περίπτωση συνωνυμίας να ξεχωρίζουν οι ασθενείς. Αφού επιλέξει τον ασθενή από την λίστα και κάνει κλικ στο «OK», σε μία νέα οθόνη ξεκινά το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο. Κάνοντας κλικ στο «Cancel», η συγκεκριμένη οθόνη κλείνει και επιστρέφει στην προηγούμενη οθόνη, ενώ με την επιλογή «Exit», το σύστημα τερματίζεται.

Σε περίπτωση που ο ασθενής δεν είναι καταχωρημένος στο σύστημα, υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής του μέσω της αντίστοιχης επιλογής. Κάνοντας κλικ στην αντίστοιχη επιλογή, ανοίγει ένα παράθυρο για να επιλέξει τον ασθενή του οποίου θα πραγματοποιηθεί η υστεροσκοπική εξέταση.

Η οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη για εισαγωγή στοιχείων νέου ασθενή παρουσιάζεται πιο κάτω.



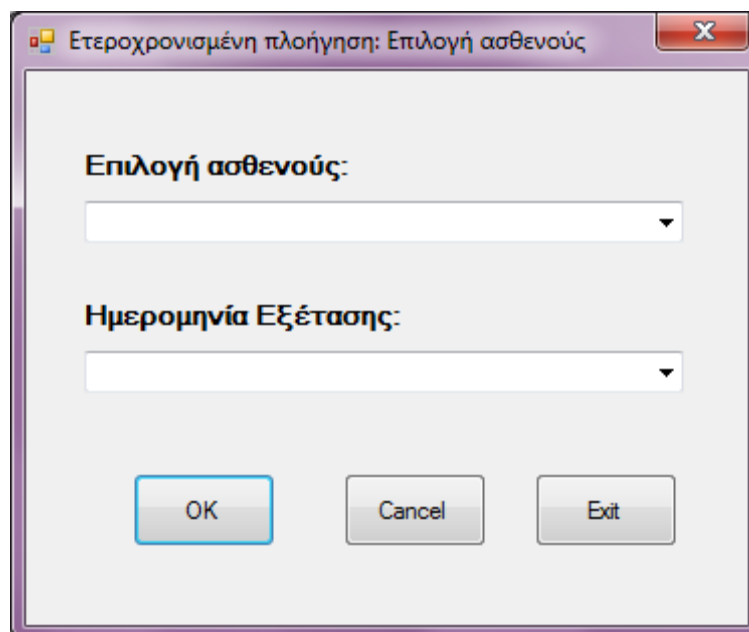
The image shows a Windows-style dialog box titled "Νέος Ασθενής" (New Patient). It has a standard title bar with a close button (X). The main area contains three input fields: "Ονοματεπώνυμο:" (Name and Surname) with a text box, "Αριθμός ταυτότητας:" (ID Number) with a text box, and "Ημερομηνία γέννησης:" (Date of Birth) with a date picker showing "Sunday, October 09, 2011". At the bottom, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Exit".

Σχήμα 5.5: Οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη για να καταχωρήσει πληροφορίες νέας ασθενούς.

Ο χρήστης εισάγει το ονοματεπώνυμο του νέου ασθενούς, την ταυτότητα και την ημερομηνία γεννήσεώς του. Κάνοντας κλικ στο «OK», τα δεδομένα αποθηκεύονται στο σύστημα, σε ένα αρχείο του ασθενούς και έπειτα, σε μία νέα οθόνη ξεκινά το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο. Κάνοντας κλικ στο «Cancel», η συγκεκριμένη οθόνη κλείνει και επιστρέφει στην προηγούμενη οθόνη, ενώ με την επιλογή «Exit», το σύστημα τερματίζεται.

5.3.1.3 Οθόνη επιλογής ασθενούς για ετεροχρονισμένη πλοήγηση ενδομητρίου

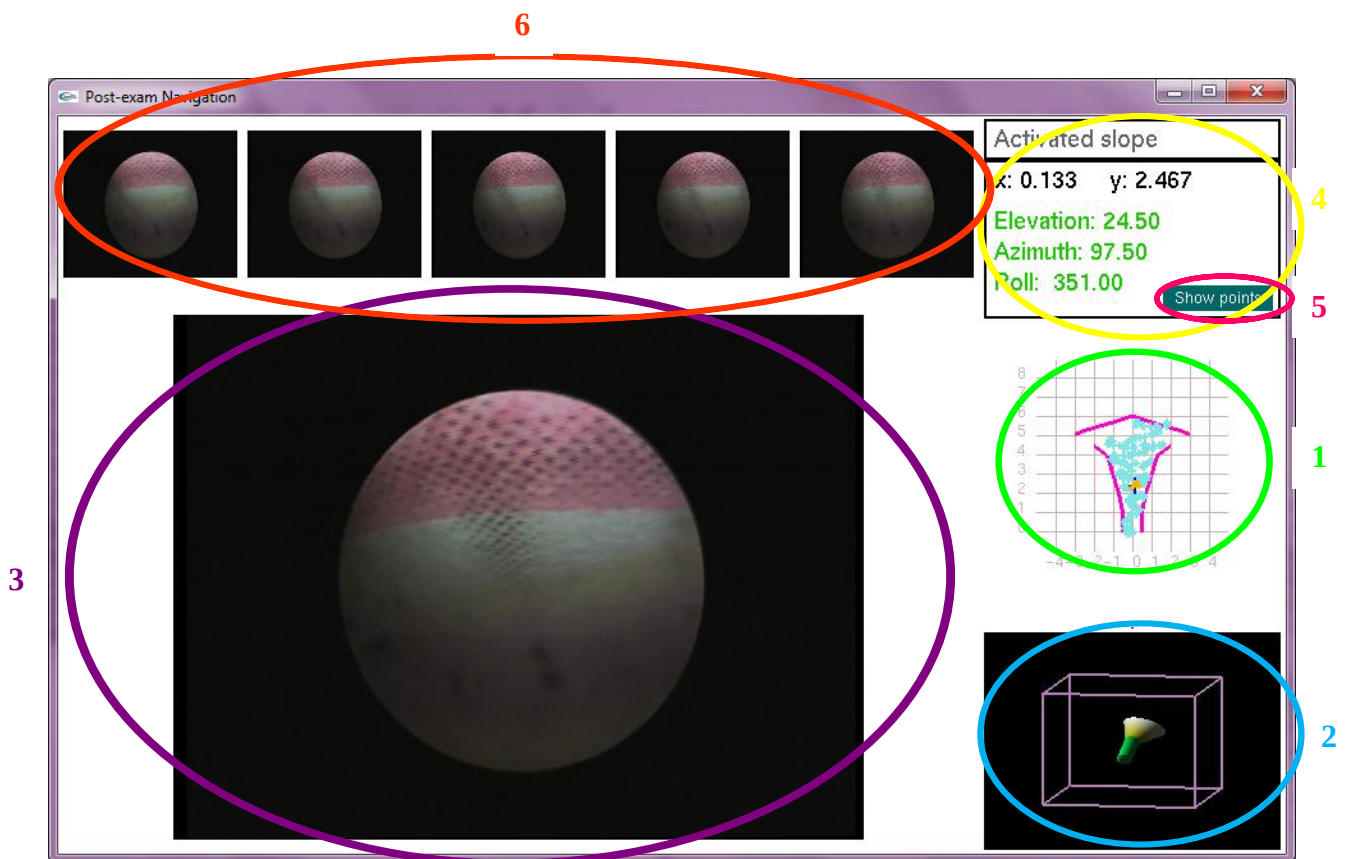
Όταν ο χρήστης επιθυμεί να εκτελέσει ετεροχρονισμένη πλοήγηση ενδομητρίου, πρέπει να επιλέξει την αντίστοιχη επιλογή στην κύρια οθόνη. Έτσι, ανοίγει ένα άλλο παράθυρο, όπως φαίνεται πιο κάτω, για να επιλέξει τον ασθενή του οποίου θέλει να παρακολουθήσει ετεροχρονισμένα μια υστεροσκοπική εξέταση που έχει προηγηθεί. Μέσω μιας λίστας, ο χρήστης επιλέγει τον ασθενή. Η λίστα περιέχει το ονοματεπώνυμο του ασθενή καθώς και τον αριθμό ταυτότητάς του, σε περίπτωση συνωνυμίας να ξεχωρίσει τους ασθενείς και να επιλέξει τον σωστό ασθενή που επιθυμεί να παρακολουθήσει την ετεροχρονισμένη πλοήγηση ενδομητρίου. Στη συνέχεια, σε μια δεύτερη λίστα, παρουσιάζονται οι ημερομηνίες που ο ασθενής έχει κάνει υστεροσκοπικές εξετάσεις και έχουν καταγραφεί στο σύστημα. Αφού επιλέξει τον ασθενή από την λίστα και έπειτα την ημερομηνία που επιθυμεί να δει την υστεροσκοπική εξέταση, κάνει κλικ στο «OK», σε μία νέα οθόνη ξεκινά το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου. Κάνοντας κλικ στο «Cancel», η συγκεκριμένη οθόνη κλείνει και επιστρέφει στην προηγούμενη οθόνη, ενώ με την επιλογή «Exit», το σύστημα τερματίζεται.



Σχήμα 5.6: Οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη για να επιλέξει την ασθενής και την ημερομηνία της εξέτασης που επιθυμεί να παρακολουθήσει.

5.3.1.4 Κύρια οθόνη συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου

Κατά την επιλογή του χρήστη για εκτέλεση ετεροχρονισμένης πλοήγησης στο ενδομήτριο, ανοίγει η πιο κάτω οθόνη η οποία αποτελεί την κύρια οθόνη για το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου. Με την οθόνη αυτή αλληλεπιδρά ο χρήστης και γι' αυτό παρουσιάζονται όλες οι πληροφορίες που είναι χρήσιμες για τον χρήστη.



Σχήμα 5.7: Κύρια οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη κατά την ετεροχρονισμένη πλοήγηση στο ενδομήτριο. Η θέση και κλίση του υστεροσκοπίου παρουσιάζονται αντιπροσωπεύουν την εικόνα που εμφανίζεται στο κέντρο. Το πιο πάνω σχήμα είναι στιγμιότυπο από το σενάριο αξιολόγησης “Zig Zag” με 3frames ανά δευτερόλεπτο.

Όπως παρουσιάζονται στο πιο πάνω σχήμα (Σχήμα 5.7):

- στο μέρος 1 της οθόνης παρουσιάζεται το εικονικό μοντέλο ενδομητρίου στο οποίο θα πλοηγείται ο ιατρός,
- στο μέρος 2 παρουσιάζεται το εικονικό μοντέλο υστεροσκοπίου, το οποίο αλλάζει κλίση (αζιμούθιο, ανύψωση και περιστροφή) ανάλογα με το τι επιθυμεί ο ιατρός,
- στο μέρος 3, παρουσιάζεται η υστεροσκοπική εικόνα της οποίας τα χαρακτηριστικά είναι τα πλησιέστερα ως προς τα τρέχων χαρακτηριστικά,
- στο μέρος 4, παρουσιάζονται στην οθόνη επιγραμματικά οι τιμές των τρέχων χαρακτηριστικών του υστεροσκοπίου,
- στο μέρος 5, δίνεται η επιλογή στο χρήστη να παρουσιάζονται ή όχι τα σημεία που καταγράφηκαν κατά την υστεροσκοπική εξέταση.
- τέλος, στο μέρος 6, παρουσιάζονται στο χρήστη πέντε υστεροσκοπικές εικόνες των οποίων τα χαρακτηριστικά είναι τα κοντινότερα ως προς τα τρέχων χαρακτηριστικά - ερώτημα.

5.4 Εντοπισμός Πλησιέστερου Γείτονα- Εγγραφής

5.4.1 Επιλογή διαδικασίας για εντοπισμό πλησιέστερου γείτονα- εγγραφής

Με σκοπό να αποφασισθεί η διαδικασία με την οποία γίνεται ο εντοπισμός της υστεροσκοπικής εικόνας της οποίας τα χαρακτηριστικά είναι τα πλησιέστερα ως προς τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του τρέχοντος ερωτήματος, υλοποιήθηκαν και εξετάστηκαν οι πιο κάτω τρόποι υλοποίησης σε μεγάλο βαθμό ως προς την αποδοτικότητα και την εγκυρότητά τους.

Ο πρώτος τρόπος που υλοποιήθηκε με σκοπό τον εντοπισμό χρησιμοποιείται στο σύστημα μας είναι ως εξής: από όλες τις εγγραφές που έχουν καταγραφεί από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, ξεχωρίζουμε τα χαρακτηριστικά θέσης υστεροσκοπίου, χ και ψ , και με βάσει αυτά δημιουργείται η κύρια δενδρική δομή δεδομένων με τη χρήση της τεχνικής Kd-tree. Όταν δημιουργηθεί ένα ερώτημα, τότε απομονώνουμε τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης, χ και ψ , και γίνεται αναζήτηση στην κύρια δεντρική δομή δεδομένων. Ως έξοδο από την αναζήτηση

που γίνεται με τη χρήση συναρτήσεων της ανοικτής βιβλιοθήκης ANN, έχουμε τις τριάντα εγγραφές των οποίων τα χαρακτηριστικά, χ και ψ , έχουν την κοντινότερη ευκλείδεια απόσταση ως προς τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης, χ και ψ . Με βάσει τα χαρακτηριστικά αξιμούθιου και ανύψωσης των τριάντα εγγραφών δημιουργείται μία προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων με τη χρήση της τεχνικής Kd-tree, στην οποία γίνεται αναζήτηση, με τη χρήση συναρτήσεων της ανοικτής βιβλιοθήκης ANN, ως προς τα τρέχων χαρακτηριστικά αξιμούθιου και ανύψωσης. Ως έξοδο, έχουμε δεκαπέντε εγγραφές των οποίων τα χαρακτηριστικά, αξιμούθιου και ανύψωσης, έχουν την κοντινότερη ευκλείδεια απόσταση ως προς τα αντίστοιχα τρέχων χαρακτηριστικά. Ως τρίτο βήμα, δημιουργείται μια δεύτερη προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων με το χαρακτηριστικό της περιστροφής των δεκαπέντε εγγραφών και γινόταν αναζήτηση σε αυτή με τη τιμή της περιστροφής. Ως έξοδο, έχουμε έξι εγγραφές των οποίων η τιμή της περιστροφής τους, έχει την κοντινότερη ευκλείδεια απόσταση ως προς την τιμή της περιστροφής του τρέχοντος ερωτήματος. Οι έξι υστεροσκοπικές εικόνες που αντιστοιχούν στις έξι τελευταίες εγγραφές παρουσιάζονται στην οθόνη του χρήστη.

Η πρώτη σύγκριση έγινε εκτελώντας την ίδια διαδικασία με τον τρόπο που έχει περιγραφεί πιο πάνω με τη διαφορά ότι εφαρμόστηκε κανονικοποίηση στις τιμές των χαρακτηριστικών των εγγραφών και στις τιμές των χαρακτηριστικών των ερωτημάτων που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του συστήματος. Παρατηρήθηκε ότι ως έξοδο υπήρξαν τα ίδια αποτελέσματα με την προηγούμενη εγγραφή, δηλαδή παρουσιάζονταν στο χρήστη οι ίδιες υστεροσκοπικές εικόνες. Παρόλα αυτά αυτός ο τρόπος είναι ελάχιστα πιο αργός από τον πρώτο τρόπο που έχει υλοποιηθεί, λόγω του χρόνου που χρειάζεται για την κανονικοποίηση των τιμών των χαρακτηριστικών.

Μια δεύτερη παραλλαγή που υλοποιήθηκε με σκοπό την σύγκριση της απόδοσης και εγκυρότητας του συστήματος, ήταν η αφαίρεση των προσωρινών δεντρικών δομών που δημιουργούνταν ως δεύτερο και τρίτο στάδιο της αναζήτησης. Αυτή η διαδικασία αντικαταστάθηκε με τον υπολογισμό της Ευκλείδειας απόστασης των χαρακτηριστικών αξιμούθιου και ανύψωσης των τριάντα εγγραφών ως προς τις τιμές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών του τρέχοντος ερωτήματος και ταξινομήθηκαν με τον αλγόριθμο ταξινόμησης επιλογής. Στη συνέχεια γινόταν ταξινόμηση τις Ευκλείδειας απόστασης μεταξύ της τιμής περιστροφής των δεκαπέντε εγγραφών των οποίων η Ευκλείδεια

απόσταση των χαρακτηριστικών αξιμούθιου και ανύψωσης είχαν τις μικρότερες τιμές. Αφού γινόταν ταξινόμηση, οι έξι υστεροσκοπικές εικόνες των οποίων η ευκλείδεια απόσταση της τιμής της περιστροφής τους ως προς τη τιμή περιστροφής του τρέχοντος ερωτήματος αντιστοιχούσαν στις έξι μικρότερες τιμές, παρουσιάζονταν στο χρήστη. Η ίδια διαδικασία έχει γίνει και με κανονικοποιημένες τις τιμές των χαρακτηριστικών. Παρατηρήθηκε ότι και στις δύο περιπτώσεις, ως έξοδο είχαμε τις ίδιες υστεροσκοπικές εικόνες που παρουσιάζονται και στους τρόπους που έχουν ήδη αναφερθεί. Επίσης, παρατηρήθηκε καθυστέρηση κατά την αναζήτηση και γρήγορη αύξηση της μνήμης του συστήματος.

Κατά συνέπεια, η διερεύνηση του τελευταίου τρόπου που περιγράφηκε, μας οδήγησε στη δημιουργία νέου τρόπου με σκοπό την σύγκριση. Ως τρίτο τρόπο, γινόταν υπολογισμός της Ευκλείδειας απόστασης των χαρακτηριστικών αξιμούθιου, ανύψωσης και περιστροφής των τριάντα εγγραφών ως προς τις τιμές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών του τρέχοντος ερωτήματος και ταξινομήθηκαν με τον αλγόριθμο ταξινόμησης επιλογής. Ως έξοδο, έχουμε έξι εγγραφές των οποίων η τιμή της Ευκλείδειας απόστασης των χαρακτηριστικών αξιμούθιου, ανύψωσης και περιστροφής τους, έχει την κοντινότερη ευκλείδεια απόσταση ως προς τις τιμές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών του τρέχοντος ερωτήματος. Οι έξι υστεροσκοπικές εικόνες που αντιστοιχούν στις έξι τελευταίες εγγραφές παρουσιάζονται στην οθόνη του χρήστη. Και αυτή η διαδικασία έγινε και με κανονικοποιημένες τιμές των χαρακτηριστικών. Παρ' όλα αυτά, οι υστεροσκοπικές εικόνες που παρουσιάζονταν ως έξοδο της πρώτης διαδικασίας δεν ήταν οι αντίστοιχες με τις υστεροσκοπικές εικόνες που παρουσιάζονταν ως έξοδος της ίδιας διαδικασίας που χρησιμοποιούσε κανονικοποιημένες τιμές των χαρακτηριστικών.

Τέλος, υλοποιήθηκε και η πιο κάτω διαδικασία με σκοπό εύρεση της υστεροσκοπικής εικόνας ως προς τα χαρακτηριστικά του ερωτήματος και σε σχέση με τους προηγούμενους τρόπους ήταν η πιο απλή σε πλευρά υλοποίησης. Ως τέταρτο τρόπο, η κύρια δεντρική δομή δεδομένων δημιουργούταν με όλα τα χαρακτηριστικά των εγγραφών, δηλαδή χ , ψ , αξιμούθιου, ανύψωση και περιστροφή. Γινόταν αναζήτηση στην κύρια δεντρική δομή με όλα τα χαρακτηριστικά του τρέχοντος ερωτήματος με τη χρήση συναρτήσεων της ανοικτής βιβλιοθήκης ANN και ως έξοδο έχουμε τις έξι

υστεροσκοπικές εικόνες των οποίων τα χαρακτηριστικά είναι τα πλησιέστερα ως προς τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του τρέχοντος ερωτήματος. Παρατηρήθηκε, ότι το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας δεν είχαν κάποια συσχέτιση με τα αποτελέσματα των προηγούμενων τρόπων που έχουν περιγραφεί. Η διαδικασία αυτή, εκτελέστηκε και με κανονικοποιημένες τις τιμές χαρακτηριστικών αλλά και με αυτό τον τρόπο ως έξοδο οι υστεροσκοπικές εικόνες που παρουσιάζονταν δεν συσχετίζονταν ως προς την έξοδο των υπόλοιπων τρόπων υλοποίησης που έχει αναφερθεί.

Έτσι, για την υλοποίηση του συστήματος εφαρμόσαμε τον πρώτο τρόπο υλοποίησης που περιγράφεται. Ο λόγος που χρησιμοποιείται είναι ότι παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα σε σχέση με τους άλλους τρόπους υλοποίησης, αλλά έχει ως έξοδο υστεροσκοπικές εικόνες που παρουσιάζονται και στη διαδικασία που χρησιμοποιείται η ταξινόμηση με τη χρήση του αλγόριθμου επιλογής. Δεν χρησιμοποιήθηκε ο τρόπος αυτό για το λόγο που παρουσιάζει ραγδαία αύξηση δέσμευσης μνήμης. Επίσης, και ο τελευταίος τρόπος που περιγράφεται παρουσιάζει μικρό σφάλμα και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, αλλά ο λόγος που δεν προτιμήθηκε είναι γιατί δεν δίνει προτεραιότητα στα χαρακτηριστικά. (Τα αποτελέσματα των πιο πάνω διαδικασιών παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ)

5.4.2 Παράδειγμα εντοπισμού πλησιέστερου γείτονα- εγγραφής

Στο σημείο αυτό, ακολουθεί ένα παράδειγμα το οποίο παρουσιάζει τα βήματα για δημιουργία της δεντρικής δομής Kd-tree με τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, για τον τρόπο που ταξινομούνται. Έπειτα, ακολουθεί περιγραφή των βημάτων για αναζήτηση και εντοπισμό της κοντινότερης εγγραφής ως προς το τρέχον ερώτημα σημείων στο Kd-tree.

Περίληπτικά η διαδικασία γίνεται ως εξής. Με τα χαρακτηριστικά x, y των εγγραφών που αποτελούν δεδομένα εισόδου, δημιουργείται μια κύρια δεντρική δομή δεδομένων με τη χρήση Kd-tree. Όταν υπάρξει κάποιο ζητούμενο ερώτημα, τότε η αναζήτηση αρχικά γίνεται ως προς τα χαρακτηριστικά αυτά, έχοντας ως έξοδο πέντε εγγραφές των οποίων τα χαρακτηριστικά x, y είναι τα πλησιέστερα ως προς τα αντίστοιχα του

ζητούμενου ερωτήματος. Στη συνέχεια, με βάσει τις πέντε αυτές εγγραφές, δημιουργείται μια νέα προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων με τη χρήση τεχνικής Kd-tree με τα χαρακτηριστικά του αζιμούθιου και ανύψωσης. Έπειτα, γίνεται η αναζήτηση ως προς τα χαρακτηριστικά αζιμούθιου και ανύψωσης, έχοντας ως έξοδο τρεις εγγραφές των οποίων τα χαρακτηριστικά αζιμούθιο και ανύψωση είναι τα πλησιέστερα ως προς τα αντίστοιχα του ζητούμενου ερωτήματος. Τέλος, με βάσει τις τρεις αυτές εγγραφές, δημιουργείται μια νέα προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων με τη χρήση τεχνικής Kd-tree με το χαρακτηριστικό της περιστροφής. Ως τελική αναζήτηση για την κοντινότερη εγγραφή ως προς το ζητούμενο ερώτημα, γίνεται αναζήτηση ως προς την περιστροφή του υστεροσκοπίου. Ο λόγος είναι ότι με την περιστροφή έχω διαφορετική κλίση, αποκτώ εικόνα διαφορετικής περιοχής.

Τα δεδομένα εισόδου παρουσιάζονται στον **Πίνακα 1**:

Εικόνα	X (cm)	Y (cm)	Azimuth (°)	Elevation (°)	Roll (°)
0.jpg	0.00	0.00	0	0	0
1.jpg	1.00	1.00	0	10	25
2.jpg	1.15	0.00	50	67	17
3.jpg	1.50	1.35	16	177	144
4.jpg	0.50	0.75	87	52	136
5.jpg	2.00	0.80	90	148	78
6.jpg	1.65	0.25	175	63	277
7.jpg	0.25	1.75	106	87	360
8.jpg	1.10	0.75	133	99	150
9.jpg	1.25	1.45	64	124	100
10.jpg	1.75	1.20	85	30	0
11.jpg	1.95	0.30	46	47	15
12.jpg	2.65	1.45	97	60	25
13.jpg	0.30	0.50	147	78	184
14.jpg	1.10	1.85	175	15	249
15.jpg	1.95	1.50	164	0	32

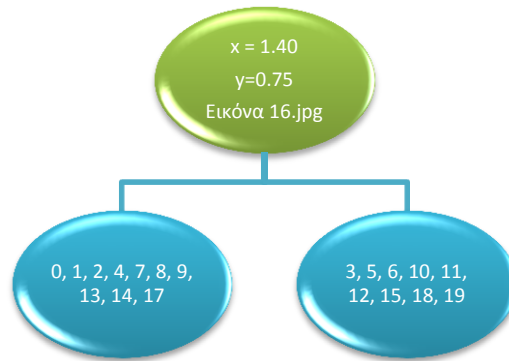
16.jpg	1.40	0.75	122	63	6
17.jpg	0.25	1.15	74	47	48
18.jpg	1.80	1.05	98	160	46
19.jpg	1.80	1.50	48	89	120

Πίνακας 5.1: Παρουσίαση 20 εγγραφών που αποτελούν δεδομένα εισόδου για το παράδειγμα που παρουσιάζεται με σκοπό την επεξήγηση του τρόπου λειτουργίας της τεχνικής Kd-tree.

- **Δημιουργία κύριας δεντρικής δομής δεδομένων**

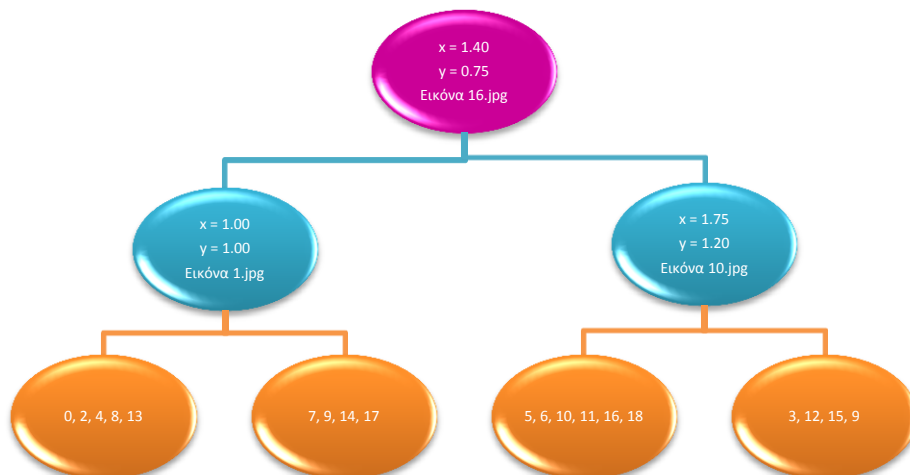
Αρχικά, αφού διαβαστούν οι συντεταγμένες που έχουν καταγραφεί από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, δημιουργείται η κύρια δεντρική δομή δεδομένων με αυτά με την χρήση Kd- tree. Η κύρια δεντρική δομή σχηματίζεται με βάση τα χαρακτηριστικά θέσης του υστεροσκοπίου, δηλαδή το x και y . Αυτό γίνεται, για να δώσουμε προτεραιότητα στη θέση (x και y) στον εντοπισμό της υστεροσκοπικής εικόνας κατά τη διάρκεια της αναζήτησης. Πιο κάτω παρουσιάζονται τα βήματα για τη δημιουργία δεντρικής δομής με Kd-tree χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που παρουσιάζονται στον **Πίνακα 5.1**.

Αρχικά, γίνεται εύρεση του άξονα (διάσταση x) με τη μέση τιμή διασποράς. Στο παράδειγμα, η μέση τιμή είναι 1.325 και στον πρώτο κόμβο αποθηκεύονται τα σημεία της εικόνας 16, της οποίας το x έχει την πλησιέστερη τιμή προς το 1.325. Τα σημεία των υπόλοιπων εικόνων χωρίζονται σε δύο υποσύνολα όπως φαίνονται στο **Σχήμα 5.8**. Όσα σημεία έχουν την τρέχουσα διάστασή τους μικρότερη από τη μέση τιμή μέσο ανήκουν στο αριστερό υπο-δέντρο, και τα υπόλοιπα, στο δεξί.



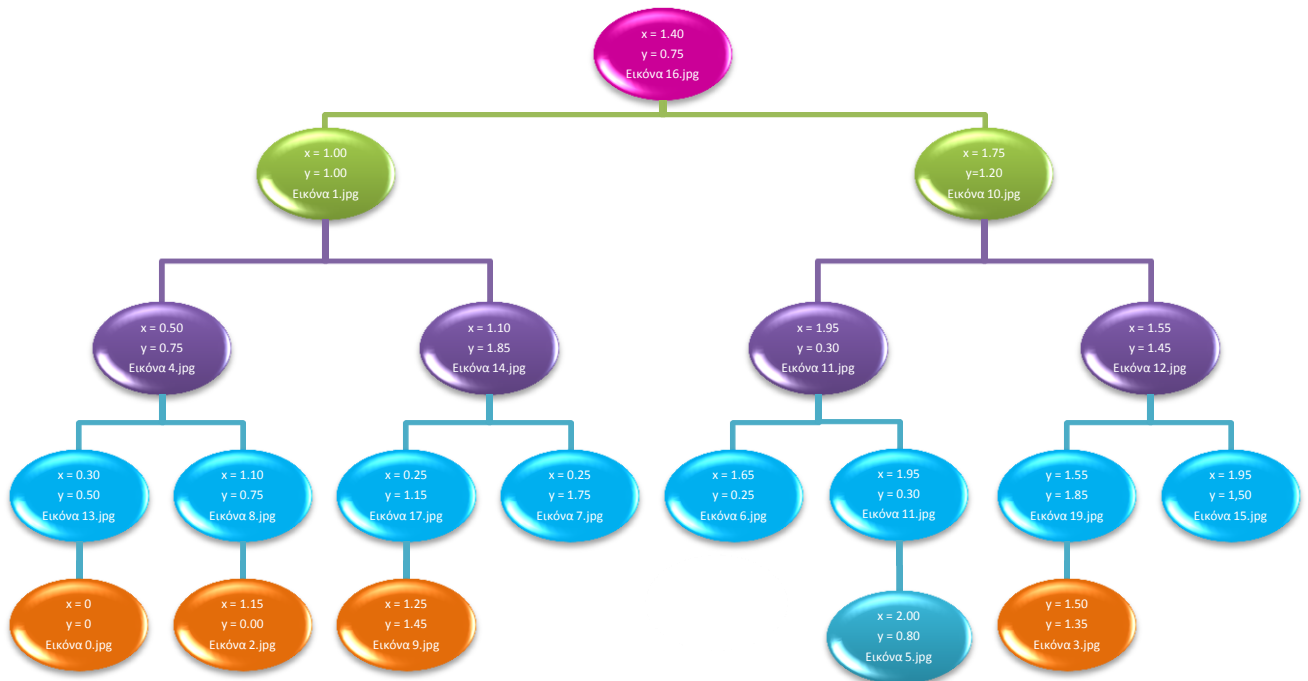
Σχήμα 5.8: Παρουσίαση μηδέν και πρώτου επιπέδου της δεντρικής δομής δεδομένων, όπου στο μηδέν επίπεδο ο διαχωρισμός των σημείων γίνεται ως προς τη διάσταση x .

Στη συνέχεια, εκτελείται η ίδια διαδικασία που έχει αναφερθεί πιο πάνω για κάθε υποσύνολο ξεχωριστά ως προς το άξονα y . Για το αριστερό υποσύνολο, η πλέον μέση τιμή διασποράς είναι 0.875. Στον τρέχον κόμβο θα αποθηκευτούν τα χαρακτηριστικά της εικόνας 1. Για το δεξιό υποσύνολο, η πλέον μέση τιμή διασποράς είναι 1.125. Στον τρέχον κόμβο θα αποθηκευτούν τα χαρακτηριστικά της εικόνας 10. Και για τα δύο υποσύνολα, τα σημεία των υπόλοιπων εικόνων χωρίζονται σε δύο υποσύνολα, δηλαδή όσα σημεία έχουν την τρέχουσα διάστασή τους μικρότερη από τη μέση τιμή μέσο ανήκουν στο αριστερό υπο-δέντρο, και τα υπόλοιπα, στο δεξί.



Σχήμα 5.9: Παρουσίαση των πρώτων τριών επιπέδων της δεντρικής δομής δεδομένων, όπου στο μηδέν επίπεδο ο διαχωρισμός των σημείων γίνεται ως προς τη διάσταση x , ενώ στο πρώτο επίπεδο ο διαχωρισμός των σημείων γίνεται ως προς τη διάσταση y .

Η διαδικασία που έχει αναφερθεί πιο πάνω επαναλαμβάνεται μέχρις ότου όλα τα υπο – δένδρα έχουν το πολύ ένα σημείο. Στο Σχήμα 5.10, παρουσιάζεται η τελική δεντρική δομή που δημιουργείται με τα δεδομένα που παρουσιάζονται στον **Πίνακα 5.1**. Στα επίπεδα μηδέν και δύο, ο διαχωρισμός γίνεται στον άξονα x, ενώ στα επίπεδα ένα και τρία ο διαχωρισμός γίνεται στον άξονα y.



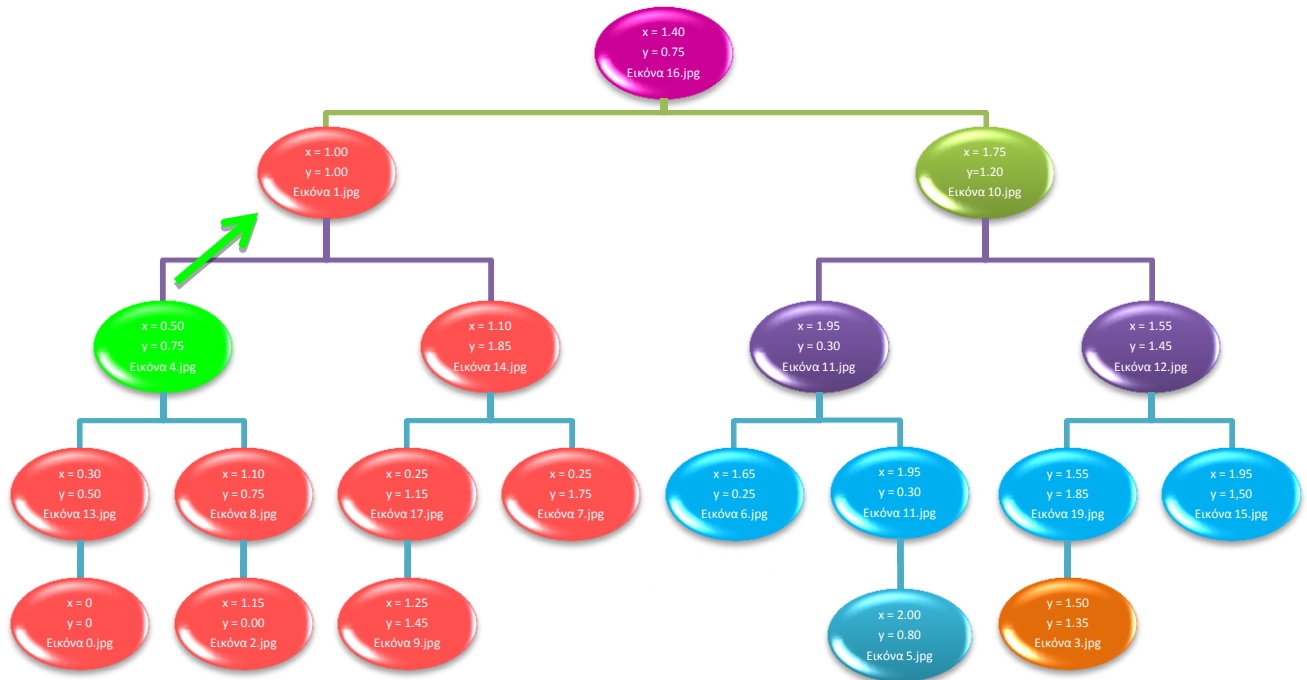
Σχήμα 5.10: Παρουσίαση της κύριας δεντρικής δομής δεδομένων που έχει δημιουργηθεί με χρήση της τεχνικής Kd-tree με όλα τα χαρακτηριστικά των δεδομένων εισόδου για το παράδειγμα.

- **Αναζήτηση κοντινότερου γείτονα σημείων**

Στο σημείο αυτό, παρουσιάζονται τα βήματα που γίνονται με σκοπό να εντοπιστεί η καλύτερη εγγραφή από τα δεδομένα εισόδου ως προς το τρέχον ερώτημα. Θέτουμε ως ερώτημα τα σημεία $(x, y, \alpha\zeta\mu\acute{o}\upsilon\theta\iota\omicron, \alpha\nu\acute{\omicron}\psi\omega\sigma\eta, \pi\epsilon\rho\iota\sigma\tau\rho\phi\acute{\eta}) = (0.60\text{cm}, 0.75\text{cm}, 90^\circ, 0^\circ, 55^\circ)$. Αρχικά, θα γίνει αναζήτηση στην κύρια δεντρική δομή δεδομένων που έχει ήδη δημιουργηθεί και παρουσιάζεται στο **Σχήμα 5.10**.

Στην πρώτη αναζήτηση, έχουμε ως έξοδο τις πέντε πλησιέστερες εγγραφές ως προς τα σημεία x,y. Η αναζήτηση θα γίνει ως εξής: αρχικά, εντοπίζεται η θέση του σημείου στο δέντρο και ανεβαίνει ένα επίπεδο και βρίσκει όλα τα παιδιά του κόμβου πατέρα, όπως

παρουσιάζεται στο **Σχήμα 5.11**. Ο πράσινος κόμβος είναι ο κόμβος που θεωρείται ως η θέση του ερωτήματος. Οι ροζ κόμβοι είναι οι υποψήφιες εγγραφές για τις πέντε κοντινότερες ως προς το τρέχον ερώτημα. Συγκρίνοντας την Ευκλείδεια απόσταση καθενός από τα σημεία με το ζητούμενο ερώτημα, έχουμε ως έξοδο τις πέντε εγγραφές των οποίων τα σημεία x, y έχουν τη μικρότερη απόσταση.



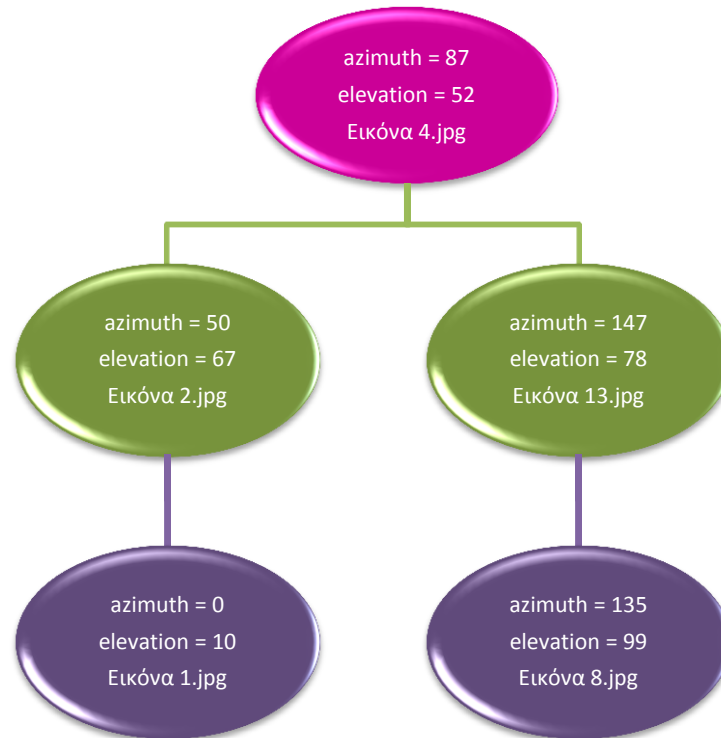
Σχήμα 5.11: Αναπαράσταση αναζήτησης κόμβων με τα κοντινότερα σημεία ως προς το ζητούμενο ερώτημα.

Ως έξοδο έχουμε τις πιο κάτω εγγραφές με αύξουσα σειρά:

1. Εικόνα 4 ($x = 0.50\text{cm}$, $y = 0.75\text{ cm}$) με σφάλμα 0.01
2. Εικόνα 1 ($x = 1.00\text{cm}$, $y = 1.00\text{ cm}$) με σφάλμα 0.1875
3. Εικόνα 8 ($x = 1.10\text{cm}$, $y = 0.75\text{ cm}$) με σφάλμα 0.2025
4. Εικόνα 13 ($x = 0.30\text{cm}$, $y = 0.30\text{ cm}$) με σφάλμα 0.2025
5. Εικόνα 2 ($x = 1.15\text{cm}$, $y = 0.00\text{ cm}$) με σφάλμα 0.5625

Με βάσει τις πέντε πιο πάνω εικόνες, δημιουργείται μια νέα προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων με τη χρήση τεχνικής Kd- tree με τα χαρακτηριστικά του αζιμούθιου και ανύψωσης. Η διαδικασία που εκτελείται είναι η ίδια που έχει αναφερθεί πιο πάνω για

δημιουργία της κύριας δεντρικής δομής δεδομένων. Η προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων παρουσιάζεται στο **Σχήμα 5.12**.



Σχήμα 5.12: Αναπαράσταση προσωρινής δεντρικής δομής δεδομένων με χρήση Kd-tree που δημιουργήθηκε με τα χαρακτηριστικά αζιμούθιου και ανύψωσης των πέντε εγγραφών των οποίων τα χαρακτηριστικά x, y ήταν τα πλησιέστερα ως προς το ζητούμενο ερώτημα.

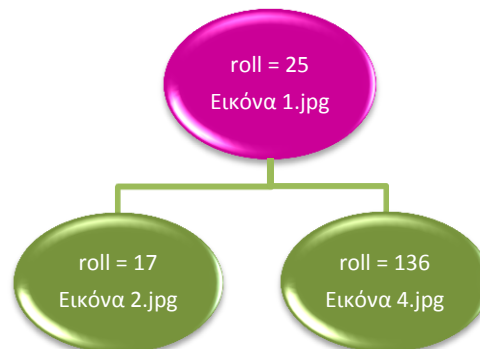
Κατά την αναζήτηση στη προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων, με τον ίδιο τρόπο που έχει αναφερθεί πιο πάνω, γίνεται η εύρεση των τριών εγγραφών των οποίων τα χαρακτηριστικά αζιμούθιο και ανύψωση είναι τα πλησιέστερα ως προς αυτά του ζητούμενου ερωτήματος.

Ως έξοδο έχουμε τις πιο κάτω εγγραφές με αύξουσα σειρά:

1. Εικόνα 4 (azimuth = 87°, elevation = 52°) με σφάλμα 21.63
2. Εικόνα 2 (azimuth = 50°, elevation = 67°) με σφάλμα 78.03
3. Εικόνα 1 (azimuth = 0°, elevation = 52°) με σφάλμα 90.55

Τέλος, δημιουργείται μία δεύτερη προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων με βάσει τις τρεις πιο πάνω εικόνες με τη χρήση τεχνικής Kd- tree με το χαρακτηριστικό του roll. Η διαδικασία που εκτελείται είναι η ίδια που έχει αναφερθεί πιο πάνω για δημιουργία της

κύριας δεντρικής δομής δεδομένων. Η προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων παρουσιάζεται στο **Σχήμα 5.13**.



Σχήμα 5.13: Αναπαράσταση προσωρινής δεντρικής δομής δεδομένων με χρήση Kd-tree που δημιουργήθηκε με το χαρακτηριστικό περιστροφής για τις τρεις εγγραφές των οποίων τα χαρακτηριστικά azimuth και elevation ήταν τα πλησιέστερα ως προς το ζητούμενο ερώτημα.

Κατά την αναζήτηση στη προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων, με τον ίδιο τρόπο που έχει αναφερθεί πιο πάνω, γίνεται η εύρεση των τριών εγγραφών των οποίων τα χαρακτηριστικά αζιμούθιο και ανύψωση είναι τα πλησιέστερα ως προς αυτά του ζητούμενου ερωτήματος.

Ως προς το ερώτημα με χαρακτηριστικά $(x, y, \text{αζιμούθιο}, \text{ανύψωση}, \text{περιστροφή}) = (0.60\text{cm}, 0.75\text{cm}, 90^\circ, 0^\circ, 55^\circ)$, έχουμε ως τελική έξοδο την εικόνα 1.jpg με εγγραφή $(x, y, \text{αζιμούθιο}, \text{ανύψωση}, \text{περιστροφή}) = (1.00\text{cm}, 1.00\text{cm}, 0^\circ, 10^\circ, 25^\circ)$.

Ως τελική αναζήτηση για την κοντινότερη εγγραφή ως προς το ζητούμενο ερώτημα, γίνεται αναζήτηση ως προς την περιστροφή του υστεροσκοπίου. Ο λόγος είναι ότι με την περιστροφή έχω διαφορετική κλίση, αποκτώ εικόνα διαφορετικής περιοχής. Έτσι, κατά την πλοήγηση θα προτιμήσω να παρουσιαστεί η εικόνα που έχει τιμή περιστροφής κοντινότερη ως προς την τιμή περιστροφής του ζητούμενου ερωτήματος. Τα χαρακτηριστικά x, y της εικόνας αυτής ίσως δεν είναι ακριβώς τα κοντινότερα ως προς τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του ερωτήματος, αλλά θα είναι πλησίον τους αφού αρχικά γίνεται εύρεση εγγραφών με τα χαρακτηριστικά x, y να είναι κοντινότερα ως προς αυτά του ζητούμενου ερωτήματος.

5.5 Αξιολόγηση συστήματος

Η αξιολόγηση του συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου έχει περάσει από αρκετά στάδια αξιολόγησης με στόχο την επαρκής αξιοπιστία και εγκυρότητα του συστήματος. Το μεγαλύτερο μέρος της αξιολόγησης έχει γίνει σε εικονικά μοντέλα και δεδομένα. Παρ' όλα αυτά, έχει γίνει αξιολόγηση και με πραγματικά δεδομένα που πάρθηκαν από τον ιατρό κατά τη διάρκεια υστεροσκοπικών εξετάσεων.

Στόχος του συστήματος της ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου είναι καθώς ο ιατρός πλοηγείται στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου και διευθύνει το εικονικό μοντέλο υστεροσκοπίου, να εμφανίζει στην οθόνη την υστεροσκοπική εικόνα της οποίας τα χαρακτηριστικά είναι τα πλησιέστερα ως προς τα χαρακτηριστικά της τρέχουσας θέσης του υστεροσκοπίου στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου και της κλίσης του εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου.

Το σύστημα έχει αξιολογηθεί ως προς το την ακρίβεια και την ορθότητα του στόχου αυτού. Μέρος της αξιολόγησης, αξιολογείται και το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, όπως αναφέρεται πιο κάτω.

5.5.1 Πρώτο στάδιο αξιολόγησης συστήματος

Σε αρχικό στάδιο, η αξιολόγηση του συστήματος έχει γίνει σε εικονικό μοντέλο. Δημιουργήσαμε μικρά κουτιά με συντεταγμένες αντίστοιχες στις συντεταγμένες ενός μεσαίου ενδομητρίου με μήκος 6,5 cm και πλάτος 4,5 cm. Σε κάθε κουτί που δημιουργήθηκε, είχαν σημειωθεί σύμβολα και αριθμοί, όπου καθένα από αυτά προσδιόριζε και αντιπροσώπευε συγκεκριμένη θέση στο ενδομήτριο. Στη συνέχεια, εκτελούσαμε την υστεροσκοπική εξέταση μέσω του συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, θεωρώντας το κουτί ως η περιοχή που πρόκειται να εξεταστεί, δηλαδή ως «ενδομήτριο».

Τα δεδομένα που εξάγονταν από το σύστημα αυτό, εισάγονταν στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου. Πλοηγώντας στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου, αν ο ιατρός βρισκόταν σε μια θέση όπου η αντίστοιχή της θέσης

σημειώθηκε στο κουτί, γινόταν έλεγχος αν η αντίστοιχη εικόνα, η οποία πάρθηκε από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, είχε προβληθεί στην οθόνη. Με αυτό τον τρόπο, παρατηρήθηκε ότι η λειτουργία εύρεσης της πλησιέστερης εικόνας ήταν ορθή και έβγαζε πάντα ως έξοδο την εικόνα με τα κοντινότερα χαρακτηριστικά.

5.5.2 Δεύτερο στάδιο αξιολόγησης συστήματος

Ένας άλλος τρόπος που αξιολογήθηκε το σύστημα ήταν η δημιουργία 100 εικόνων με συγκεκριμένες τιμές που χαρακτήριζαν τα χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου, δηλαδή το x , y , αζιμούθιο, ανύψωση και περιστροφή. Το δείγμα μας δεν ήταν αντιπροσωπευτικό γιατί ο αριθμός των εικόνων θεωρείτο μικρός για να αξιολογηθεί το σύστημα σωστά, αλλά και η δημιουργία των εικόνων ήταν χρονοβόρα. Παρ' όλα αυτά έγινε αξιολογηθεί με βάση αυτά τα δεδομένα.

Ο τρόπος που έγινε η αξιολόγηση ήταν ο εξής: το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης να παίρνει ως είσοδο τις εικόνες αυτές και κατά τη πλοήγηση να ελέγχουμε σημεία που είτε ήδη υπήρχαν καταγεγραμμένα στις εικόνες είτε πλησίαζαν κάποιο σημείο από τα ήδη καταγεγραμμένα. Και εδώ, παρατηρήσαμε ότι είχαμε ως έξοδο σωστή εικόνα, δηλαδή την εικόνα με τα πλησιέστερα χαρακτηριστικά ως προς τη τρέχουσα ζητούμενη θέση.

5.5.3 Κύρια αξιολόγηση συστήματος

Με την συγκεκριμένη αξιολόγηση, αξιολογήσαμε παράλληλα το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου τόσο σε πραγματικό χρόνο όσο και ετεροχρονισμένα. Το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου έχει αξιολογηθεί ως προς την ακρίβεια του με τη βοήθεια εικονικού μοντέλου όπως περιγράφεται παρακάτω.

5.5.3.1 Αξιολόγηση με σενάρια

Με στόχο μια σωστή και έγκυρη αξιολόγηση, αποφασίστηκε να δημιουργηθούν τέσσερα εικονικά μοντέλα ενδομητρίου όπου στο καθένα να ακολουθείται μια διαφορετική διαδρομή από το υστεροσκόπιο. Κάθε διαδρομή έχει ήδη προκαθοριστεί.

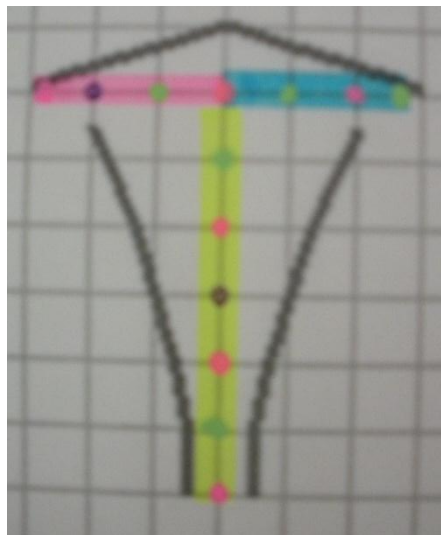
Στη συνέχεια, εκτελώντας πλοήγηση ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, το υστεροσκόπιο εκτελούσε τη προκαθορισμένη διαδρομή, η οποία είχε αναπαρασταθεί με πολύχρωμες ευθείες που παρουσιάζονται στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου.

Για κάθε διαδρομή έγιναν δυο μετρήσεις, όπου στην πρώτη μέτρηση καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο, ενώ στη δεύτερη μέτρηση καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο.

Παρακάτω, ακολουθούν τρεις διαδρομές που χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό την αξιολόγηση. Για κάθε διαδρομή, παρουσιάζονται τυχαία ερωτήματα σημείων. Σε καθένα από τα ερωτήματα, αναμένουμε στην οθόνη να παρουσιάζεται η εικόνα της οποίας τα χαρακτηριστικά είναι τα κοντινότερα ως προς τα σημεία του ερωτήματος.

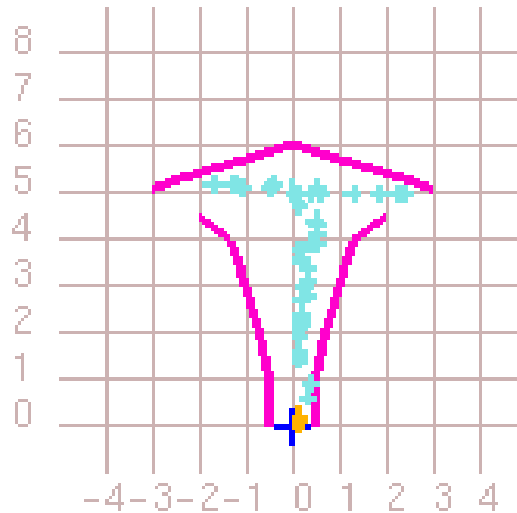
Πρώτη διαδρομή:

Κατά την πρώτη διαδρομή, η οποία παρουσιάζεται στο σχήμα 5.8, αποθηκεύθηκαν 193 εικόνες με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου (x, y, αξιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) τόσο κατά την πλοήγηση που καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο όσο και κατά την πλοήγηση που καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο.



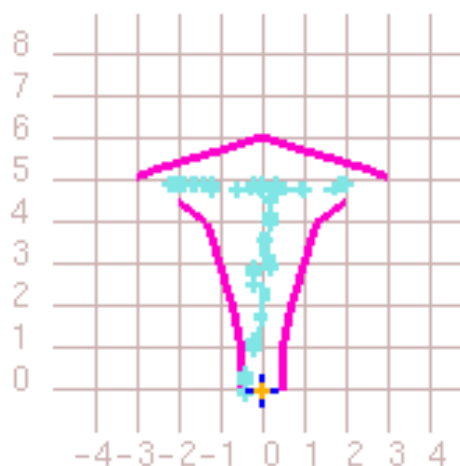
Σχήμα 5.14: Διαδρομή «Τ» που χρησιμοποιήθηκε για αξιολόγηση του συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου.

Εικονικό μοντέλο ενδομητρίου με τα σημεία που καταγράφηκαν στην πρώτη μέτρηση καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο:



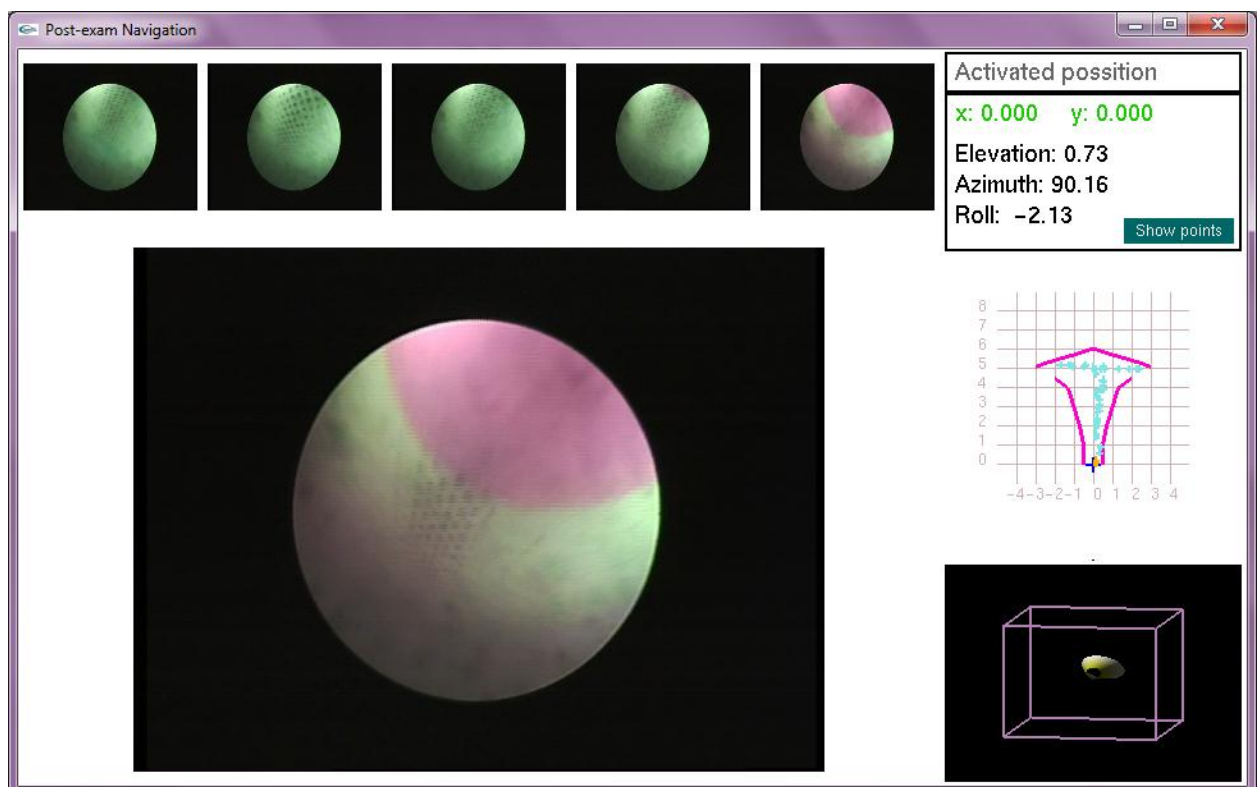
Σχήμα 5.15: Αναπαράσταση του εικονικού μοντέλου ενδομητρίου του συστήματος παρουσιάζοντας τα σημεία στα οποία καταγράφηκαν εικόνες στη διαδρομή «T» στην οποία καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο.

Εικονικό μοντέλο ενδομητρίου με τα σημεία που καταγράφηκαν στην πρώτη μέτρηση καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο:



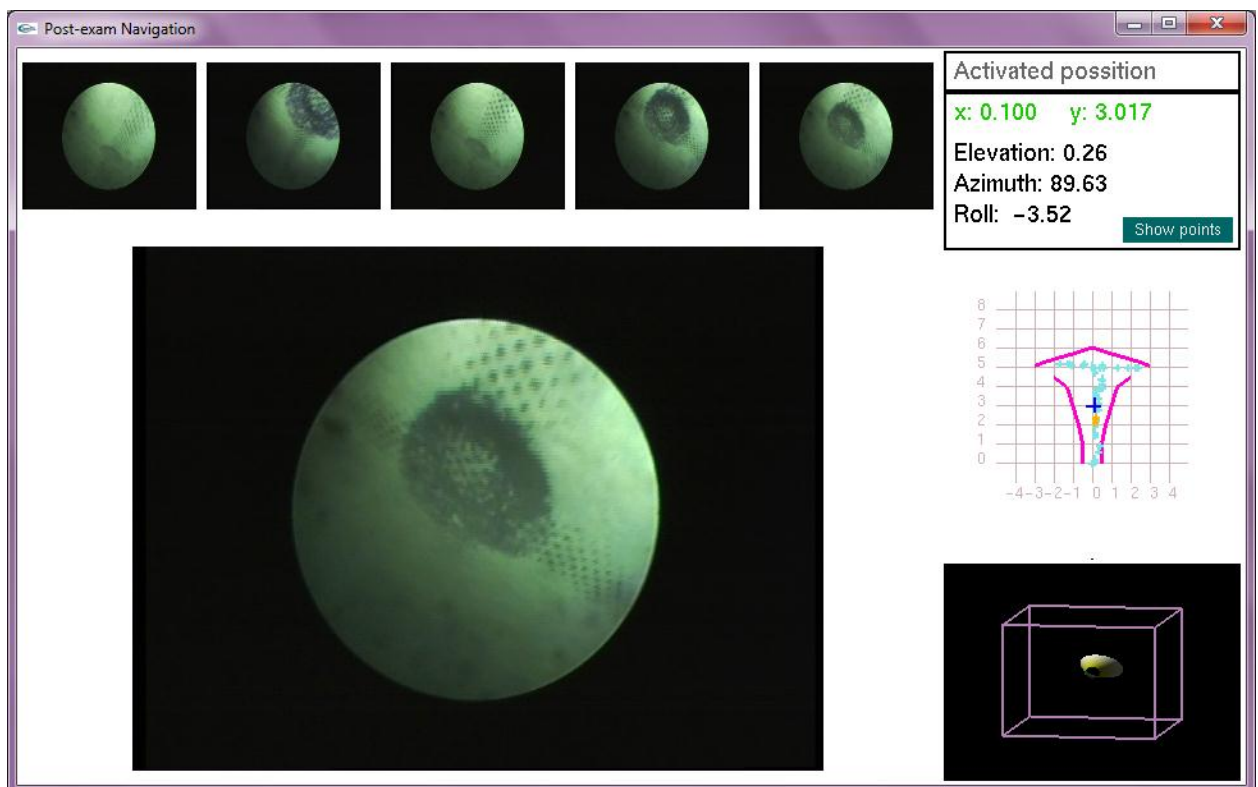
Σχήμα 5.16: Αναπαράσταση του εικονικού μοντέλου ενδομητρίου του συστήματος παρουσιάζοντας τα σημεία στα οποία καταγράφηκαν εικόνες στη διαδρομή «T» στην οποία καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο.

Τα παραδείγματα που παρουσιάζονται πιο κάτω, αφορούν τη διαδρομή στην οποία καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο. Εκτελώντας ετεροχρονισμένη πλοήγηση, δημιουργείται το ερώτημα προς αναζήτηση εικόνας με τα σημεία (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (0cm, 0cm, 90°, 0°, 0°). Όπως παρατηρούμε στο σχήμα 5.17, η εικόνα που παρουσιάζεται, ανταποκρίνεται στο τρέχον ερώτημα έχοντας χαρακτηριστικά υστεροσκοπίου (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (0cm, 0cm, 90.16°, 0.73°, -2.13°). Αυτό μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητό, παρατηρώντας την διαδρομή στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου (στο σχήμα 5.14), όπου στο ίδιο σημείο υπάρχει ροζ κουκκίδα, η οποία παρουσιάζεται και στο σχήμα 5.17.



Σχήμα 5.17: Παρουσίαση εικόνας της οποίας τα χαρακτηριστικά ανταποκρίνονται ως προς τα σημεία ερωτήματος (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (0cm, 0cm, 90°, 0°, 0°). Ο μπλε σταυρός που παρουσιάζεται στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου αντιπροσωπεύει τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης ενδομητρίου (x, y) = (0cm, 0cm).

Το νέο ερώτημα που δημιουργείται είναι με τα σημεία (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (0cm, 3cm, 90°, 0°, 0°). Στο σχήμα 5.18, η εικόνα που παρουσιάζεται, ανταποκρίνεται στο τρέχον ερώτημα έχοντας χαρακτηριστικά υστεροσκοπίου (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (0.1cm, 3.017cm, 89.63°, 0.26°, -3,52°). Αυτό μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητό, παρατηρώντας την διαδρομή στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου (στο σχήμα 5.14), όπου στο ίδιο σημείο υπάρχει μπλε κουκκίδα, η οποία παρουσιάζεται και στο σχήμα 5.18.

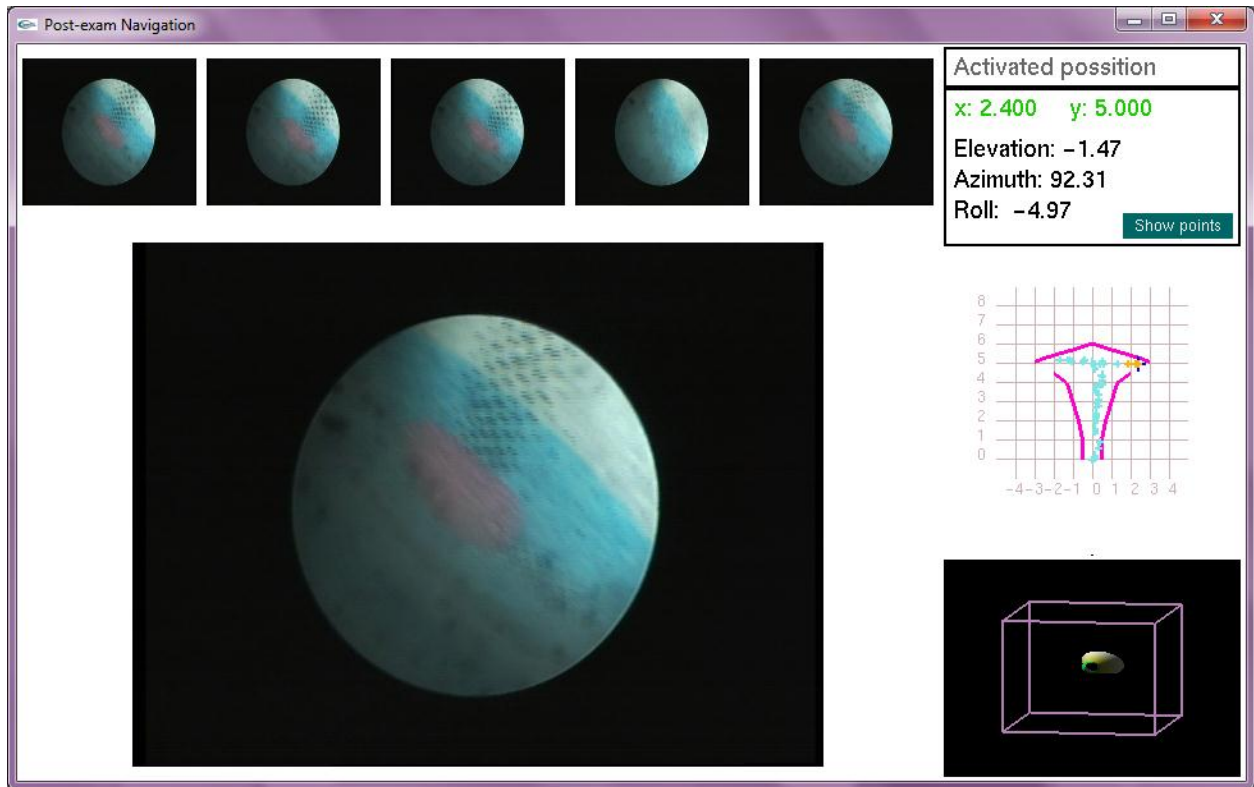


Σχήμα 5.18: Παρουσίαση εικόνας της οποίας τα χαρακτηριστικά ανταποκρίνονται ως προς τα σημεία ερωτήματος (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (0cm, 3cm, 90°, 0°, 0°). Ο μπλε σταυρός που παρουσιάζεται στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου αντιπροσωπεύει τα τρέχον χαρακτηριστικά θέσης ενδομητρίου (x, y) = (0cm, 3cm).

Το τρίτο ερώτημα που δημιουργείται με σκοπό τον εντοπισμό της εικόνας με χαρακτηριστικά τα κοντινότερα προς αυτό, έχει τα σημεία (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (2.4cm, 5cm, 90°, 0°, 0°).

Όπως παρατηρούμε στο σχήμα 5.19, η εικόνα που παρουσιάζεται, ανταποκρίνεται στο τρέχον ερώτημα έχοντας χαρακτηριστικά υστεροσκοπίου (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση,

περιστροφή) = (2.4cm, 5.07cm, 92.30°, -1.47°, -4.97°). Αυτό γίνεται αντιληπτό, παρατηρώντας την διαδρομή στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου (στο σχήμα 5.14), όπου στο ίδιο σημείο υπάρχει ροζ κουκκίδα με μπλε ευθεία, η οποία παρουσιάζεται και στο σχήμα 5.19.

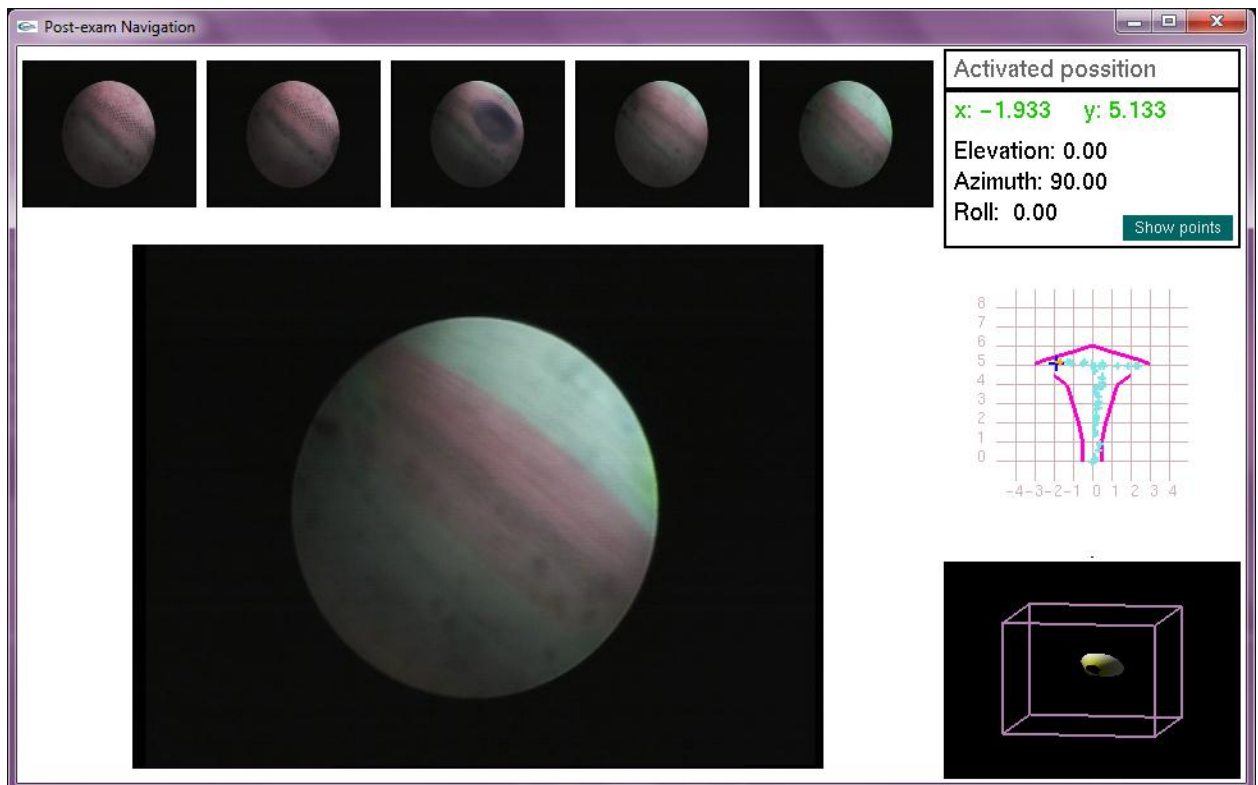


Σχήμα 5.19: Παρουσίαση εικόνας της οποίας τα χαρακτηριστικά ανταποκρίνονται ως προς τα σημεία ερωτήματος (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (2.40cm, 5cm, 90°, 0°, 0°). Ο μπλε σταυρός που παρουσιάζεται στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου αντιπροσωπεύει τα τρέχον χαρακτηριστικά θέσης ενδομητρίου (x, y) = (2.40cm, 5cm).

Το τέταρτο ερώτημα που δημιουργείται με σκοπό τον εντοπισμό της εικόνας με χαρακτηριστικά τα κοντινότερα προς αυτό, έχει τα σημεία (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (-1.93cm, 5.13cm, 90°, 0°, 0°). Στο σχήμα 5.20, η εικόνα που παρουσιάζεται, ανταποκρίνεται στο τρέχον ερώτημα έχοντας χαρακτηριστικά υστεροσκοπίου (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (-1.74cm, 5.02cm, 88.90°, -2.50°, -4.10°).

Όσο αφορά την εικόνα αυτή, η οποία παρουσιάζεται ως η εικόνα με τα κοντινότερα χαρακτηριστικά ως προς τα χαρακτηριστικά ερωτήματος, δεν μπορούμε να είναι η ορθή

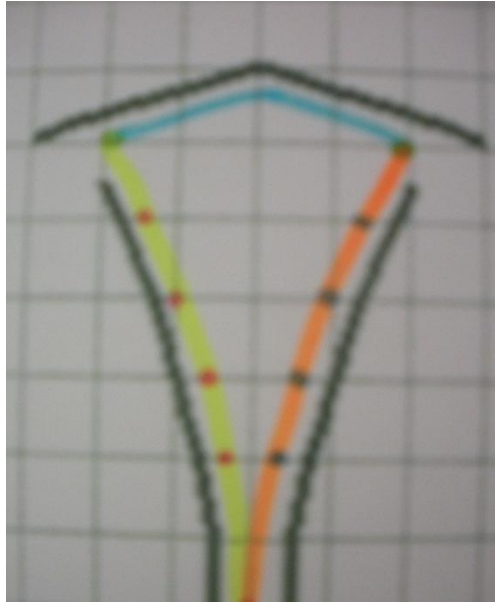
λόγω του ότι έχει καταγραφεί σε κίνηση και είναι θολή. Παρόλα αυτά θεωρούμε ότι είναι σωστή, μιας και παρατηρούμε ότι η τρίτη κοντινότερη εικόνα που παρουσιάζεται, έχει μαύρη κουκκίδα και ροζ ευθεία, όπως και στο ίδιο σημείο στο σχήμα 5.8 Αυτό μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητό, παρατηρώντας την διαδρομή στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου (στο σχήμα 5.14), όπου στο ίδιο σημείο υπάρχει ροζ ευθεία, η οποία παρουσιάζεται και στο σχήμα 5.20.



Σχήμα 5.20: Παρουσίαση εικόνας της οποίας τα χαρακτηριστικά ανταποκρίνονται ως προς τα σημεία ερωτήματος (x , y , αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = $(-1.93\text{cm}, 5.13\text{cm}, 90^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$. Ο μπλε σταυρός που παρουσιάζεται στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου αντιπροσωπεύει τα τρέχον χαρακτηριστικά θέσης ενδομητρίου $(x, y) = (-1.93\text{cm}, 5.13\text{cm})$.

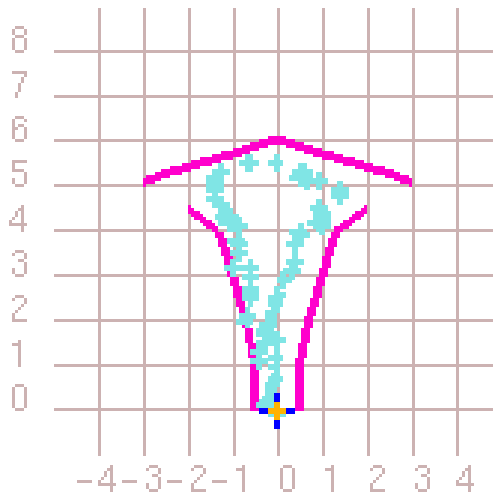
Δεύτερη διαδρομή:

Στη δεύτερη διαδρομή, η οποία παρουσιάζεται στο σχήμα 5.21, αποθηκεύθηκαν 148 εικόνες με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου (x , y , αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) κατά την πλοήγηση που καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο και 225 εικόνες κατά την πλοήγηση που καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο.



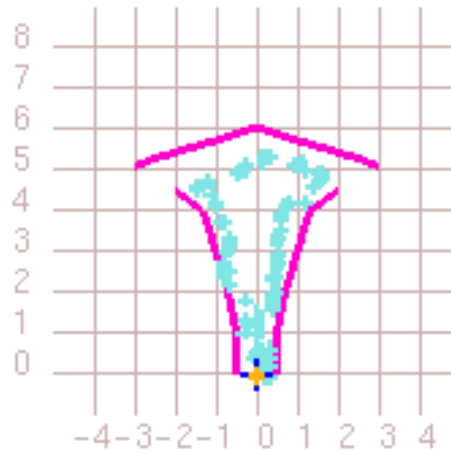
Σχήμα 5.21: Αναπαράσταση δεύτερης διαδρομής που χρησιμοποιήθηκε για αξιολόγηση του συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου.

Εικονικό μοντέλο ενδομητρίου με τα σημεία που καταγράφηκαν στην πρώτη μέτρηση καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο:



Σχήμα 5.22: Αναπαράσταση του εικονικού μοντέλου ενδομητρίου του συστήματος παρουσιάζοντας τα σημεία στα οποία καταγράφηκαν εικόνες στη δεύτερη διαδρομή στην οποία καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο.

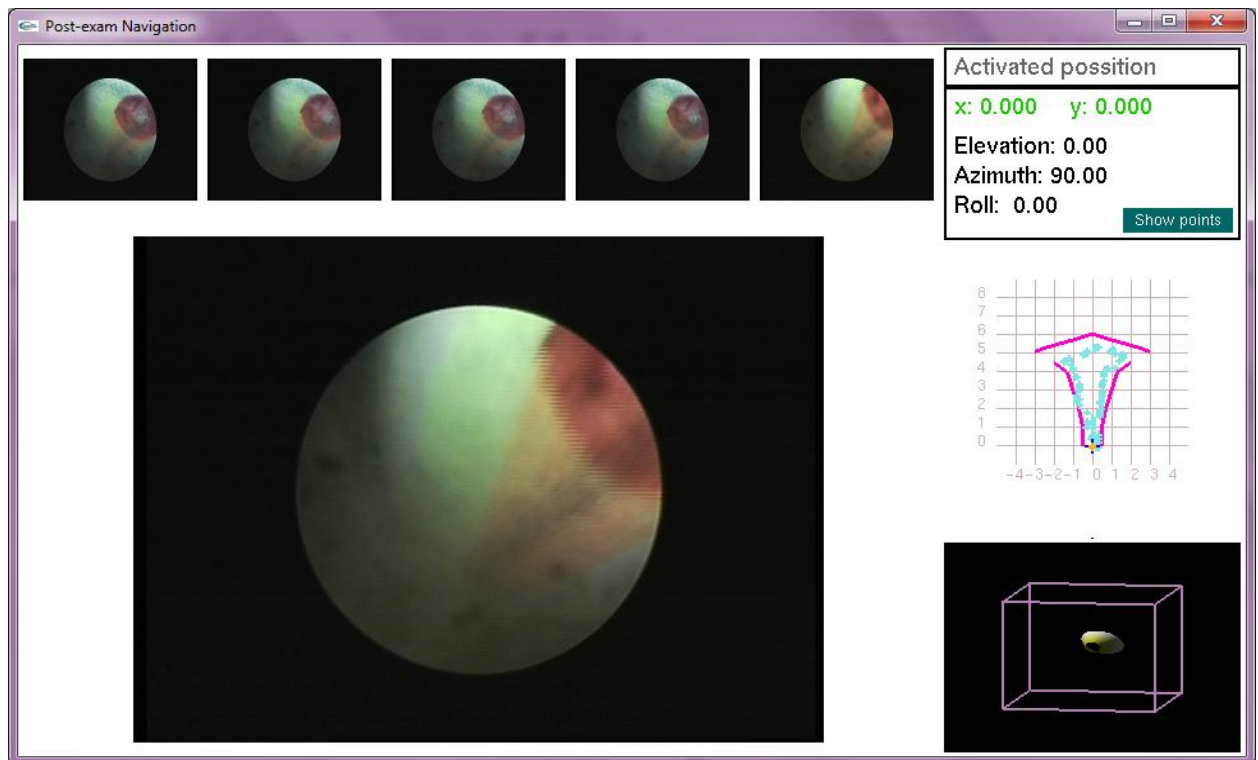
Εικονικό μοντέλο ενδομητρίου με τα σημεία που καταγράφηκαν στην πρώτη μέτρηση καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο:



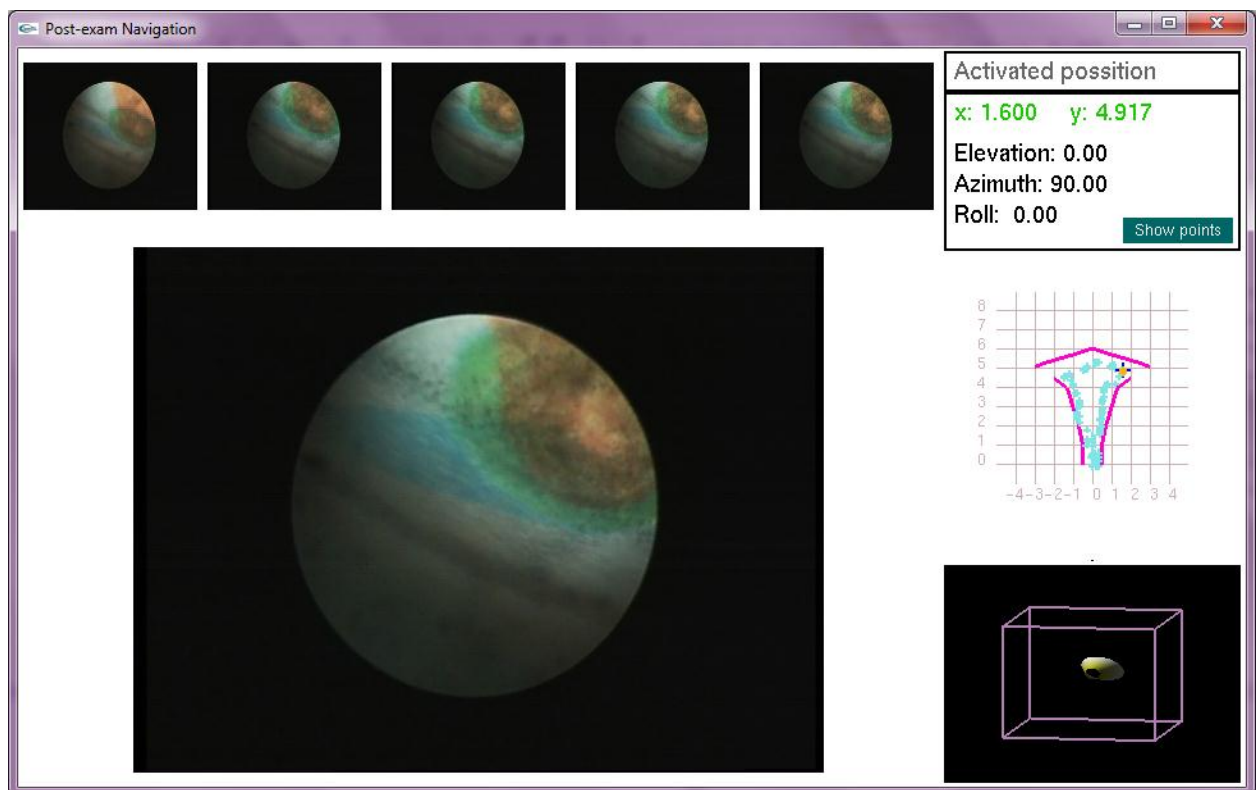
Σχήμα 5.23: Αναπαράσταση του εικονικού μοντέλου ενδομητρίου του συστήματος παρουσιάζοντας τα σημεία στα οποία καταγράφηκαν εικόνες στη δεύτερη διαδρομή στην οποία καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο.

Παρακάτω ακολουθούν παραδείγματα από την πλοήγηση ενδομητρίου στην οποία καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο, όπου είχαν αποθηκευθεί περισσότερες εικόνες με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή).

Εκτελώντας ετεροχρονισμένη πλοήγηση, δημιουργείται το ερώτημα προς αναζήτηση εικόνας με τα σημεία (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (0cm, 0cm, 90°, 0°, 0°). Όπως παρατηρούμε στο σχήμα 5.24, η εικόνα που παρουσιάζεται, ανταποκρίνεται στο τρέχον ερώτημα έχοντας χαρακτηριστικά υστεροσκοπίου (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (0cm, 0cm, 90.16°, 0.73°, -2.13°). Αυτό μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητό, παρατηρώντας την διαδρομή στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου (στο σχήμα 5.21), όπου στο ίδιο σημείο υπάρχει κουκκίδα ανάμεσα σε δύο ευθείες με κίτρινο και πορτοκαλί η κάθε μια, η οποία παρουσιάζεται και στο σχήμα 5.24.

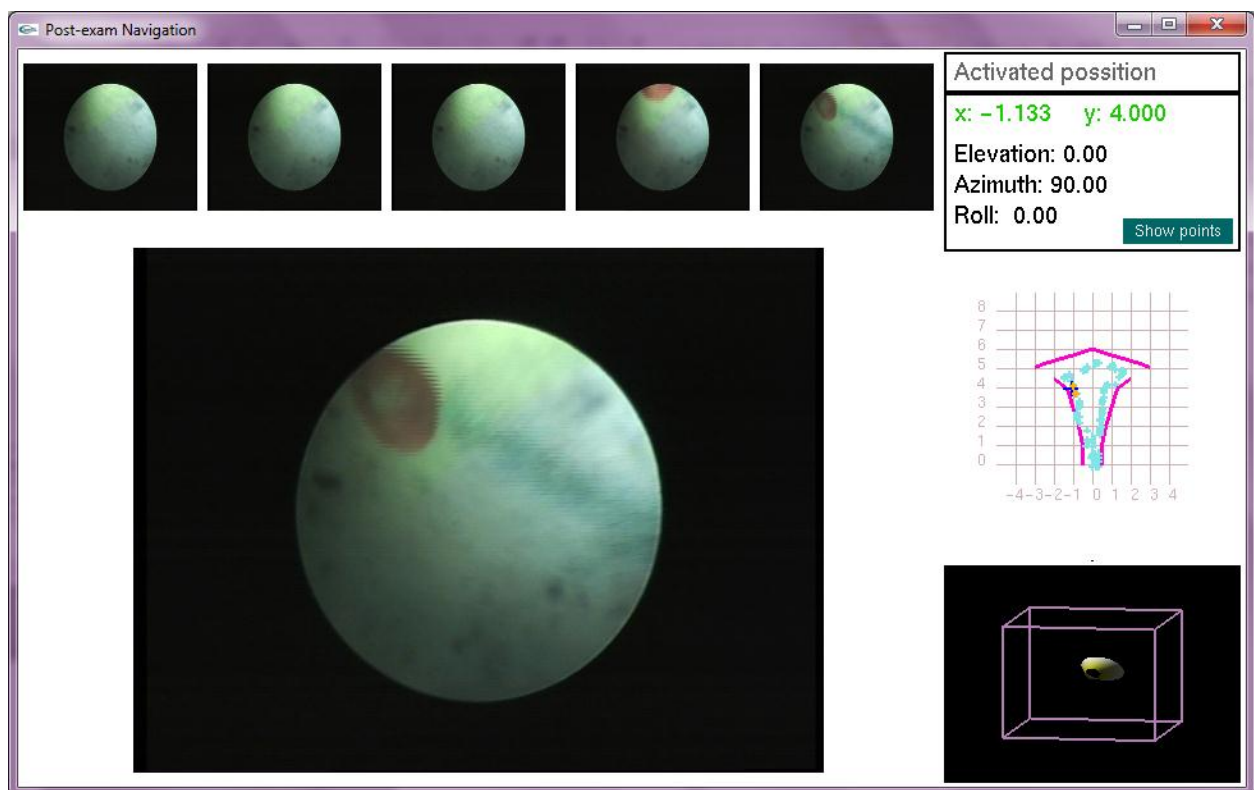


Σχήμα 5.24: Παρουσίαση εικόνας της οποίας τα χαρακτηριστικά ανταποκρίνονται ως προς τα σημεία ερωτήματος $(x, y, \text{αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή}) = (0 \text{ cm}, 0 \text{ cm}, 90^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$. Ο μπλε σταυρός που παρουσιάζεται στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου αντιπροσωπεύει τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης ενδομητρίου $(x, y) = (0 \text{ cm}, 0 \text{ cm})$.



Σχήμα 5.25: Παρουσίαση εικόνας με τα χαρακτηριστικά που είναι τα κοντινότερα με τα σημεία ερωτήματος $(x, y, \text{αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή}) = (1.6 \text{ cm}, 4.92 \text{ cm}, 90^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$. Ο μπλε σταυρός που αντιπροσωπεύει τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης ενδομητρίου $(x, y) = (0 \text{ cm}, 0 \text{ cm})$.

Το δεύτερο παράδειγμα, ως ερώτημα προς αναζήτηση εικόνας έχουμε τα σημεία (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (1.60cm, 4.92cm, 90°, 0°, 0°). Όπως παρατηρούμε στο σχήμα 5.25, η εικόνα που παρουσιάζεται, ανταποκρίνεται στο τρέχον ερώτημα έχοντας χαρακτηριστικά υστεροσκοπίου (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (1.58cm, 4.92cm, 89.45°, 2.31°, -0.96°). Αυτό μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητό και αντιληπτό, παρατηρώντας την διαδρομή στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου (στο σχήμα 5.21), όπου στο ίδιο σημείο υπάρχει κουκκίδα ανάμεσα σε δύο ευθείες που τέμνουν μεταξύ τους έχοντας χρώμα μπλε και πορτοκαλί η κάθε μια, η οποία παρουσιάζεται και στο σχήμα 5.25.



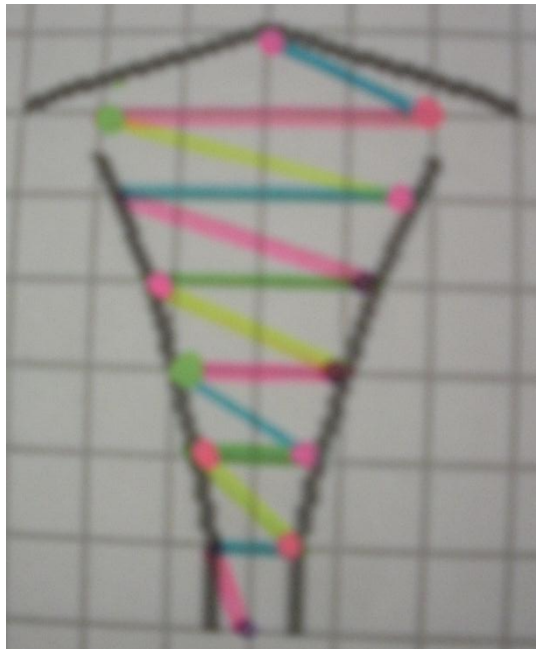
Σχήμα 5.26: Παρουσίαση εικόνας με τα χαρακτηριστικά που είναι τα κοντινότερα με τα σημεία ερωτήματος (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (-1.13 cm, 4.0 cm, 90°, 0°, 0°). Ο μπλε σταυρός που αντιπροσωπεύει τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης ενδομητρίου (x, y) = (0 cm, 0 cm).

Στο τρίτο ερώτημα, έχουμε ως ερώτημα τα σημεία (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (-1.13cm, 4cm, 90°, 0°, 0°). Στο σχήμα 5.26, η εικόνα που παρουσιάζεται, ανταποκρίνεται στο ερώτημα έχοντας χαρακτηριστικά υστεροσκοπίου (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (-1.35cm, 4.2cm, 87.36°, 3.98°, -0.35°). Αυτό γίνεται αντιληπτό, παρατηρώντας την διαδρομή στο εικονικό μοντέλο

ενδομητρίου (στο σχήμα 5.21), όπου στο ίδιο σημείο υπάρχει ροζ κουκκίδα με μπλε ευθεία, η οποία παρουσιάζεται στο αντίστοιχο σημείο στο σχήμα 5.26.

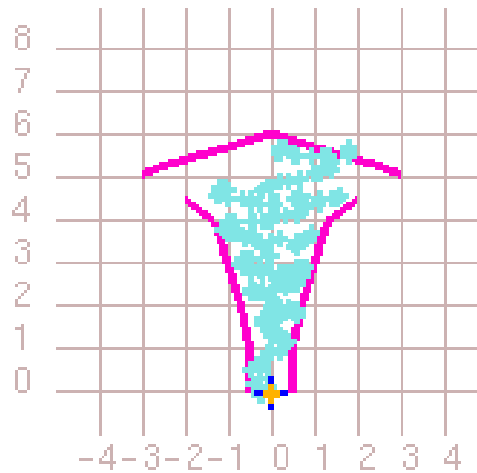
Τρίτη διαδρομή:

Η τρίτη διαδρομή που χρησιμοποιήθηκε με σκοπό την αξιολόγηση παρουσιάζεται στο σχήμα 5.21. Έχουν αποθηκευθεί 420 εικόνες με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) κατά την πλοήγηση που καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο και 443 εικόνες κατά την πλοήγηση που καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο.



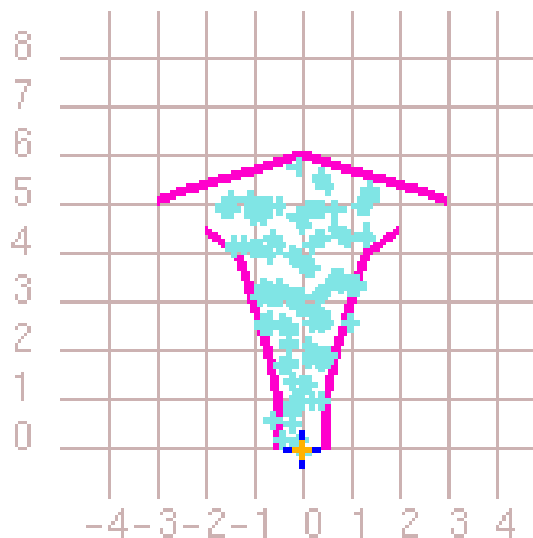
Σχήμα 5.27: Διαδρομή «Zig Zag» που χρησιμοποιήθηκε για αξιολόγηση του συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου.

Το εικονικό μοντέλο ενδομητρίου με τα σημεία που καταγράφηκαν στην πρώτη μέτρηση καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.28.



Σχήμα 5.28: Αναπαράσταση του εικονικού μοντέλου ενδομητρίου του συστήματος παρουσιάζοντας τα σημεία στα οποία καταγράφηκαν εικόνες στη διαδρομή «Zig Zag» στην οποία καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο.

Εικονικό μοντέλο ενδομητρίου με τα σημεία που καταγράφηκαν στην πρώτη μέτρηση καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο:

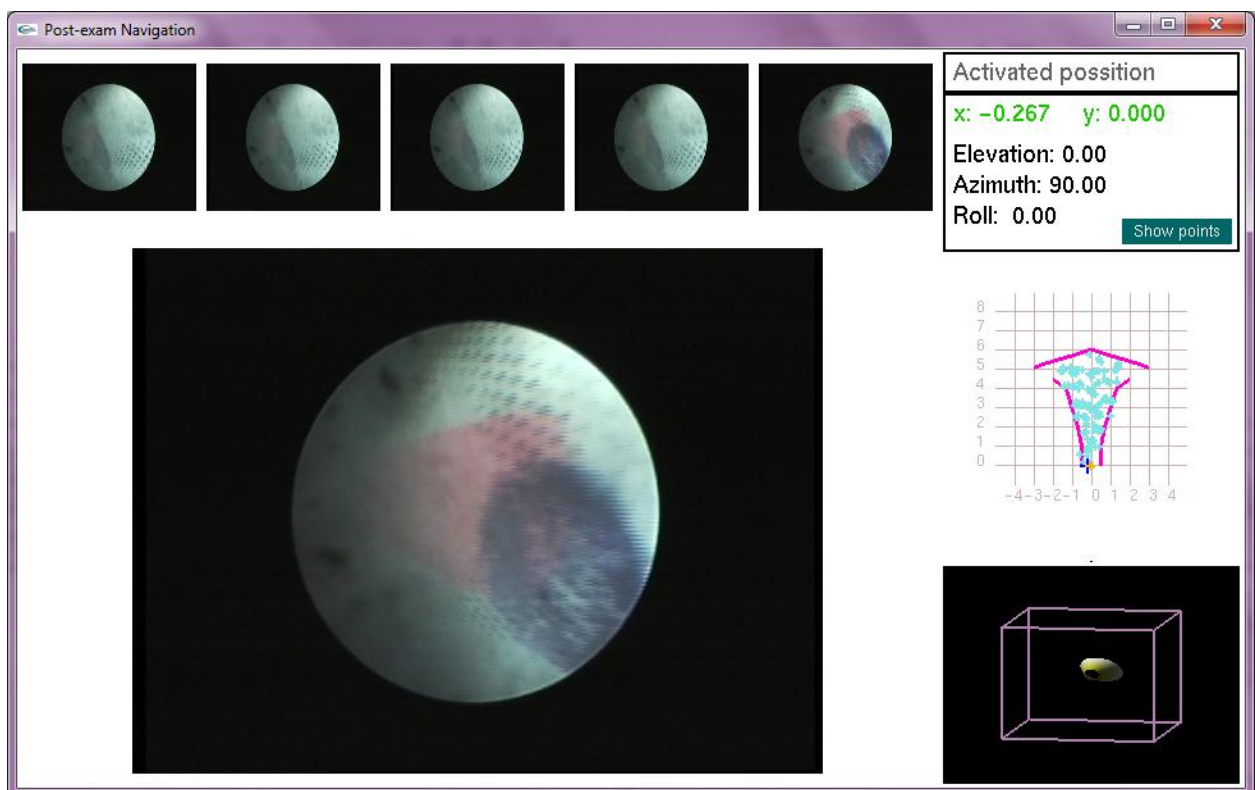


Σχήμα 5.29 Αναπαράσταση του εικονικού μοντέλου ενδομητρίου του συστήματος παρουσιάζοντας τα σημεία στα οποία καταγράφηκαν εικόνες στη διαδρομή «Zig Zag» στην οποία καταγράφονταν 5 frames ανά δευτερόλεπτο.

Με σκοπό να αποδείξουμε ότι το σύστημα πλοήγησης ετεροχρονισμένης πλοήγησης δουλεύει ορθά και ανταποκρίνεται άπταιστα σε οποιαδήποτε ερωτήματα από χαρακτηριστικά, παρουσιάζουμε πιο κάτω παραδείγματα της διαδρομής «Zig Zag» από την πλοήγηση ενδομητρίου στην οποία καταγράφονταν 3 frames ανά δευτερόλεπτο. Επιλέγουμε να παρουσιάσουμε παραδείγματα από αυτή την μέτρηση γιατί

παρατηρώντας τις δύο διαδρομές των σημείων που καταγράφηκαν και παρουσιάζονται στα σχήματα 5.28 και 5.29, το πρώτο σχήμα παρουσιάζει περιοχές με πυκνά σημεία, δίνοντας πρόκληση για εντοπισμό εικόνας με τα κοντινότερα χαρακτηριστικά ως προς τα χαρακτηριστικά του ερωτήματος.

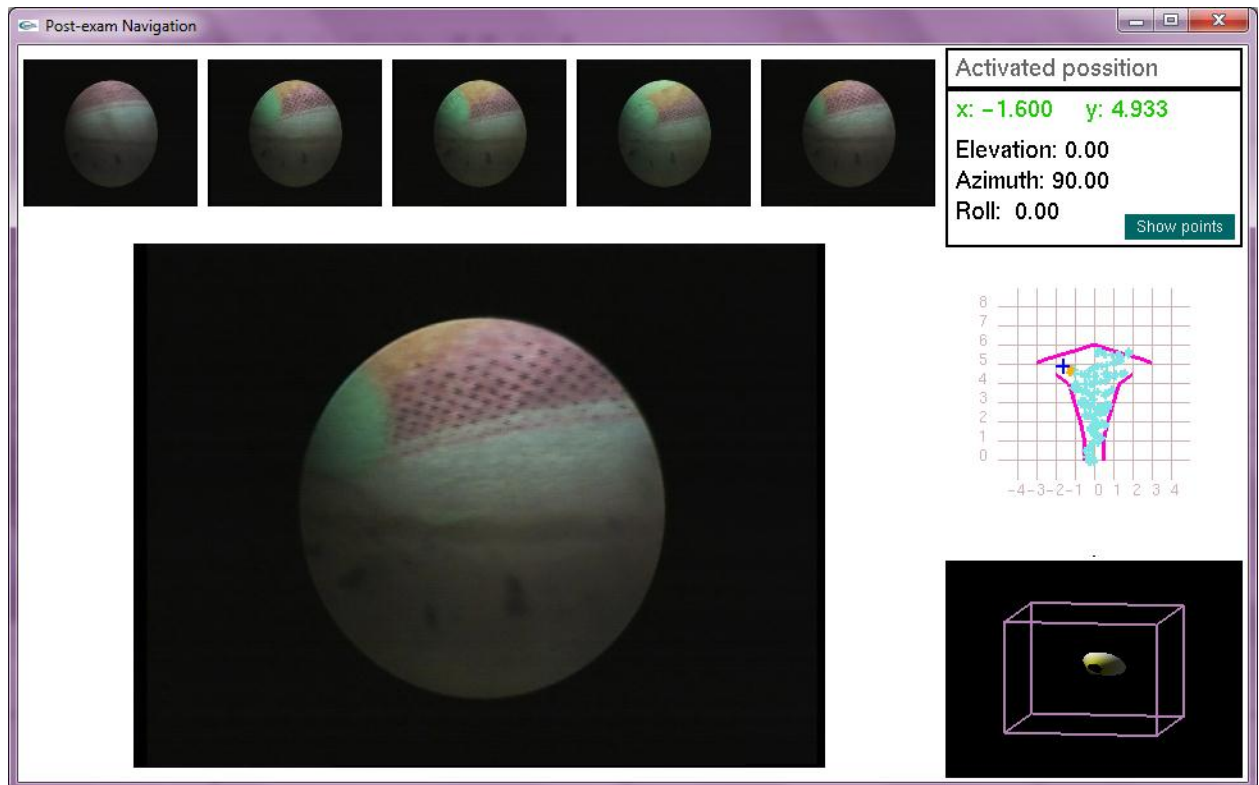
Ως πρώτο παράδειγμα, η αναζήτηση εικόνας γίνεται με βάση το ερώτημα με σημεία $(x, y, \text{αζιμούθιο}, \text{ανύψωση}, \text{περιστροφή}) = (-0.267\text{cm}, 0\text{cm}, 90^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα 5.30, η κύρια εικόνα ανταποκρίνεται στο ερώτημα με χαρακτηριστικά υστεροσκοπίου $(x, y, \text{αζιμούθιο}, \text{ανύψωση}, \text{περιστροφή}) = (-1.26\text{cm}, 4.8\text{cm}, 81.32^\circ, -4.61^\circ, -5.405^\circ)$. Παρατηρώντας την διαδρομή στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου (σχήμα 5.27), όπου στο ίδιο σημείο υπάρχει κουκκίδα που αποτελεί αφετηρία της ροζ ευθείας, η οποία παρουσιάζεται και στο σχήμα 5.30.



Σχήμα 5.30: Παρουσίαση εικόνας με τα χαρακτηριστικά που είναι τα κοντινότερα με τα σημεία ερωτήματος $(x, y, \text{αζιμούθιο}, \text{ανύψωση}, \text{περιστροφή}) = (-0.267\text{ cm}, 0\text{ cm}, 90^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$. Ο μπλε σταυρός που αντιπροσωπεύει τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης ενδομητρίου (x, y) .

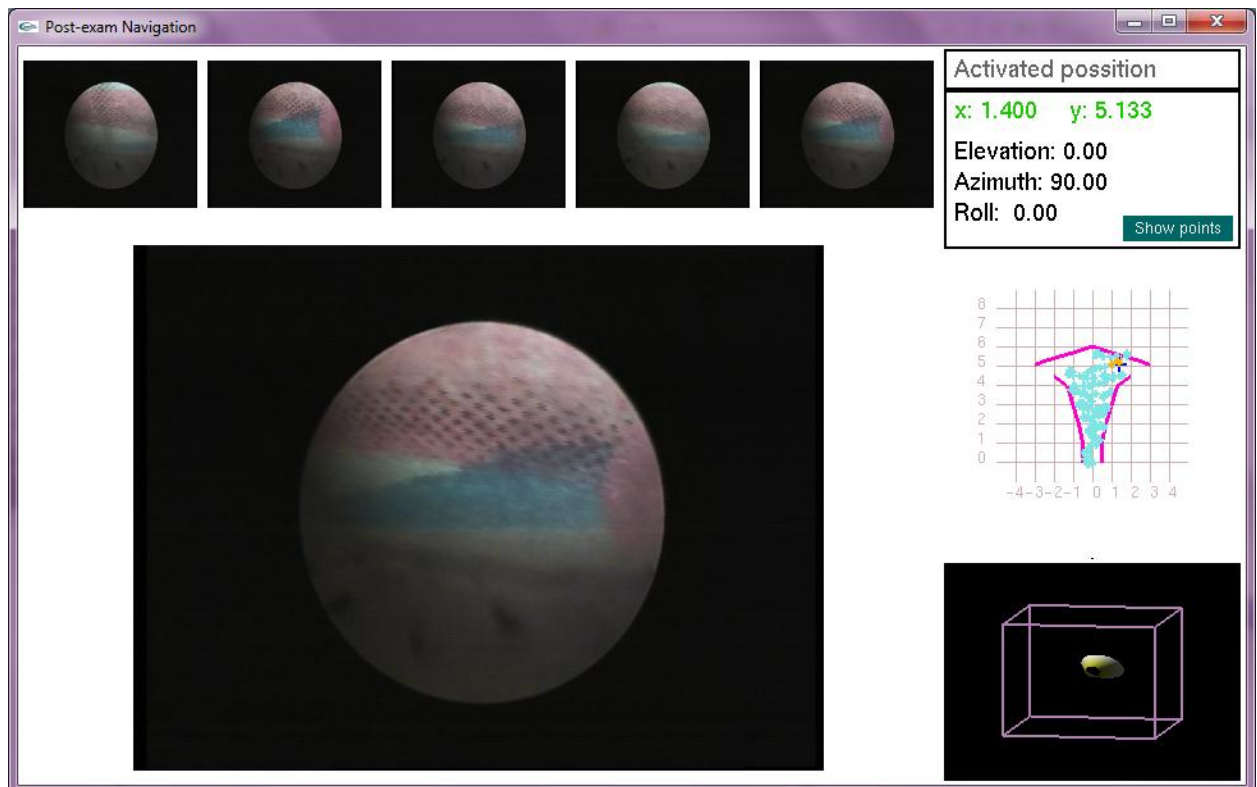
Το νέο ερώτημα που δημιουργείται είναι με τα σημεία $(x, y, \text{αζιμούθιο}, \text{ανύψωση}, \text{περιστροφή}) = (-1.6\text{ cm}, 4.933\text{ cm}, 90^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$. Στο σχήμα 5.31, η εικόνα που

παρουσιάζεται, ανταποκρίνεται στο τρέχον ερώτημα έχοντας χαρακτηριστικά υστεροσκοπίου $(x, y, \text{αζιμούθιο}, \text{ανύψωση}, \text{περιστροφή}) = (0.1\text{cm}, 3.017\text{cm}, 89.63^\circ, 0.26^\circ, -3,52^\circ)$. Αυτό γίνεται περισσότερο κατανοητό, παρατηρώντας την διαδρομή στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου (στο σχήμα 5.27), όπου στο ίδιο σημείο υπάρχει μπλε κουκκίδα, η οποία παρουσιάζεται και στο σχήμα 5.31.



Σχήμα 5.31: Παρουσίαση εικόνας με τα χαρακτηριστικά που είναι τα κοντινότερα με τα σημεία ερωτήματος $(x, y, \text{αζιμούθιο}, \text{ανύψωση}, \text{περιστροφή}) = (-1.6 \text{ cm}, 4.933 \text{ cm}, 90^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$. Ο μπλε σταυρός που αντιπροσωπεύει τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης ενδομητρίου (x, y) .

Το τρίτο ερώτημα που δημιουργείται με σκοπό τον εντοπισμό της εικόνας με χαρακτηριστικά τα κοντινότερα προς αυτό, έχει τα σημεία (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (1.4cm, 5.13cm, 90°, 0°, 0°). Στο σχήμα 5.32, η κύρια εικόνα που παρουσιάζεται, ανταποκρίνεται στο τρέχον ερώτημα έχοντας χαρακτηρισικά υστεροσκοπίου (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (-1.74cm, 5.02cm, 88.90°, -2.50°, -4.10°).



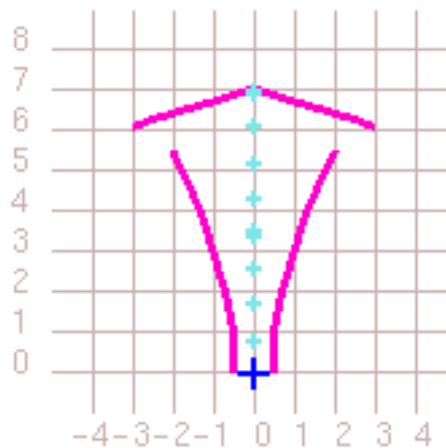
Σχήμα 5.32: Παρουσίαση εικόνας με τα χαρακτηριστικά που είναι τα κοντινότερα με τα σημεία ερωτήματος (x, y, αζιμούθιο, ανύψωση, περιστροφή) = (1.4 cm, 5.13 cm, 90°, 0°, 0°). Ο μπλε σταυρός που αντιπροσωπεύει τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης ενδομητρίου (x, y) .

5.5.3.2 Αξιολόγηση ως προς τη θέση

Στο σημείο αυτό, περιγράφεται ο τρόπος αξιολόγησης του συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ως προς τη θέση, δηλαδή τις συντεταγμένες x και y .

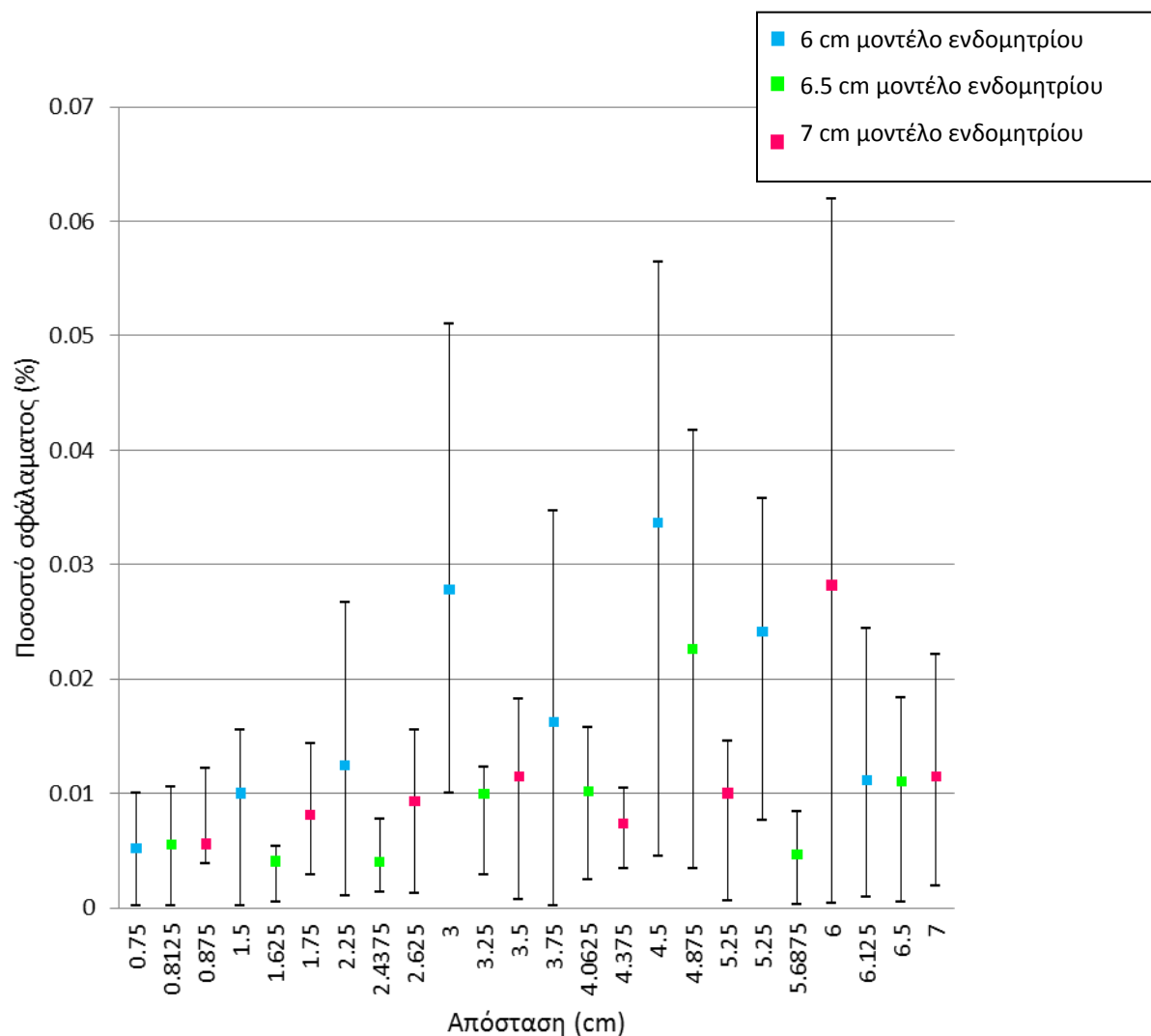
- Αρχικά, έγινε χρήση τριών διαφορετικών μοντέλων ενδομητρίου ως προς το μήκος του, 6 cm, 6.5 cm και 7 cm.
- Για κάθε μοντέλο, το υστεροσκόπιο διάνυσε οκτώ ίσες αποστάσεις σε εμβέλεια 0-6 cm, 0-6.5 cm και 0-7 cm. Σε κάθε σημείο πάρθηκαν και καταγράφηκαν έξι μετρήσεις μέσω του συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο.
- Οι μετρήσεις εκχωρήθηκαν στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης με σκοπό να παρατηρήσουμε κατά πόσο ανταποκρίνονται στις ίδιες οκτώ αποστάσεις στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου.

Το πιο κάτω σχήμα (Σχήμα 5.33) παρουσιάζει τις μετρήσεις που καταγράφηκαν από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο όπως παρουσιάζονται στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης.



Σχήμα 5.33: Αναπαράσταση των σημείων των μετρήσεων που πάρθηκαν από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο όπως παρουσιάζονται με γαλάζιους σταυρούς στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις αφορούν το μοντέλο ενδομητρίου με μήκος 7 cm.

Το ποσοστό σφάλματος της διαφοράς μεταξύ της πραγματικής απόστασης (όπως φαίνεται στο σχήμα το πιο πάνω) και της απόστασης που καταγράφηκε από το πρώτο σύστημα παρουσιάζεται στο σχήμα 5.9. Το μικρότερο και μεγαλύτερο σφάλμα είναι στο 1,625cm με ποσοστό σφάλματος 0.00405 και στο 4,5cm με ποσοστό σφάλματος 0.0336 αντίστοιχα. Το ποσοστό σφάλματος που παρατηρείται είναι σχετικά πολύ μικρό και αποδεκτό, καθώς σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο. Όπως παρατηρείται, για να πάρουμε ακριβείς μετρήσεις με συγκεκριμένες συντεταγμένες, απαιτείται ένα σταθερό και εξοικειωμένο χέρι για τη διαχείριση του υστεροσκοπίου. Στην περίπτωση που οι συντεταγμένες στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου στο ετεροχρονισμένο σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου ήταν ακριβείς προς τις συντεταγμένες μιας μέτρησης που πάρθηκε το ποσοστό σφάλματος ήταν μηδέν.



Σχήμα 5.34: Ποσοστό σφάλματος της διαφοράς μεταξύ της πραγματικής απόστασης των σημείων στο ετεροχρονισμένο σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου και της απόστασης των αντίστοιχων σημείων που καταγράφηκαν από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο. Η γραφική παράσταση παρουσιάζει τη μέση και τυπική απόκλιση των τιμών από έξι μετρήσεις που έγιναν για κάθε απόσταση. Τα τρία μοντέλα παρουσιάζονται ως εξής: α) 6.0 cm με μπλε τετράγωνο, (β) 6.5cm με πράσινο τετράγωνο και (γ) 7.0 cm με ροζ τετράγωνο.

	Απόσταση (cm)	Ποσοστιαίο μέσο σφάλμα (%)	Τυπική απόκλιση σφάλματος
Μοντέλο 6 cm	0.75	0.00505	0.00522
	1.5	0.00782	0.01001
	2.25	0.01383	0.01245
	3	0.03054	0.02781
	3.75	0.01740	0.01623
	4.5	0.03045	0.03367
	5.25	0.00760	0.01001
	6.0	0.03120	0.02820
Μοντέλο 6.5 cm	0.8125	0.00535	0.00550
	1.625	0.00291	0.00405
	2.4375	0.00455	0.00402
	3.25	0.00758	0.00993
	4.0625	0.00905	0.01018
	4.875	0.02256	0.02260
	5.6875	0.00429	0.00469
	6.5	0.00941	0.01107
Μοντέλο 7 cm	0.875	0.00802	0.00557
	1.75	0.00861	0.00815
	2.625	0.00840	0.00929
	3.5	0.00947	0.01148
	4.375	0.00694	0.00738
	5.25	0.02170	0.02170
	6.125	0.01265	0.01265
	7.0	0.01197	0.011975

Πίνακας 5.2: Παρουσίαση μετρήσεων για κάθε μοντέλο, το ποσοστό σφάλματος της διαφοράς μεταξύ της πραγματικής απόστασης των σημείων στο ετεροχρονισμένο σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου και της απόστασης των αντίστοιχων σημείων που καταγράφηκαν από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο και η τυπική απόκλιση του σφάλματος.

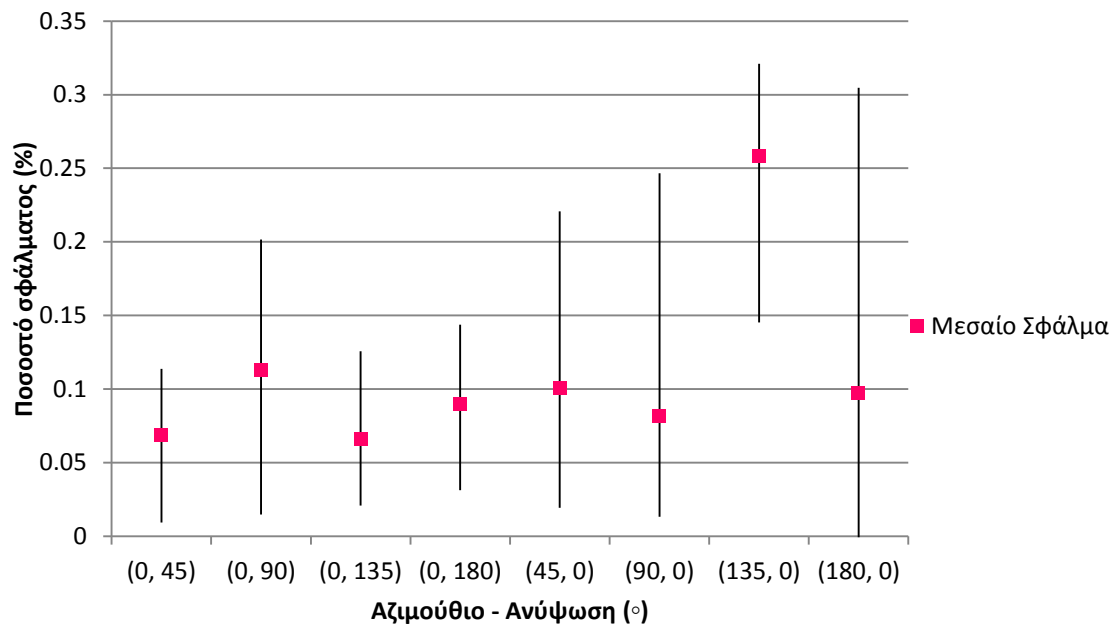
5.4.3.3 Αξιολόγηση ως προς τη κλίση του υστεροσκοπίου

Παρακάτω, ακολουθεί περιγραφή της αξιολόγησης του συστήματος ως προς τη κλίση του υστεροσκοπίου, δηλαδή με πόση ακρίβεια ανταποκρίνεται το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου ως προς τα χαρακτηριστικά του υστεροσκοπίου που καταγράφονται από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, άξιμούθιο, ανύψωση και περιστροφή.

Για σταθερή θέση του υστεροσκοπίου, δηλαδή $x = 0\text{cm}$ και $y = 0\text{cm}$, έγιναν οι εξής μετρήσεις:

- Σε εμβέλεια $0 - 180^\circ$, προσδιορίζαμε την κλίση του υστεροσκοπίου έτσι ώστε οι τιμές του άξιμούθιου και ανύψωσης να μεταβάλλονται σε 4 ίσα διαστήματα για την κάθε μια, δημιουργώντας οκτώ διαφορετικούς συνδυασμούς. Για κάθε συνδυασμό, πάρθηκαν και καταγράφηκαν έξι μετρήσεις μέσω του συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο.
- Οι μετρήσεις αυτές εκχωρήθηκαν στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης με σκοπό να παρατηρήσουμε κατά πόσο ανταποκρίνονται στις αντίστοιχες τιμές του εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου.

Το ποσοστό σφάλματος της διαφοράς μεταξύ των πραγματικών τιμών άξιμούθιου και ανύψωσης που παρουσιάζονται στο ετεροχρονισμένο σύστημα πλοήγησης και των αντίστοιχων τιμών που καταγράφηκαν από το πρώτο σύστημα παρουσιάζεται στο σχήμα 5.10. Το μικρότερο και μεγαλύτερο σφάλμα είναι στο σημείο $(x, y, azimuth, elevation) = (0\text{ cm}, 0\text{ cm}, 0^\circ, 135^\circ, 0^\circ)$ με μεσαίο ποσοστό σφάλματος 0.125 και στο σημείο $(x, y, azimuth, elevation) = (0\text{ cm}, 0\text{ cm}, 135^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$ με ποσοστό σφάλματος 0.49 αντίστοιχα. Το ποσοστό σφάλματος που παρατηρείται είναι σχετικά πολύ μικρό και αποδεκτό, καθώς σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο. Όπως παρατηρείται, για να πάρουμε ακριβείς μετρήσεις με συγκεκριμένες συντεταγμένες, απαιτείται ένα σταθερό και εξοικειωμένο χέρι για τη διαχείριση του υστεροσκοπίου. Έτσι, το μέγιστο σφάλμα δικαιολογείται αφού ο άνθρωπος δεν μπορεί με ακρίβεια να βρει τη γωνία 135° όσο αφορά σε άξιμούθιο τόσο και σε ανύψωση.



Σχήμα 5.35: Ποσοστό σφάλματος της διαφοράς μεταξύ των πραγματικών τιμών αζιμούθιου και ανύψωσης που παρουσιάζονται στο ετεροχρονισμένο σύστημα πλοήγησης και των αντίστοιχων τιμών που καταγράφηκαν από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο. Η γραφική παράσταση παρουσιάζει το ελάχιστο, μέγιστο και μεσαίο ποσοστό σφάλματος των έξι μετρήσεων για κάθε ένα από τους οκτώ συνδυασμούς αζιμούθιου και ανύψωσης.

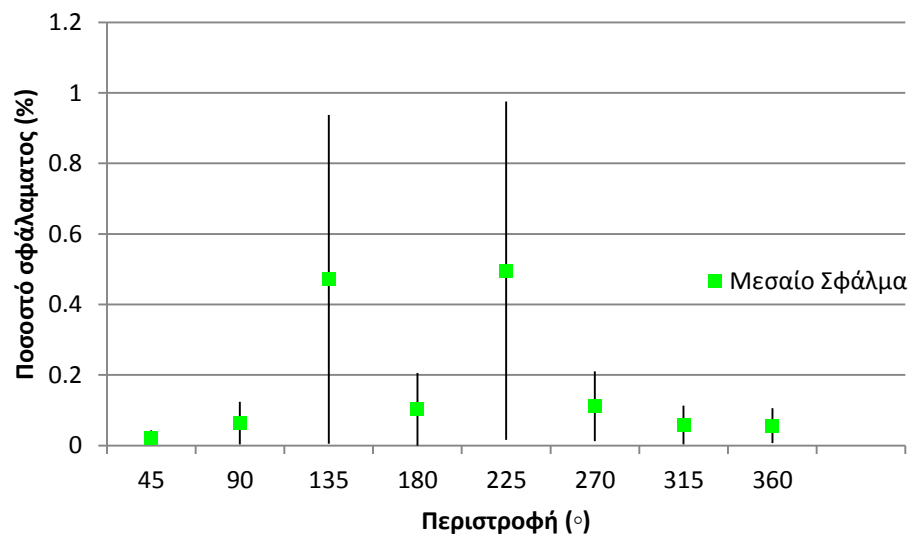
(Αζιμούθιο, Ανύψωση)	Ελάχιστο σφάλμα	Μέγιστο Σφάλμα	Μεσαίο Σφάλμα
(0, 45)	0.01	0.113	0.068333333
(0, 90)	0.0154	0.201	0.1127
(0, 135)	0.0216	0.125	0.066166667
(0, 180)	0.032	0.143	0.09
(45, 0)	0.02	0.22	0.100666667
(90, 0)	0.014	0.246	0.081783333
(135, 0)	0.146	0.3204	0.258066667
(180, 0)	0	0.304	0.096933333

Πίνακας 5.2: Παρουσίαση μετρήσεων για κάθε συνδυασμό αζιμούθιου – ανύψωσης με το αντίστοιχο ποσοστό σφάλματος της διαφοράς μεταξύ της αναμενόμενης τιμής των χαρακτηριστικών του υστεροσκοπίου στο ετεροχρονισμένο σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου και της απόστασης των τιμών αντίστοιχων των χαρακτηριστικών που καταγράφηκαν από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο και η τυπική απόκλιση του σφάλματος.

Η αξιολόγηση ως προς την περιστροφή του υστεροσκοπίου έχει γίνει ξεχωριστά από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της κλίσης του γιατί το πεδίο ορισμού της περιστροφής είναι $0 - 360^\circ$ ενώ το πεδίο ορισμού του αζιμούθιου και της ανύψωσης είναι $0 - 180^\circ$. Η αξιολόγηση ως προς την περιστροφή του υστεροσκοπίου έγινε ως εξής:

Για σταθερή θέση του υστεροσκοπίου, δηλαδή $x = 0\text{cm}$ και $y = 0\text{cm}$, και με σταθερή τιμή του αζιμούθιου με 0° και της ανύψωσης με 0° έγιναν οι εξής μετρήσεις:

- Σε εμβέλεια $0 - 360^\circ$, προσδιορίζαμε την περιστροφή του υστεροσκοπίου έτσι ώστε οι τιμές να μεταβάλλονται σε 8 ίσα διαστήματα. Για κάθε γωνία, πάρθηκαν και καταγράφηκαν έξι μετρήσεις μέσω του συστήματος πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο.
- Οι μετρήσεις αυτές εκχωρήθηκαν στο σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης με σκοπό να παρατηρήσουμε κατά πόσο ανταποκρίνονται στις αντίστοιχες τιμές του εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου.



Σχήμα 5.36: Ποσοστό σφάλματος της διαφοράς μεταξύ των πραγματικών τιμών περιστροφής που παρουσιάζεται στο ετεροχρονισμένο σύστημα πλοήγησης και των αντίστοιχων τιμών που καταγράφηκαν από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο. Η γραφική παράσταση παρουσιάζει το ελάχιστο, μέγιστο και μεσαίο ποσοστό σφάλματος των έξι μετρήσεων για κάθε ένα από τους οκτώ συνδυασμούς περιστροφής.

Περιστροφή	Ελάχιστο σφάλμα	Μέγιστο Σφάλμα	Μεσαίο Σφάλμα
0	0	0.0426	0.0213
45	0.0014	0.043	0.0222
90	0	0.0215	0.01075
135	0.005	0.937	0.471
180	0	0.206	0.103
225	0.0163	0.975	0.49565
270	0.012	0.21	0.111
315	0.003	0.113	0.058
360	0.007	0.106	0.0565

Πίνακας 5.37: Παρουσίαση μετρήσεων για κάθε συνδυασμό περιστροφής με το αντίστοιχο ποσοστό σφάλματος της διαφοράς μεταξύ της αναμενόμενης τιμής των χαρακτηριστικών του υστεροσκοπίου στο ετεροχρονισμένο σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου και της απόστασης των τιμών αντίστοιχων των χαρακτηριστικών που καταγράφηκαν από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο και η τυπική απόκλιση του σφάλματος.

5.6 Προσφορά συστήματος

Ολόκληρο το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου προσφέρει αρκετά τόσο σε διεγχειρητικό επίπεδο με το σύστημα πλοήγησης πραγματικού χρόνου, αλλά και σε διαγνωστικό επίπεδο με το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου.

Όσο αφορά το δεύτερο σύστημα, προσφέρει στον ιατρό μια ετεροχρονισμένη πλοήγηση στο ενδομήτριο παρέχοντάς του όσο χρόνο χρειάζεται για να εξετάσει και να διαγνώσει τυχόν ανωμαλίες στην ενδομητριακή περιοχή της ασθενούς. Έτσι, το σύστημα αξιολογήθηκε με δεδομένα από εικονικά μοντέλα ενδομητρίου αλλά και με δεδομένα από υστεροσκοπικές εξετάσεις. Όπως αναφέρεται πιο πάνω, τα σφάλματα είναι αμελητέα, έτσι το σύστημα γίνεται αποδεκτό.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

6.1 Γενικά Συμπεράσματα	97
6.2 Μελλοντικές Εργασίες	98

6.1 Γενικά Συμπεράσματα

Στο σημείο αυτό, θα συνοψίσουμε τα αποτελέσματα και συμπεράσματα που μπορούμε να διεξάγουμε κατά την αξιολόγηση του συστήματος.

Για την ανάπτυξη και σχεδίαση του συστήματος ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου χρειάστηκε να γίνει έρευνα σχετικά με το πώς το σύστημα θα μπορούσε να υλοποιηθεί με το καλύτερο τρόπο έχοντας τα βέλτιστα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα λόγω του ότι το σύστημα έχει σχέση με την υγεία του ανθρώπου, δεν πρέπει να παρουσιάζει κάποια ατέλεια και ούτε περιθώρια λάθους, για να μπορέσει ο ιατρός να διαγνώσει σωστά οποιαδήποτε ασθένεια.

Αρχικά, ο αλγόριθμος της ανοικτής βιβλιοθήκης ANN [2] που χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα για τον εντοπισμό πλησιέστερης γειτονικής υστεροσκοπικής εικόνας ως προς τα τρέχον χαρακτηριστικά του εικονικού μοντέλου υστεροσκοπίου, μπορεί να θεωρηθεί ως εξαιρετικός γιατί πάντα ανταποκρινόταν στο τρέχον ερώτημα χωρίς λάθος.

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης διάφορων πειραμάτων, παρατηρήθηκε ότι κατά τη υστεροσκοπική εξέταση πρέπει να ληφθούν γύρω στις 1300 – 1500 υστεροσκοπικές εικόνες για να έχουμε μια ολοκληρωμένη ετεροχρονισμένη πλοήγηση ενδομητρίου, η οποία να περιλαμβάνει πλοήγηση, αν είναι δυνατόν, σε όλα τα σημεία της ενδομητριακής κοιλότητας της ασθενούς.

Τέλος, όσο αφορά το ποσοστό σφάλματος που παρατηρείται στο σύστημα ως σύνολο, είναι αποδεκτό από τον κύριο χρήστη του συστήματος, από τον ιατρό, ο οποίος έχει τις κατάλληλες γνώσεις και είναι ο πλέον ειδικός για να αποφασίσει για αυτό.

Η όλη διαπροσωπία του συστήματος είναι φιλική προς το χρήστη και πολύ εύκολη η χρήση του.

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας έχουν χρησιμοποιηθεί μεθοδολογίες βασισμένες στις αρχές ανάπτυξης συστημάτων, έτσι προσθέσεις και τροποποιήσεις εύκολα μπορούν να πραγματοποιηθούν λόγω ορθής σχεδίασης που έχει γίνει.

6.2 Μελλοντικές Εργασίες

Στα πλαίσια μελλοντικών μελετών και εργασιών, είναι προφανές ότι θα μπορούσαν να γίνουν αρκετά ως προέκτασης αυτής της εργασίας αλλά και γενικά στο τομέα της Ιατρικής Πληροφορικής που σχετίζεται με την γυναικολογία.

Λόγω ότι το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου είναι ένα καινοτόμο σύστημα και παρ' όλο που έχει κάποιο στοιχείο τρισδιάστατου μοντέλου, όπως το εικονικό μοντέλο υστεροσκοπίου, στο σύνολο του γραφικού μέρους θεωρείται ως δισδιάστατο μοντέλο. Έτσι, το γραφικό μέρος του συστήματος μπορεί να επεκταθεί σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο, παρέχοντας τρισδιάστατο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου και υστεροσκοπίου κάνοντάς τα πιο αληθοφανείς.

Επιπλέον, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν παρόμοιοι αλγόριθμοι με τον αλγόριθμο κατασκευής και αναζήτησης KD-tree, που ίσως να είναι καλύτεροι ως προς το χρόνο ταξινόμησης των στοιχείων και εύρεσης του βέλτιστου στοιχείων κατά την αναζήτηση στο χώρο. Ένας τύπος αλγόριθμος που σίγουρα θα ήταν καλύτερος από αυτό που χρησιμοποιείται στο σύστημα, είναι η δυνατότητα ταξινόμησης στοιχείων σε πολλαπλά επίπεδα χώρου. Για παράδειγμα, στο σύστημα αυτό δημιουργούνται τρεις δεντρικές δομές KD-tree, ένα για τις συντεταγμένες θέσης x και y, ένα άλλο για το αζιμούθιο και την ανύψωση και το τρίτο για την περιστροφή, τα οποία χρησιμοποιούνται για την

αναζήτησης πλησιέστερων σημείων έχοντας ως προτεραιότητα τη σειρά που αναφέρθηκαν. Αυτό μπορεί να επιλυθεί με τη μετατροπή των χαρακτηριστικών του υστεροσκοπίου, x, y, azimuth, elevation, roll σε πολυπολικές σφαιρικές συντεταγμένες.

Βιβλιογραφία

- [1] Ιωάννα Ηρακλέους, «Σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου πραγματικού χρόνου», Πανεπιστήμιο Κύπρου – Τμήμα Πληροφορικής, Ιούνιος 2011.
- [2] Andrew W Moore, “*An introductory tutorial on kd trees*”, Extract from Andrew Moores PhD Thesis Ecient Memory based Learning for Robot Control PhD. Thesis Technical Report No. 209, Computer Laboratory, University of Cambridge. 1991
- [3] “ANN: A Library for Approximate Nearest Neighbor Searching”:
<http://www.cs.umd.edu/~mount/ANN/>
- [4] “Ανατομία γεννητικού συστήματος - Embio Medical Center.”:
<http://www.ivf-embryo.gr/anatomia-gennitikoy-systimatos.htm>.
- [5] “Ιατρική Απεικόνιση”:
http://www.fertilitynews.gr/concern/Infertility_in_Females/Anatomical/index.jsp
- [6] “Γυναικολογικός Καρκίνος”:
http://cancer.about.com/od/cancersaffectingwomen/a/gyn_cancer.htm
- [7] “Γυναικολογικός Καρκίνος”:
http://cancer.about.com/od/cancersaffectingwomen/a/gyn_cancer.htm
- [8] “Υστεροσκόπηση”:
<http://www.ivf-embryo.gr/gynaikologia/ysteroskopisi/ysteroskopisi>
- [9] “Flowchart”: <http://en.wikipedia.org/wiki/Flowchart>
- [10] Matthias Harders, Michael Bajka, Ulrich Spaelter, Stefan Tuchs Schmid, Hannes Bleuler, Gabor Szekely, “Highly-Realistic, Immersive Training

Environment for Hysteroscopy”, Switzerland, 2003

- [11] Alexander Behrens, Martin Guski, Thomas Stehle, Sebastian Gross, and Til Aach, “*Intensity Based Multi-Scale Blending for Panoramic Images in Fluorescence Endoscopy*”, Institute of Imaging & Computer Vision, RWTH Aachen University, D-52056 Aachen, Germany, 2010
- [12] Noah Snavely, Steven M. Seitz, Richard Szeliski, “*Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D*”, University of Washington, 2006
- [13] “NeHe Productions: Main Page.”: <http://nehe.gamedev.net/>
- [14] I.P. Constantinou, C.A. Koumourou, M.S. Neofytou, V. Tanos, C.S. Pattichis, and E. Kyriakou, “*An integrated CAD system facilitating the endometrial cancer diagnosis,*” *2009 9th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine*, Larnaca, Cyprus: 2009, pp. 1-5
- [15] “Αναπαράσταση Kd-tree”:
<http://groups.csail.mit.edu/graphics/classes/6.838/S98/meetings/m13/kd.html>
- [16] Partha Bhowmick, Bhargab B. Bhattacharya, “*Approximate Fingerprint Matching Using Kd-tree*”, Computer Science & Technology Dept. Bengal Engineering College (DU), India, Advanced Computing & Microelectronics Unit, Indian Statistical Institute, India, 2009
- [17] Aeron Buchanan, Andrew Fitzgibbon, “*Interactive Feature Tracking using K-D Trees and Dynamic Programming*”, Dept. Engineering Science, University of Oxford, UK, Microsoft Research, Cambridge, UK, 2006

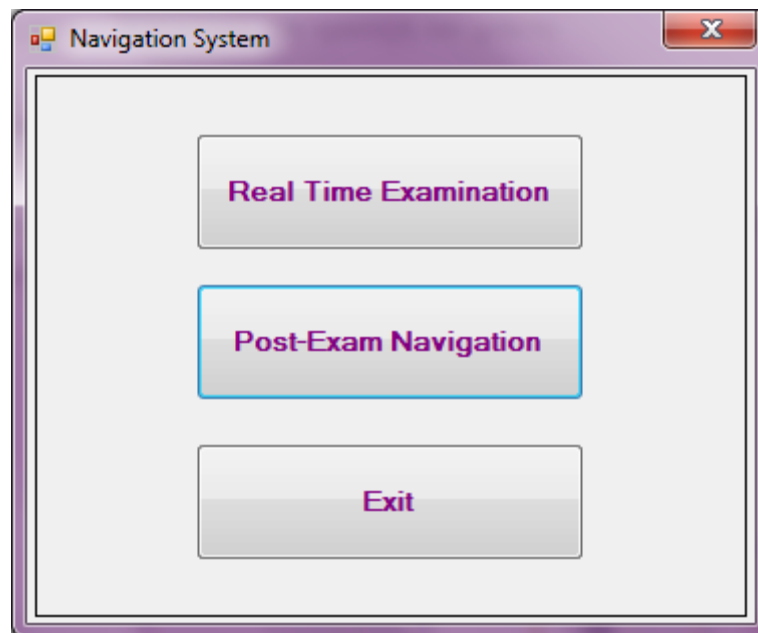
Παράρτημα Α

Εγχειρίδιο Χρήστη

Παρακάτω υπάρχει εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος που έχει υλοποιηθεί. Αποτελείται από μια περιγραφή των οθονών και των επιλογών που έχει ο χρήστης κατά την εκτέλεση του προγράμματος.

Θέτοντας σε λειτουργία το λογισμικό, θα ανοίξει ένα μικρό GUI όπως φαίνεται πιο κάτω. Η οθόνη εμφανίζεται πάντα στο κέντρο της οθόνης και μέσω της οθόνης αυτής ο ιατρός έχει τη δυνατότητα εκτέλεσης τριών λειτουργιών. Συγκεκριμένα, μέσω της κύρια οθόνης του συστήματος δίνει στο χρήστη τρεις επιλογές:

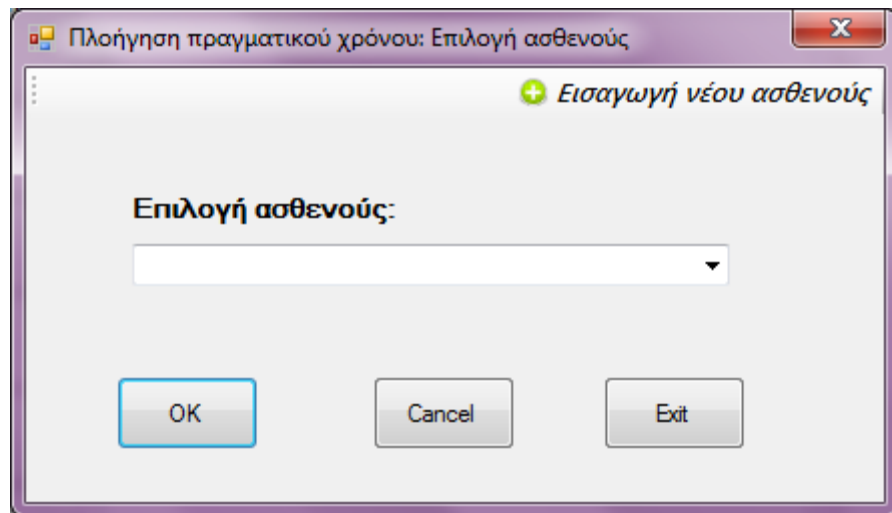
- να εκτελέσει πλοήγηση ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο,
- να εκτελέσει ετεροχρονισμένη πλοήγηση ενδομητρίου,
- να τερματίσει το πρόγραμμα.



Σχήμα Α.1: Η αρχική οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη κατά την εκκίνηση του συστήματος

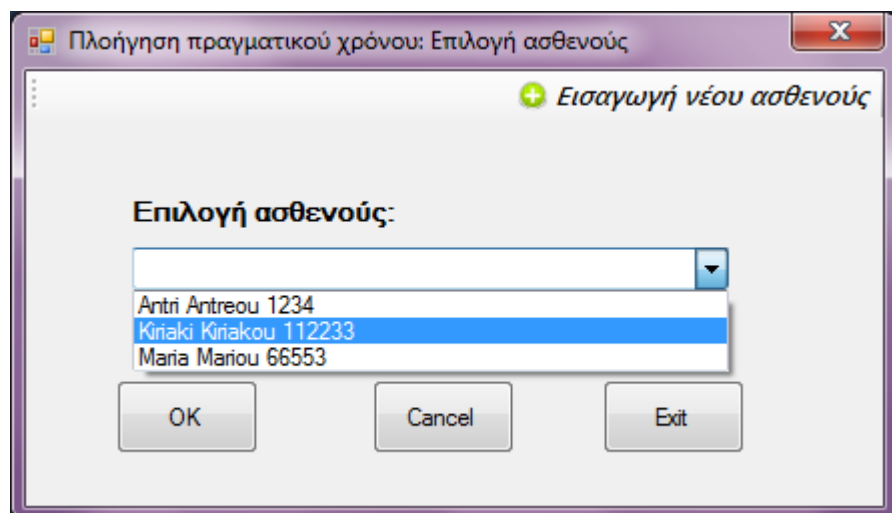
Κάνοντας κλικ στο «Real Time Examination» ή στο «Post-Exam Navigation», ανοίγει μία νέα οθόνη για την αντίστοιχη επιλογή. Κάνοντας κλικ στο «Exit», το πρόγραμμα τερματίζει.

Όταν ο χρήστης επιλέξει «Real Time Examination», δηλαδή επιθυμεί να εκτελέσει πλοήγηση ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, ανοίγει μια νέα οθόνη, όπως φαίνεται πιο κάτω, για να επιλέξει τον ασθενή στου οποίου θα πραγματοποιηθεί η υστεροσκοπική εξέταση.



Σχήμα A.2: Οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη για να επιλέξει την ασθενή που πρόκειται να εκτελέσει υστεροσκοπική εξέταση.

Μέσω μιας λίστας, ο χρήστης επιλέγει τον ασθενή. Η λίστα περιέχει το ονοματεπώνυμο του ασθενή καθώς και τον αριθμό ταυτότητάς του, έτσι ώστε σε περίπτωση συνωνυμίας να ξεχωρίζουν οι ασθενείς.

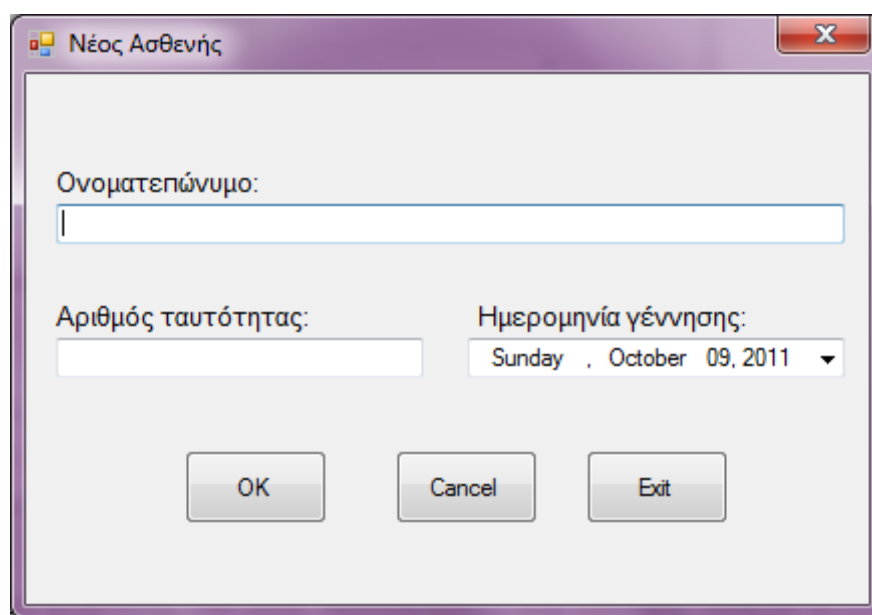


Σχήμα A.3: Παρουσίαση λίστας ασθενών

Αφού επιλέξει τον ασθενή από την λίστα και κάνει κλικ στο «OK», σε μία νέα οθόνη ξεκινά το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο. Κάνοντας κλικ στο «Cancel», η συγκεκριμένη οθόνη κλείνει και επιστρέφει στην προηγούμενη οθόνη, ενώ με την επιλογή «Exit», το σύστημα τερματίζεται.

Σε περίπτωση που ο ασθενής δεν είναι καταχωρημένος στο σύστημα, υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής του κάνοντας κλικ στο «Εισαγωγή νέου ασθενούς». Έπειτα, ανοίγει μια νέα οθόνη για να εισάγει τον ασθενή στον οποίο θα πραγματοποιηθεί η υστεροσκοπική εξέταση.

Η οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη για εισαγωγή στοιχείων νέου ασθενή παρουσιάζεται πιο κάτω.



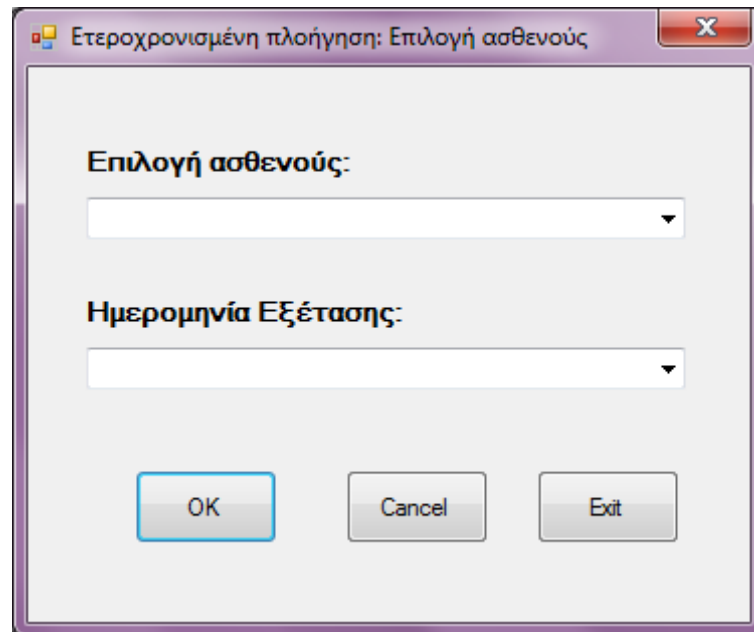
The image shows a Windows-style dialog box titled "Νέος Ασθενής" (New Patient). It has a standard title bar with a minimize button, a maximize button, and a close button (X). The main area of the dialog contains three input fields. The first is labeled "Όνοματεπώνυμο:" (Name and Surname) and is a single-line text box. The second is labeled "Αριθμός ταυτότητας:" (ID Number) and is a single-line text box. The third is labeled "Ημερομηνία γέννησης:" (Date of Birth) and is a date picker showing "Sunday, October 09, 2011". At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Exit".

Σχήμα Α.4: Οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη για να καταχωρήσει πληροφορίες νέας ασθενούς.

Ο χρήστης εισάγει το ονοματεπώνυμο του νέου ασθενούς, την ταυτότητα και την ημερομηνία γεννήσεώς του. Κάνοντας κλικ στο «OK», τα δεδομένα αποθηκεύονται στο σύστημα, σε ένα αρχείο του ασθενούς και έπειτα, σε μία νέα οθόνη ξεκινά το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο. Κάνοντας κλικ στο «Cancel», η

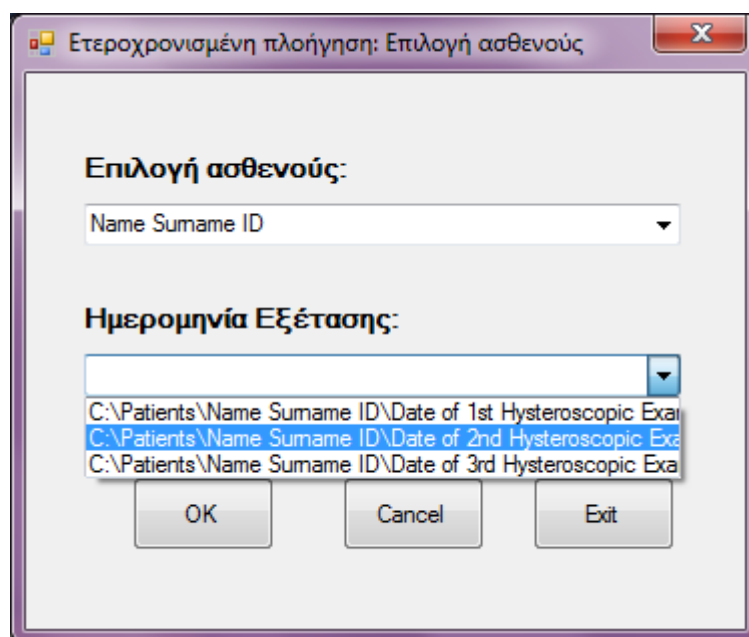
συγκεκριμένη οθόνη κλείνει και επιστρέφει στην προηγούμενη οθόνη, ενώ με την επιλογή «Exit», το σύστημα τερματίζεται.

Όταν ο χρήστης επιθυμεί να εκτελέσει ετεροχρονισμένη πλοήγηση ενδομητρίου, πρέπει να επιλέξει την αντίστοιχη επιλογή στην κύρια οθόνη. Έτσι, ανοίγει ένα άλλο παράθυρο, όπως φαίνεται πιο κάτω, για να επιλέξει τον ασθενή του οποίου θέλει να παρακολουθήσει ετεροχρονισμένα μια υστεροσκοπική εξέταση που έχει προηγηθεί.



Σχήμα Α.5: Οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη για να επιλέξει την ασθενή και την ημερομηνία της εξέτασης που επιθυμεί να παρακολουθήσει.

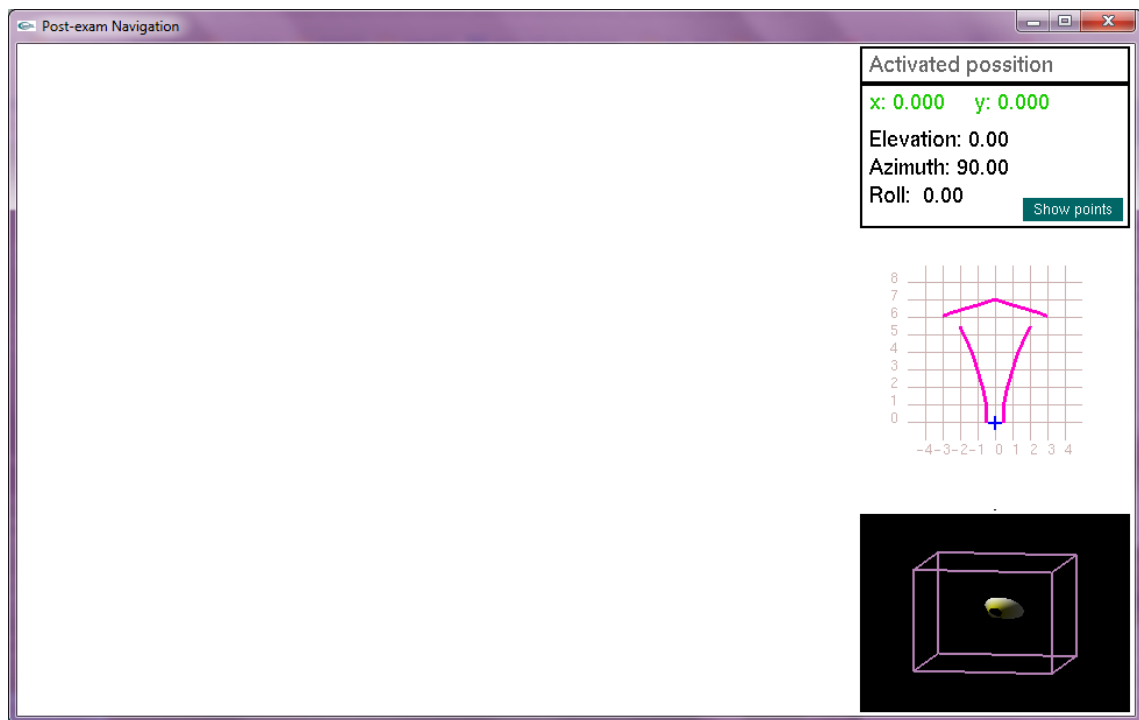
Μέσω μιας λίστας, ο χρήστης επιλέγει τον ασθενή. Η λίστα περιέχει το ονοματεπώνυμο του ασθενή καθώς και τον αριθμό ταυτότητάς του, σε περίπτωση συνωνυμίας να ξεχωρίσει τους ασθενείς και να επιλέξει τον σωστό ασθενή που επιθυμεί να παρακολουθήσει την ετεροχρονισμένη πλοήγηση ενδομητρίου. Στη συνέχεια, σε μια δεύτερη λίστα, παρουσιάζονται οι ημερομηνίες που ο ασθενής έχει κάνει υστεροσκοπικές εξετάσεις και έχουν καταγραφεί στο σύστημα.



Σχήμα Α.6: Οθόνη που εμφανίζεται στο χρήστη όταν επιλέξει την ασθενή και την ημερομηνία της εξέτασης που πρόκειται να παρακολουθήσει ετεροχρονισμένα.

Αφού επιλέξει τον ασθενή από την λίστα και έπειτα την ημερομηνία που επιθυμεί να δει την υστεροσκοπική εξέταση, κάνει κλικ στο «OK», σε μία νέα οθόνη ξεκινά το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου. Κάνοντας κλικ στο «Cancel», η συγκεκριμένη οθόνη κλείνει και επιστρέφει στην προηγούμενη οθόνη, ενώ με την επιλογή «Exit», το σύστημα τερματίζεται.

Κατά την επιλογή του χρήστη για εκτέλεση ετεροχρονισμένης πλοήγησης στο ενδομήτριο, ανοίγει η πιο κάτω οθόνη η οποία αποτελεί την κύρια οθόνη για το σύστημα ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου. Με την οθόνη αυτή αλληλεπιδρά ο χρήστης και γι' αυτό παρουσιάζονται όλες οι πληροφορίες που είναι χρήσιμες για τον χρήστη.

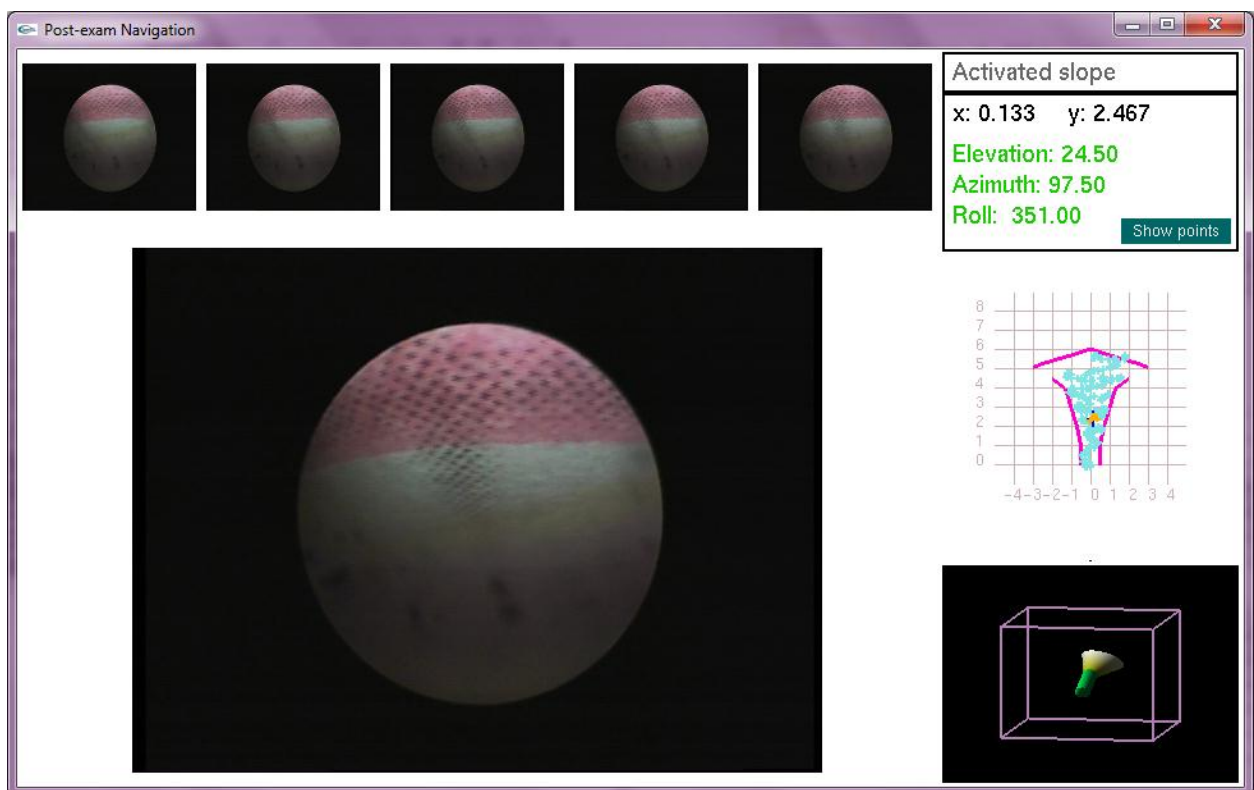


Σχήμα A.7: Κύρια οθόνη ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα πλοήγησης στο εικονικό μοντέλο ενδομητρίου με τη χρήση του mouse αλλά και με τη χρήση των πλήκτρων πάνω, κάτω, δεξιά και αριστερά. Για την αλλαγή της κλίσης του εικονικού υστεροσκοπίου, χρησιμοποιούνται τα πλήκτρα «A» και «D» για αριστερό και δεξιό αζιμούθιο αντίστοιχα, τα πλήκτρα «S» και «W» για αρνητική και θετική ανύψωση και τέλος, τα πλήκτρα «Q» και «E» για αριστερή και δεξιά περιστροφή αντίστοιχα.

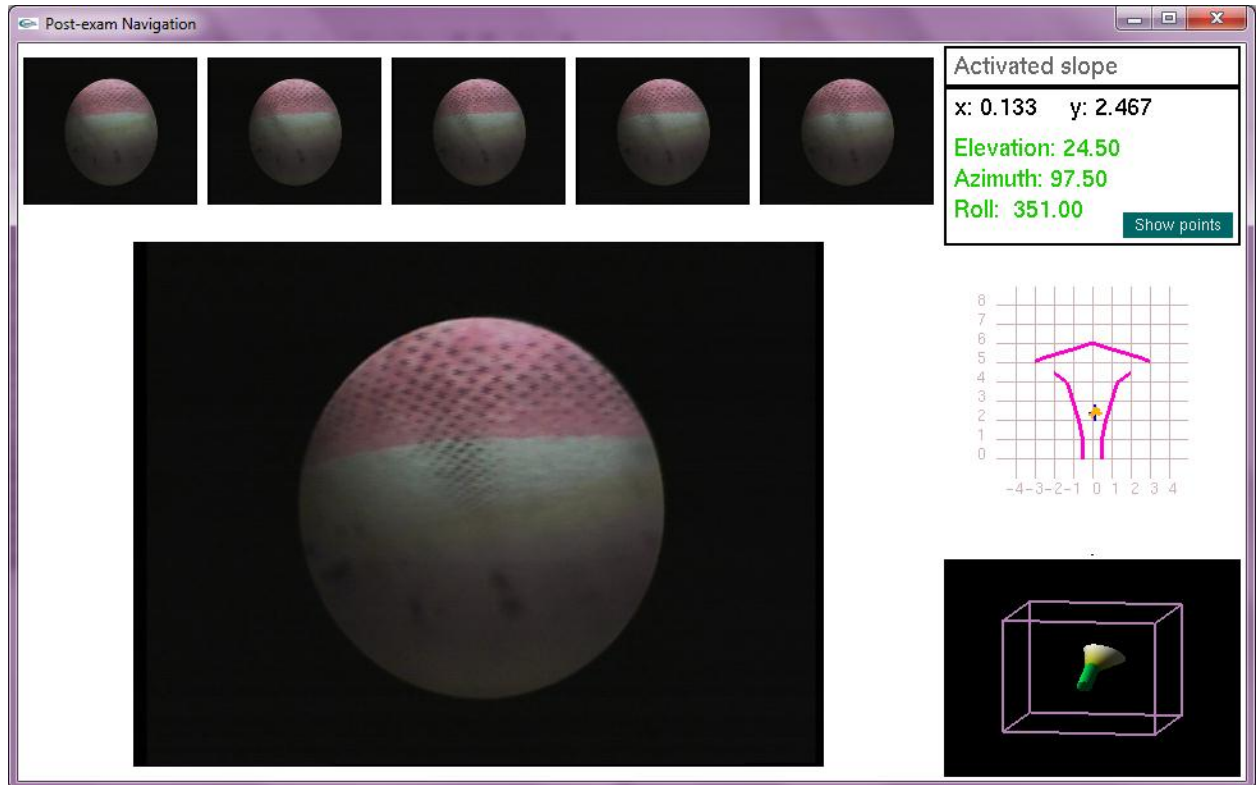
Στη δεξιά πάνω γωνία της οθόνης, παρουσιάζονται οι τρέχων τιμές των χαρακτηριστικών του υστεροσκοπίου. Στο αριστερό μέρος της οθόνης, παρουσιάζεται η υστεροσκοπική εικόνα της οποίας τα χαρακτηριστικά είναι τα πλησιέστερα ως προς τα τρέχων χαρακτηριστικά.

Επίσης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει τα σημεία που καταγράφηκαν οι υστεροσκοπικές εικόνες κατά την υστεροσκοπική εξέταση, κάνοντας κλικ στην επιλογή **Show points**, όπως φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα. Οι γαλανοί σταυροί που παρουσιάζονται είναι τα σημεία που έχουν καταγραφεί υστεροσκοπικές εικόνες.



Σχήμα Α.8: Οθόνη ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου. Εμφάνιση και γνωστοποίηση σημείων όπου έχουν καταγραφεί υστεροσκοπικές εικόνες κατά την υστεροσκοπική εξέταση. Η συγκεκριμένη θέση και κλίση του εικονικού υστεροσκοπίου παρουσιάζουν το όσteo αριστερής σάλπιγγας. Το πιο πάνω σχήμα είναι στιγμιότυπο από το σενάριο αξιολόγησης “Zig Zag” με 3frames ανά δευτερόλεπτο

Ο χρήστης, κάνοντας ξανά κλικ στην επιλογή **Show points**, όπως φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα, τα σημεία που καταγράφηκαν κατά την υστεροσκοπική εξέταση, δεν εμφανίζονται πλέον στη οθόνη του χρήστη (Σχήμα Α.9).



Σχήμα Α.9: Οθόνη ετεροχρονισμένης πλοήγησης ενδομητρίου. Η συγκεκριμένη θέση και κλίση του εικονικού υστεροσκοπίου παρουσιάζουν το όσteo αριστερής σάλπιγγας. Το πιο πάνω σχήμα είναι στιγμιότυπο από το σενάριο αξιολόγησης “Zig Zag” με 3frames ανά δευτερόλεπτο.

Παράρτημα Β

Εργασία που παρουσιάστηκε στο συνέδριο «4th Cyprus Workshop on Signal Processing and Informatics», στο Πανεπιστήμιο Κύπρου, στις 14 Ιουλίου 2011

A Simplified 2D Navigation System For Hysteroscopy Imaging

*Elena Michael¹, Ioannis Constantinou¹, Ioanna Herakleous¹, Marios S. Neofytou¹,
Constantinos S. Pattichis¹, Vasilios Tanos²*

¹Department of Computer Science, University of Cyprus, Cyprus
{cs07me2@cs.ucy.ac.cy, ikonst01@cs.ucy.ac.cy, cs07hi1@cs.ucy.ac.cy,
mneoph@cs.ucy.ac.cy, pattichi@cs.ucy.ac.cy}

²Aretaeio Hospital, Nicosia, Cyprus
{v.tanos@aretaeio.com}

Abstract:

Within the female population, gynecological cancer accounts for the second highest mortality rate. Cancer of the endometrium is the most common cancer of the female reproductive organs, in the United States. Early diagnosis and treatment of gynecological cancer are essential for better quality and longer life. The hysteroscopy examination is considered to be the gold-standard technique for the diagnosis of intrauterine pathology and for the assessment of endometrial cancer.

In previous studies by our group, we have shown that the use of a standardized protocol for capturing and analyzing endoscopic video facilitates the wide spread use of quantitative analysis as well as the use of CAD systems in gynecological endoscopy.

The objective of this paper is to introduce a simplified 2D navigation system for post-exam hysteroscopy imaging. This will help the physician in gaining a better understanding of the tissue-ROI under investigation, especially in the case of suspicious regions that need to be biopsied. To the best of our knowledge, no such system exists for hysteroscopy imaging.

The 2D real time navigation system for hysteroscopy imaging is based on a position sensor. The position sensor is attached at the upper part of the hysteroscope. It records the x, y, and z coordinates, and the three angles, azimuth, elevation and roll. The analog video output of the hysteroscopy camera is digitized using a frame grabber. Both the position sensor data and the corresponding video frames are inputted to the k KD-tree algorithm. The KD-tree is built, supporting also the post-exam navigation and searching.

The proposed system was evaluated in virtual endometrium models with very satisfactory results, both with respect to and the position sensor measurement errors, as well as with respect to the output of the k KD-tree algorithm. This system performance was very acceptable by the physician.

The 2D navigation system, combined with the ROI quantitative image analysis system will help the physician in gaining a better understanding of the tissue pathophysiology of the ROI under investigation, especially in the case of suspicious regions that need to be biopsied. More work is needed to investigate thoroughly the aforementioned two systems in the clinical context.

Corresponding Author: Elena Michael
Email: cs07me2@cs.ucy.ac.cy

Παράρτημα Γ

Στο Παράρτημα Γ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των διάφορων τρόπων που υλοποιήθηκαν με σκοπό την εφαρμογή του καλύτερου με σκοπό να εντοπίζεται η υστεροσκοπική εικόνα με τα κοντινότερα χαρακτηριστικά ως προς τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του τρέχοντος ερωτήματος

1^{ος} τρόπος:

Ο πρώτος τρόπος που υλοποιήθηκε με σκοπό τον εντοπισμό χρησιμοποιείται στο σύστημα μας είναι ως εξής: από όλες τις εγγραφές που έχουν καταγραφεί από το σύστημα πλοήγησης ενδομητρίου σε πραγματικό χρόνο, ξεχωρίζουμε τα χαρακτηριστικά θέσης υστεροσκοπίου, χ και ψ , και με βάσει αυτά δημιουργείται η κύρια δεντρική δομή δεδομένων με τη χρήση της τεχνικής Kd-tree. Όταν δημιουργηθεί ένα ερώτημα, τότε απομονώνουμε τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης, χ και ψ , και γίνεται αναζήτηση στην κύρια δεντρική δομή δεδομένων. Ως έξοδο από την αναζήτηση που γίνεται με τη χρήση συναρτήσεων της ανοικτής βιβλιοθήκης ANN, έχουμε τις τριάντα εγγραφές των οποίων τα χαρακτηριστικά, χ και ψ , έχουν την κοντινότερη ευκλείδεια απόσταση ως προς τα τρέχων χαρακτηριστικά θέσης, χ και ψ . Με βάσει τα χαρακτηριστικά αξιμούθιου και ανύψωσης των τριάντα εγγραφών δημιουργείται μία προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων με τη χρήση της τεχνικής Kd-tree, στην οποία γίνεται αναζήτηση, με τη χρήση συναρτήσεων της ανοικτής βιβλιοθήκης ANN, ως προς τα τρέχων χαρακτηριστικά αξιμούθιου και ανύψωσης. Ως έξοδο, έχουμε δεκαπέντε εγγραφές των οποίων τα χαρακτηριστικά, αξιμούθιου και ανύψωσης, έχουν την κοντινότερη ευκλείδεια απόσταση ως προς τα αντίστοιχα τρέχων χαρακτηριστικά. Ως τρίτο βήμα, δημιουργείται μια δεύτερη προσωρινή δεντρική δομή δεδομένων με το χαρακτηριστικό της περιστροφής των δεκαπέντε εγγραφών και γινόταν αναζήτηση σε αυτή με τη τιμή της περιστροφής. Ως έξοδο, έχουμε έξι εγγραφές των οποίων η τιμή της περιστροφής τους, έχει την κοντινότερη ευκλείδεια απόσταση ως προς την τιμή της περιστροφής του τρέχοντος ερωτήματος. Οι έξι υστεροσκοπικές εικόνες που αντιστοιχούν στις έξι τελευταίες εγγραφές παρουσιάζονται στην οθόνη του χρήστη.

Current query: (x, y, azimuth, elevation, roll) = (0, 0, 90, 0, 0)				
Current (x, y) = (0, 0)				
First 30 records with the nearest characteristics:				
N/N	Picture	X	Y	Error(Distance)
1.	0.jpg	0	0	0
2.	2.jpg	0	0	0
3.	3.jpg	0	0	0
4.	1.jpg	0	0	0
5.	5.jpg	0	-0.01116	0.01116
6.	11.jpg	0	-0.01116	0.01116
7.	10.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
8.	9.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
9.	8.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
10.	7.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
11.	6.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
12.	15.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
13.	16.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
14.	13.jpg	-0.0111625	-0.01116	0.0157844
15.	12.jpg	-0.0111625	-0.01116	0.0157844
16.	14.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
17.	17.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
18.	4.jpg	0	-0.02232	0.02232
19.	18.jpg	-0.27876	0.46916	0.545727
20.	19.jpg	-0.222947	0.55846	0.601318
21.	20.jpg	-0.200622	0.62544	0.656829
22.	23.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
23.	22.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
24.	24.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
25.	21.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
26.	27.jpg	-0.0889979	0.80404	0.808951
27.	25.jpg	-0.122485	0.80404	0.813316
28.	26.jpg	-0.10016	0.82636	0.832408
29.	29.jpg	-0.125981	0.82636	0.835908
30.	30.jpg	-0.125981	0.82636	0.835908

Current (azimuth, elevation) = (90, 0) First 15 records with the nearest characteristics:				
N/N	Picture	Azimuth	Elevation	Error(Distance)
1.	16.jpg	89.9808	0.0439467	0.0479578
2.	17.jpg	89.783	0.0219733	0.21811
3.	18.jpg	89.761	-0.175787	0.296685
4.	15.jpg	90.1566	0.285653	0.325762
5.	7.jpg	90.1785	0.417493	0.454051
6.	9.jpg	90.1785	0.417493	0.454051
7.	5.jpg	90.1785	0.439467	0.474335
8.	4.jpg	90.1785	0.439467	0.474335
9.	19.jpg	89.5413	-0.13184	0.477271
10.	3.jpg	90.1346	0.46144	0.48067
11.	6.jpg	90.2005	0.439467	0.483044
12.	14.jpg	90.1566	0.46144	0.487289
13.	0.jpg	90.1346	0.483413	0.501802
14.	2.jpg	90.1346	0.483413	0.501802
15.	1.jpg	90.1346	0.483413	0.501802

Current (roll) = (0) First 6 records with the nearest characteristics:			
N/N	Picture	Roll	Error(Distance)
1.	9.jpg	-0.505387	0.505387
2.	5.jpg	-0.505387	0.505387
3.	7.jpg	-0.505387	0.505387
4.	14.jpg	-0.505387	0.505387
5.	6.jpg	-0.505387	0.505387
6.	4.jpg	-0.52736	0.52736

2^{ος} τρόπος:

Μια δεύτερη παραλλαγή που υλοποιήθηκε με σκοπό την σύγκριση της απόδοσης και εγκυρότητας του συστήματος, ήταν η αφαίρεση των προσωρινών δεντρικών δομών που δημιουργούνταν ως δεύτερο και τρίτο στάδιο της αναζήτησης. Αυτή η διαδικασία αντικαταστάθηκε με τον υπολογισμό της Ευκλείδειας απόστασης των χαρακτηριστικών αζιμούθιου και ανύψωσης των τριάντα εγγραφών ως προς τις τιμές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών του τρέχοντος ερωτήματος και ταξινομήθηκαν με τον αλγόριθμο ταξινόμησης επιλογής. Στη συνέχεια γινόταν ταξινόμηση τις Ευκλείδειας απόστασης

μεταξύ της τιμής περιστροφής των δεκαπέντε εγγραφών των οποίων η Ευκλείδεια απόσταση των χαρακτηριστικών αζιμούθιου και ανύψωσης είχαν τις μικρότερες τιμές. Αφού γινόταν ταξινόμηση, οι έξι υστεροσκοπικές εικόνες των οποίων η ευκλείδεια απόσταση της τιμής της περιστροφής τους ως προς τη τιμή περιστροφής του τρέχοντος ερωτήματος αντιστοιχούσαν στις έξι μικρότερες τιμές, παρουσιάζονταν στο χρήστη. Η ίδια διαδικασία έχει γίνει και με κανονικοποιημένες τις τιμές των χαρακτηριστικών

Αποτελέσματα χωρίς κανονικοποιημένες τιμές των χαρακτηριστικών:

Current query: (x, y, azimuth, elevation, roll) = (0, 0, 90, 0, 0)				
Current (x, y) = (0, 0)				
First 30 records with the nearest characteristics:				
N/N	Picture	X	Y	Error(Distance)
1.	0.jpg	0	0	0
2.	2.jpg	0	0	0
3.	3.jpg	0	0	0
4.	1.jpg	0	0	0
5.	5.jpg	0	-0.01116	0.01116
6.	11.jpg	0	-0.01116	0.01116
7.	10.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
8.	9.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
9.	8.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
10.	7.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
11.	6.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
12.	15.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
13.	16.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
14.	13.jpg	-0.0111625	-0.01116	0.0157844
15.	12.jpg	-0.0111625	-0.01116	0.0157844
16.	14.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
17.	17.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
18.	4.jpg	0	-0.02232	0.02232
19.	18.jpg	-0.27876	0.46916	0.545727

20.	19.jpg	-0.222947	0.55846	0.601318
21.	20.jpg	-0.200622	0.62544	0.656829
22.	23.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
23.	22.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
24.	24.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
25.	21.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
26.	27.jpg	-0.0889979	0.80404	0.808951
27.	25.jpg	-0.122485	0.80404	0.813316
28.	26.jpg	-0.10016	0.82636	0.832408
29.	29.jpg	-0.125981	0.82636	0.835908
30.	30.jpg	-0.125981	0.82636	0.835908

Current (azimuth, elevation) = (90, 0)				
First 15 records with the nearest characteristics:				
N/N	Picture	Azimuth	Elevation	Error(Distance)
1.	16.jpg	89.9808	0.0439467	0.508145
2.	17.jpg	89.783	0.0219733	0.515316
3.	18.jpg	89.761	-0.175787	0.523343
4.	15.jpg	90.1566	0.285653	0.508145
5.	7.jpg	90.1785	0.417493	0.474335
6.	9.jpg	90.1785	0.417493	0.48067
7.	5.jpg	90.1785	0.439467	0.454051
8.	4.jpg	90.1785	0.439467	0.454051
9.	19.jpg	89.5413	-0.13184	0.552198
10.	3.jpg	90.1346	0.46144	0.325762
11.	6.jpg	90.2005	0.439467	0.474335
12.	14.jpg	90.1566	0.46144	0.501802
13.	1.jpg	90.1346	0.483413	0.21811
14.	2.jpg	90.1346	0.483413	0.296685
15.	0.jpg	90.1346	0.483413	0.0479578

Current (roll) = (0)			
First 6 records with the nearest characteristics:			
N/N	Picture	Roll	Error(Distance)
1.	9.jpg	-0.505387	0.505387
2.	5.jpg	-0.505387	0.505387
3.	6.jpg	-0.505387	0.505387
4.	7.jpg	-0.505387	0.505387
5.	14.jpg	-0.505387	0.505387
6.	4.jpg	-0.52736	0.52736

Αποτελέσματα με κανονικοποιημένες τιμές των χαρακτηριστικών:

Current query: (x, y, azimuth, elevation, roll) = (0, 0, 90, 0, 0)				
Current (x, y) = (0, 0)				
Normalization: (x, y) = (0.5, 0)				
First 30 records with the nearest characteristics:				
N/N	Picture	X	Y	Error(Distance)
1.	0.jpg	0.5	0	0
2.	2.jpg	0.5	0	0
3.	3.jpg	0.5	0	0
4.	1.jpg	0.5	0	0
5.	5.jpg	0.5	-0.00186	0.00186
6.	11.jpg	0.5	-0.00186	0.00186
7.	10.jpg	0.49814	0	0.00186042
8.	9.jpg	0.49814	0	0.00186042
9.	8.jpg	0.49814	0	0.00186042
10.	7.jpg	0.49814	0	0.00186042
11.	6.jpg	0.49814	0	0.00186042
12.	15.jpg	0.49814	0.00186	0.00263073
13.	16.jpg	0.49814	0.00186	0.00263073
14.	13.jpg	0.49814	-0.00186	0.00263073
15.	12.jpg	0.49814	-0.00186	0.00263073
16.	14.jpg	0.49814	0.00186	0.00263073
17.	17.jpg	0.49814	0.00186	0.00263073
18.	4.jpg	0.5	-0.00372	0.00372
19.	18.jpg	0.45354	0.0781933	0.0909545
20.	19.jpg	0.462842	0.0930767	0.10022

21.	20.jpg	0.466563	0.10424	0.109472
22.	23.jpg	0.474005	0.122843	0.125564
23.	22.jpg	0.474005	0.122843	0.125564
24.	24.jpg	0.474005	0.122843	0.125564
25.	21.jpg	0.474005	0.122843	0.125564
26.	27.jpg	0.485167	0.134007	0.134825
27.	25.jpg	0.479586	0.134007	0.135553
28.	26.jpg	0.483307	0.137727	0.138735
29.	29.jpg	0.479003	0.137727	0.139318
30.	30.jpg	0.479003	0.137727	0.139318

Current (azimuth, elevation) = (90, 0) Normalization (azimuth, elevation) = (0.5, 0.5) First 15 records with the nearest characteristics:				
N/N	Picture	Azimuth	Elevation	Error(Distance)
1.	16.jpg	0.499893	0.500244	0.00282303
2.	17.jpg	0.498794	0.500122	0.00286287
3.	18.jpg	0.498672	0.499023	0.00290746
4.	15.jpg	0.50087	0.501587	0.00282303
5.	7.jpg	0.500992	0.502319	0.00263519
6.	9.jpg	0.500992	0.502319	0.00267039
7.	5.jpg	0.500992	0.502441	0.00252251
8.	4.jpg	0.500992	0.502441	0.00252251
9.	19.jpg	0.497452	0.499268	0.00306776
10.	3.jpg	0.500748	0.502564	0.00180979
11.	6.jpg	0.501114	0.502441	0.00263519
12.	14.jpg	0.50087	0.502564	0.00278779
13.	1.jpg	0.500748	0.502686	0.00121172
14.	2.jpg	0.500748	0.502686	0.00164825
15.	0.jpg	0.500748	0.502686	0.000266432

Current (roll) = (0) Normalization (roll) = (0) First 6 records with the nearest characteristics:			
N/N	Picture	Roll	Error(Distance)
1.	9.jpg	-0.00140385	0.00140385
2.	5.jpg	-0.00140385	0.00140385
3.	6.jpg	-0.00140385	0.00140385
4.	7.jpg	-0.00140385	0.00140385
5.	14.jpg	-0.00140385	0.00140385
6.	4.jpg	-0.00146489	0.00146489

3^{ος} τρόπος:

Ως τρίτο τρόπο, γινόταν υπολογισμός της Ευκλείδειας απόστασης των χαρακτηριστικών αξιμούθιου, ανύψωσης και περιστροφής των τριάντα εγγραφών ως προς τις τιμές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών του τρέχοντος ερωτήματος και ταξινομήθηκαν με τον αλγόριθμο ταξινόμησης επιλογής. Ως έξοδο, έχουμε έξι εγγραφές των οποίων η τιμή της Ευκλείδειας απόστασης των χαρακτηριστικών αξιμούθιου, ανύψωσης και περιστροφής τους, έχει την κοντινότερη ευκλείδεια απόσταση ως προς τις τιμές των αντίστοιχων χαρακτηριστικών του τρέχοντος ερωτήματος. Οι έξι υστεροσκοπικές εικόνες που αντιστοιχούν στις έξι τελευταίες εγγραφές παρουσιάζονται στην οθόνη του χρήστη. Και αυτή η διαδικασία έγινε και με κανονικοποιημένες τιμές των χαρακτηριστικών.

Αποτελέσματα χωρίς κανονικοποιημένες τιμές των χαρακτηριστικών:

Current query: (x, y, azimuth, elevation, roll) = (0, 0, 90, 0, 0) First 30 records with the nearest characteristics:				
N/N	Picture	X	Y	Error(Distance)
1.	0.jpg	0	0	0
2.	2.jpg	0	0	0
3.	3.jpg	0	0	0
4.	1.jpg	0	0	0
5.	5.jpg	0	-0.01116	0.01116
6.	11.jpg	0	-0.01116	0.01116
7.	10.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
8.	9.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
9.	8.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
10.	7.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
11.	6.jpg	-0.0111625	0	0.0111625
12.	15.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
13.	16.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
14.	13.jpg	-0.0111625	-0.01116	0.0157844
15.	12.jpg	-0.0111625	-0.01116	0.0157844

16.	14.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
17.	17.jpg	-0.0111625	0.01116	0.0157844
18.	4.jpg	0	-0.02232	0.02232
19.	18.jpg	-0.27876	0.46916	0.545727
20.	19.jpg	-0.222947	0.55846	0.601318
21.	20.jpg	-0.200622	0.62544	0.656829
22.	23.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
23.	22.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
24.	24.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
25.	21.jpg	-0.155973	0.73706	0.753382
26.	27.jpg	-0.0889979	0.80404	0.808951
27.	25.jpg	-0.122485	0.80404	0.813316
28.	26.jpg	-0.10016	0.82636	0.832408
29.	29.jpg	-0.125981	0.82636	0.835908
30.	30.jpg	-0.125981	0.82636	0.835908

Current query: (azimuth, elevation, roll) = (90, 0, 0)					
First 30 records with the nearest characteristics:					
N/N	Picture	Azimuth	Elevation	Roll	Error(Distance)
1.	15.jpg	90.1566	0.285653	-0.571306	0.744024
2.	7.jpg	90.1785	0.417493	-0.505387	0.709297
3.	9.jpg	90.1785	0.417493	-0.505387	0.716678
4.	16.jpg	89.9808	0.0439467	-0.681173	0.748557
5.	5.jpg	90.1785	0.439467	-0.505387	0.699105
6.	6.jpg	90.2005	0.439467	-0.505387	0.702044

Αποτελέσματα με κανονικοποιημένες τιμές των χαρακτηριστικών:

Current query: (x, y, azimuth, elevation, roll) = (0, 0, 90, 0, 0) Current query: (x, y) = (0, 0) Normalization: (x, y) = (0.5, 0) First 30 records with the nearest characteristics:				
N/N	Picture	X	Y	Error(Distance)
1.	0.jpg	0.5	0	0
2.	2.jpg	0.5	0	0
3.	3.jpg	0.5	0	0
4.	1.jpg	0.5	0	0
5.	5.jpg	0.5	-0.00186	0.00186
6.	11.jpg	0.5	-0.00186	0.00186
7.	10.jpg	0.49814	0	0.00186042
8.	9.jpg	0.49814	0	0.00186042
9.	8.jpg	0.49814	0	0.00186042
10.	7.jpg	0.49814	0	0.00186042
11.	6.jpg	0.49814	0	0.00186042
12.	15.jpg	0.49814	0.00186	0.00263073
13.	16.jpg	0.49814	0.00186	0.00263073
14.	13.jpg	0.49814	-0.00186	0.00263073
15.	12.jpg	0.49814	-0.00186	0.00263073
16.	14.jpg	0.49814	0.00186	0.00263073
17.	17.jpg	0.49814	0.00186	0.00263073
18.	4.jpg	0.5	-0.00372	0.00372
19.	18.jpg	0.45354	0.0781933	0.0909545
20.	19.jpg	0.462842	0.0930767	0.10022
21.	20.jpg	0.466563	0.10424	0.109472
22.	23.jpg	0.474005	0.122843	0.125564
23.	22.jpg	0.474005	0.122843	0.125564
24.	24.jpg	0.474005	0.122843	0.125564
25.	21.jpg	0.474005	0.122843	0.125564

26.	27.jpg	0.485167	0.134007	0.134825
27.	25.jpg	0.479586	0.134007	0.135553
28.	26.jpg	0.483307	0.137727	0.138735
29.	29.jpg	0.479003	0.137727	0.139318
30.	30.jpg	0.479003	0.137727	0.139318

Current query: (azimuth, elevation, roll) = (90, 0, 0)

Normalization (azimuth, elevation, roll) = (0.5, 0.5, 0)

First 6 records with the nearest characteristics:

N/N	Picture	Azimuth	Elevation	Roll	Error(Distance)
1.	16.jpg	0.499893	0.500244	-0.00189215	0.00321588
2.	17.jpg	0.498794	0.500122	-0.00207526	0.00322864
3.	15.jpg	0.50087	0.501587	-0.00158696	0.00317808
4.	18.jpg	0.498672	0.499023	-0.00219733	0.00337372
5.	9.jpg	0.500992	0.502319	-0.00140385	0.00304951
6.	7.jpg	0.500992	0.502319	-0.00140385	0.00301499

4^{ος} τρόπος:

Τέλος, υλοποιήθηκε και η πιο κάτω διαδικασία με σκοπό εύρεση της υστεροσκοπικής εικόνας ως προς τα χαρακτηριστικά του ερωτήματος και σε σχέση με τους προηγούμενους τρόπους ήταν η πιο απλή σε πλευρά υλοποίησης. Ως τέταρτο τρόπο, η κύρια δεντρική δομή δεδομένων δημιουργούταν με όλα τα χαρακτηριστικά των εγγραφών, δηλαδή χ , ψ , αζιμούθιου, ανύψωση και περιστροφή. Γινόταν αναζήτηση στην κύρια δεντρική δομή με όλα τα χαρακτηριστικά του τρέχοντος ερωτήματος με τη χρήση συναρτήσεων της ανοικτής βιβλιοθήκης ANN και ως έξοδο έχουμε τις έξι υστεροσκοπικές εικόνες των οποίων τα χαρακτηριστικά είναι τα πλησιέστερα ως προς τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του τρέχοντος ερωτήματος.

Αποτελέσματα χωρίς κανονικοποιημένες τιμές των χαρακτηριστικών:

Current query: (x, y, azimuth, elevation, roll) = (0, 0, 90, 0, 0)							
N/N	Picture	X	Y	Azimuth	Elevation	Roll	Error(Distance)
1.	4.jpg	0	49.7768	90.1785	0.439467	-0.52736	49.7768
2.	11.jpg	0	49.8884	90.1566	0.483413	-0.505387	49.8884

3.	5.jpg	0	49.8884	90.1785	0.439467	-0.505387	49.8884
4.	12.jpg	-0.111625	49.8884	90.2005	0.483413	-0.505387	49.8885
5.	13.jpg	-0.111625	49.8884	90.2225	0.505387	-0.505387	49.8885
6.	0.jpg	0	50	90.1346	0.483413	-0.549333	50
7.	1.jpg	0	50	90.1346	0.483413	-0.549333	50
8.	2.jpg	0	50	90.1346	0.483413	-0.549333	50
9.	3.jpg	0	50	90.1346	0.46144	-0.549333	50
10.	6.jpg	-0.111625	50	90.2005	0.439467	-0.505387	50.0001
11.	10.jpg	-0.111625	50	90.1566	0.483413	-0.505387	50.0001
12.	8.jpg	-0.111625	50	90.1785	0.483413	-0.52736	50.0001
13.	7.jpg	-0.111625	50	90.1785	0.417493	-0.505387	50.0001
14.	9.jpg	-0.111625	50	90.1785	0.417493	-0.505387	50.0001
15.	15.jpg	-0.111625	50.1116	90.1566	0.285653	-0.571306	50.1117
16.	16.jpg	-0.111625	50.1116	89.9808	0.0439467	-0.681173	50.1117
17.	14.jpg	-0.111625	50.1116	90.1566	0.46144	-0.505387	50.1117
18.	17.jpg	-0.111625	50.1116	89.783	0.0219733	-0.747093	50.1117
19.	18.jpg	-2.7876	54.6916	89.761	-0.175787	-0.79104	54.7626
20.	19.jpg	-2.22947	55.5846	89.5413	-0.13184	-0.769066	55.6293
21.	20.jpg	-2.00622	56.2544	89.3875	-0.241707	-0.747093	56.2902
22.	23.jpg	-1.55973	57.3706	89.2557	-0.417493	-0.703146	57.3918
23.	22.jpg	-1.55973	57.3706	89.2996	-0.417493	-0.72512	57.3918
24.	24.jpg	-1.55973	57.3706	89.2557	-0.483413	-0.703146	57.3918
25.	21.jpg	-1.55973	57.3706	89.3655	-0.351573	-0.703146	57.3918
26.	27.jpg	-0.889979	58.0404	89.0359	-0.0878933	-0.52736	58.0472
27.	25.jpg	-1.22485	58.0404	89.2337	-0.373547	-0.681173	58.0533
28.	36.jpg	-5.16235	57.9321	88.3767	-0.769066	-0.307627	58.1617
29.	37.jpg	-5.16235	57.9321	88.135	-0.505387	-0.351573	58.1617
30.	38.jpg	-5.16235	57.9321	87.8494	-0.46144	-0.417493	58.1617

Αποτελέσματα με κανονικοποιημένες τιμές των χαρακτηριστικών:

Current query: (x, y, azimuth, elevation, roll) = (0, 0, 90, 0, 0)							
Normalization query: (x, y, azimuth, elevation, roll) = (0.5, 0, 0.5, 0.5, 0)							
N/N	Picture	X	Y	Azimuth	Elevation	Roll	Error(Distance)
1.	0.jpg	0.5	0	0.500748	0.502686	-0.00152592	0
2.	2.jpg	0.5	0	0.500748	0.502686	-0.00152592	0
3.	3.jpg	0.5	0	0.500748	0.502564	-0.00152592	0
4.	1.jpg	0.5	0	0.500748	0.502686	-0.00152592	0
5.	5.jpg	0.5	-0.00186	0.500992	0.502441	-0.00140385	0.00186
6.	11.jpg	0.5	-0.00186	0.50087	0.502686	-0.00140385	0.00186
7.	10.jpg	0.49814	0	0.50087	0.502686	-0.00140385	0.00186042
8.	9.jpg	0.49814	0	0.500992	0.502319	-0.00140385	0.00186042
9.	8.jpg	0.49814	0	0.500992	0.502686	-0.00146489	0.00186042
10.	7.jpg	0.49814	0	0.500992	0.502319	-0.00140385	0.00186042
11.	6.jpg	0.49814	0	0.501114	0.502441	-0.00140385	0.00186042
12.	15.jpg	0.49814	0.00186	0.50087	0.501587	-0.00158696	0.00263073
13.	16.jpg	0.49814	0.00186	0.499893	0.500244	-0.00189215	0.00263073
14.	13.jpg	0.49814	-0.00186	0.501236	0.502808	-0.00140385	0.00263073
15.	12.jpg	0.49814	-0.00186	0.501114	0.502686	-0.00140385	0.00263073
16.	14.jpg	0.49814	0.00186	0.50087	0.502564	-0.00140385	0.00263073
17.	17.jpg	0.49814	0.00186	0.498794	0.500122	-0.00207526	0.00263073
18.	4.jpg	0.5	-0.00372	0.500992	0.502441	-0.00146489	0.00372
19.	18.jpg	0.45354	0.0781933	0.498672	0.499023	-0.00219733	0.0909545
20.	19.jpg	0.462842	0.0930767	0.497452	0.499268	-0.00213629	0.10022
21.	20.jpg	0.466563	0.10424	0.496597	0.498657	-0.00207526	0.109472
22.	23.jpg	0.474005	0.122843	0.495865	0.497681	-0.00195318	0.125564
23.	22.jpg	0.474005	0.122843	0.496109	0.497681	-0.00201422	0.125564
24.	24.jpg	0.474005	0.122843	0.495865	0.497314	-0.00195318	0.125564
25.	21.jpg	0.474005	0.122843	0.496475	0.498047	-0.00195318	0.125564
26.	27.jpg	0.485167	0.134007	0.494644	0.499512	-0.00146489	0.134825
27.	25.jpg	0.479586	0.134007	0.495743	0.497925	-0.00189215	0.135553
28.	26.jpg	0.483307	0.137727	0.495254	0.498169	-0.00183111	0.138735
29.	29.jpg	0.479003	0.137727	0.494644	0.500366	-0.00122074	0.139318
30.	30.jpg	0.479003	0.137727	0.4944	0.5	-0.0011597	0.139318