



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

«Σύστημα ανίχνευσης προσέγγισης μεταλλικού αντικειμένου σε κρίσιμη απόσταση από σηματοδοτημένο σημείο σε βιολογικό ιστό»

Χαραλάμπου Ιωάννα

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υπεύθυνος

Κακαρούντας Αθανάσιος

Λαμία, 2018



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ
ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

«Σύστημα ανίχνευσης προσέγγισης μεταλλικού αντικειμένου σε κρίσιμη απόσταση από σηματοδοτημένο σημείο σε βιολογικό ιστό»

Χαραλάμπου Ιωάννα

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υπεύθυνος

Κακαρούντας Αθανάσιος

Λαμία, 2018

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις ⁽¹⁾, που προβλέπονται από της διατάξεις της παρ. 6 του άρθρου 22 του Ν. 1599/1986, δηλώνω ότι:

1. Δεν παραθέτω κομμάτια βιβλίων ή άρθρων ή εργασιών άλλων αυτολεξεί **χωρίς να τα περικλείω σε εισαγωγικά** και χωρίς να αναφέρω το συγγραφέα, τη χρονολογία, τη σελίδα. Η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά χωρίς αναφορά στην πηγή, είναι λογοκλοπή. Πέραν της αυτολεξεί παράθεσης, λογοκλοπή θεωρείται και η παράφραση εδαφίων από έργα άλλων, συμπεριλαμβανομένων και έργων συμφοιτητών μου, καθώς και η παράθεση στοιχείων που άλλοι συνέλεξαν ή επεξεργάστηκαν, χωρίς αναφορά στην πηγή. Αναφέρω πάντοτε με πληρότητα την πηγή κάτω από τον πίνακα ή σχέδιο, όπως στα παραθέματα.
2. Δέχομαι ότι η αυτολεξεί **παράθεση χωρίς εισαγωγικά**, ακόμα κι αν συνοδεύεται από αναφορά στην πηγή σε κάποιο άλλο σημείο του κειμένου ή στο τέλος του, είναι αντιγραφή. Η αναφορά στην πηγή στο τέλος π.χ. μιας παραγράφου ή μιας σελίδας, δεν δικαιολογεί συρραφή εδαφίων έργου άλλου συγγραφέα, έστω και παραφρασμένων, και παρουσίασή τους ως δική μου εργασία.
3. Δέχομαι ότι υπάρχει επίσης περιορισμός στο μέγεθος και στη συχνότητα των παραθεμάτων που μπορώ να εντάξω στην εργασία μου εντός εισαγωγικών. Κάθε μεγάλο παράθεμα (π.χ. σε πίνακα ή πλαίσιο, κλπ), προϋποθέτει ειδικές ρυθμίσεις, και όταν δημοσιεύεται προϋποθέτει την άδεια του συγγραφέα ή του εκδότη. Το ίδιο και οι πίνακες και τα σχέδια
4. Δέχομαι όλες τις συνέπειες σε περίπτωση λογοκλοπής ή αντιγραφής.

Ημερομηνία: 26/09/2018

Η δηλούσα

Χαραλάμπου Ιωάννα

(1) «Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση του άρθρου 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων σκόπευε να προσπορίσει στον εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετών.

**«Σύστημα ανίχνευσης προσέγγισης μεταλλικού αντικειμένου σε
κρίσιμη απόσταση από σηματοδοτημένο σημείο σε βιολογικό
ιστό»**

Χαραλάμπου Ιωάννα

Τριμελής Επιτροπή:

Αθανάσιος Κακαρούντας, Επίκουρος Καθηγητής (επιβλέπων)

Ιωάννης Αναγνωστόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Χαρίλαος Σανδαλίδης, Επίκουρος Καθηγητής

Περίληψη

Χαρακτηριστικό της εποχής μας είναι η συνεχής και ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας. Πολλοί τομείς έχουν εξελιχθεί σημαντικά, ένας από αυτούς είναι και η ιατρική. Όσο και να έχει εξελιχθεί όμως υπάρχουν πάντα κάποια περιθώρια βελτίωσης.

Μία ιατρική μέθοδος θεραπείας είναι η μέθοδος της δεικτοδότησης. Με αυτή δεικτοδοτείται μία περιοχή στόχος η οποία πρέπει να αφαιρεθεί. Πολλές φορές όμως η διαδικασία της αφαίρεσης είναι λίγο ριψοκίνδυνη καθώς ο χειρουργός μπορεί να κάνει μία λάθος τομή διότι δε γνωρίζει την ακριβή θέση της περιοχής στόχου. Στην παρούσα εργασία λοιπόν υλοποιήθηκε ένα σύστημα το οποίο έχει ως στόχο να βοηθήσει τους χειρουργούς να υπολογίζουν ευκολότερα πόσο απέχουν από το δεικτοδοτημένο σημείο. Το σύστημα έχει βασιστεί σε ένα φυσικό φαινόμενο, το φαινόμενο Hall και στις παραμαγνητικές ιδιότητες του νυστεριού. Για την υλοποίηση επιλέχθηκε ο αισθητήρας-μαγνητόμετρο MAG3110 καθώς είχε καλύτερα αποτελέσματα στις μετρήσεις από άλλους αισθητήρες.

Μια εγκατάσταση 4 πανομοιότυπων αισθητήρων τοποθετούνται περιμετρικά του δεικτοδοτημένου σημείου και μετράται η μαγνήτιση. Η τιμές στις εξόδους των μαγνητόμετρων, μας δίνουν τη θέση του νυστεριού σε σχέση με το σημείο αναφοράς/δείκτη.

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι υπάρχει ικανοποιητική ακρίβεια στην ανίχνευση της θέσης και γίνεται πρώτη φορά αναφορά σε ένα νέο εργαλείο υποβοήθησης σε ενέργειες που αφορούν την δεικτοδότηση σε βιολογικό ιστό.

Λέξεις κλειδιά: δεικτοδότηση, περιοχή στόχος, απόσταση, φαινόμενο Hall

Abstract

Characteristic of our time is the continuous and rapid development of technology. Many areas have evolved considerably; one of them is medicinal technology. But no matter how evolved it is, there is always room for improvement.

A medical treatment method is the localization method. This method indicates a target area to be removed. However, many times the removal process can be a bit risky because the surgeon would have no assisting tools, thus having an increased risk to make a wrong cut considering that he does not know the exact location of the target area. In this thesis, a system has been implemented that aims to help surgeons to calculate more easily how far they are away from the index point. The system has been based on a physical effect, the Hall effect and the paramagnetic properties of the scalpel. For the implementation, the MAG3110 sensor-magnetometer was used as it had better results in the measurements than other sensors.

An installation of 4 identical sensors is placed on the perimeter of a virtual circle around the localized area and the magnetization is measured. The output values of the magnetometers give us the position of the scalpel relatively to the targeted/localized area. Measurements have shown that there is sufficient accuracy in the position detection and this is the first time that a new tool to assist in bio-localization actions is referenced.

Key words: localization, target area, distance, Hall effect

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές και ιδιαίτερα τον κύριο Κακαρούντα που με βοήθησε να φέρω εις πέρας αυτήν την εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου που μου συμπαραστάθηκαν σε όλη τη διάρκεια της φοιτητικής μου ζωής.

Περιεχόμενα

Περίληψη	i
Abstract	ii
Ευχαριστίες	iii
1. Εισαγωγή.....	2
1.1 Κίνητρο, σκοπός και στόχος πτυχιακής εργασίας.....	2
2. Εφαρμογές δεικτοδότησης σε βιολογικό ιστό	4
2.1 Για ποιο λόγο γίνεται δεικτοδότηση και πως.....	4
2.2 Εφαρμογές.....	7
2.2.1 Καρκίνος του μαστού.....	7
2.2.2 Καρκίνος του πνεύμονα	9
3. Τεχνολογικές λύσεις για την αξιοποίηση δεικτοδότησης σε βιολογικό ιστό	12
3.1 Αξονική τομογραφία.....	12
3.2 Μαγνητική τομογραφία	13
3.3 Μαστογραφία.....	15
3.4 Υπέρηχος.....	16
4. Προτεινόμενη προσέγγιση	18
5. Ανάλυση απαιτήσεων	20
5.1 Λειτουργικές απαιτήσεις:.....	20
5.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις	21
5.3 Περίπτωση χρήσης.....	21
6. Σχεδίαση συστήματος	22
6.1 Τοπολογία Συστήματος.....	22
6.2 Φυσικό μέγεθος μέτρησης και φαινόμενο Hall	23
6.3 Αισθητήρες	24
6.3.1 Αισθητήρες Hall.....	24
6.3.2 Μαγνητόμετρο	24
6.4 Ενεργοποιητές.....	25
6.4.1 Φωτοдиодος (LED).....	25
6.4.2 Ηχείο	26
6.5 Επικοινωνία.....	26

6.6 Εντοπισμός θέσης	27
7. Υλοποίηση του συστήματος	28
7.1 Επιλογή δομικών στοιχείων	28
7.2 Σύνδεση στοιχείων συστήματος	28
7.3 Εντοπισμός θέσης	29
7.3.1 Επίπεδο	30
7.3.2 1cm πάνω	31
7.3.3 2cm πάνω	33
7.3.4 3cm πάνω	34
7.4 Λογισμικό εφαρμογής.....	35
7.5 Υλοποίηση συστήματος.....	37
7.6 Περιγραφή λειτουργίας συστήματος	38
8. Αξιολόγηση.....	40
8.1 Μέτρηση της ικανότητας ανίχνευσης της αλλοίωσης του μαγνητικού πεδίου από μεταλλικό αντικείμενο	40
8.2 Μέτρηση της ικανότητας ανίχνευσης της αλλοίωσης του μαγνητικού πεδίου από μεταλλικό αντικείμενο σε βιολογικό ιστό	41
8.3 Μέτρηση με την προτεινόμενη διάταξη.....	42
8.3.1 Μακριά από το δείκτη.....	42
8.3.2 Στα 2cm κατακόρυφα από το δείκτη	43
8.3.3 Στο 1cm δεξιά από το δείκτη	44
8.4 Προτεινόμενες περιοχές ενδιαφέροντος	46
9. Συμπεράσματα	48
Βιβλιογραφία	49
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	52
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	58

Εικόνα 1: Άγγιστρο και βελόνα (A.R. Gafton, , S.M. Cohen, J.D. Eastwood, M.K. Dang, and J.K. Hoang)	5
Εικόνα 2: Είδη δεικτών (Andreas H. Mahnken, Kai E. Wilhelm, Jens Ricke)	6
Εικόνα 3: Μαστεκτομή (Mayo Clinic)	8

Σύστημα ανίχνευσης προσέγγισης μεταλλικού αντικειμένου σε κρίσιμη απόσταση
από σηματοδοτημένο σημείο σε βιολογικό ιστό

Εικόνα 4: Εγχείρηση με δεικτοδότηση	8
Εικόνα 5: Τύποι εγχείρησης καρκίνου του πνεύμονα (Cancer Research UK)	9
Εικόνα 6: Βιντεο-υποβοηθούμενη θωρακοσκοπική χειρουργική (Cancer Research UK)	10
Εικόνα 7: Διάμεση στερνοτομή (Wikipedia)	11
Εικόνα 8: Μασχαλαία θωρακοτομή (TeachMeSurgery)	11
Εικόνα 9: Αξονικός τομογράφος (Bupa)	12
Εικόνα 10: Μαγνητικός τομογράφος (Medventura)	14
Εικόνα 11: Μαστογραφική μονάδα (Medcare)	15
Εικόνα 12: Υπέρηχος (ScienceABC)	16
Εικόνα 13: Τοπολογία συστήματος- η σύσταση του από τα τρία βασικά υποσυστήματα	22
Εικόνα 14: Φαινόμενο Hall	23
Εικόνα 15: Φωτοδίοδος (Wikipedia)	25
Εικόνα 16: Περιγραφή ηχείου. 1.Μαγνήτης, 2. Φωνητικό πηνίο, 3. Ανάρτηση, 4. Διάφραγμα (Wikipedia)	26
Εικόνα 17: Επίπεδα αναφοράς από το δείκτη.	27
Εικόνα 18: Σύνδεση του Arduino με το μαγνητόμετρο	29
Εικόνα 19: Συνάρτηση setup()	36
Εικόνα 20: Ανάγνωση δεδομένων	36
Εικόνα 21: Αρχικοποίηση πολυπλέκτη	37
Εικόνα 22: Υλοποίηση συστήματος	38
Εικόνα 23: Μέτρηση μαγνήτισης όταν προσεγγίζεται ο δείκτης εντός βιολογικούς ιστού από διαφορετικούς άξονες.	41
Εικόνα 24: Σημείο εισόδου του μεταλλικού αντικειμένου, πάνω αριστερά και μακριά (3 cm ύψος και 3 cm στους άξονες x και y)	42
Εικόνα 25: Σημείο εισόδου του μεταλλικού αντικειμένου, ακριβώς 2 cm κατακόρυφα πάνω από το σημείο δείκτη	43
Εικόνα 26: Σημείο εισόδου του μεταλλικού αντικειμένου, πάνω δεξιά (1 cm ύψος και 1 cm στα δεξιά -άξονας x)	45
Εικόνα 27: Περιοχές προειδοποίησης και κινδύνου	46
Πίνακας 1: Λειτουργικές απαιτήσεις	20
Πίνακας 2: Μη λειτουργικές απαιτήσεις	21
Πίνακας 3: A1	30
Πίνακας 4: A2	30
Πίνακας 5: A3	31
Πίνακας 6: A4	31
Πίνακας 7: A5	31
Πίνακας 8: A6	32
Πίνακας 9: A7	32

Πίνακας 10: A8	32
Πίνακας 11: A9	33
Πίνακας 12: A10	33
Πίνακας 13: A11	33
Πίνακας 14: A12	34
Πίνακας 15: A13	34
Πίνακας 16: A14	34
Πίνακας 17: A15	35
Πίνακας 18: A16	35
Πίνακας 19: Μέτρηση μαγνήτισης (x,y,z) από το μαγνητόμετρο σε σχέση με το σημείο αναφοράς	40
Πίνακας 20: Περιοχή προσδιορισμού προειδοποίησης	44
Πίνακας 21: Περιοχή προσδιορισμού κινδύνου	45

1. Εισαγωγή

Το γεγονός που χαρακτηρίζει την εποχή στην οποία ζούμε είναι η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας. Αυτή η ανάπτυξη της τεχνολογίας και των υπηρεσιών της έχει βοηθήσει τον άνθρωπο σε πολλούς τομείς της καθημερινότητάς του. Παραδείγματα είναι η ιατρική, η εκπαίδευση ακόμα και η εύρεση εργασίας. Παράλληλα όμως με την τεχνολογία υπάρχει και μεγάλη πρόοδος στην επιστήμη της φυσικής, και πολλές από αυτές τις ανακαλύψεις έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη της ιατρικής.

Συγκεκριμένα η ανάπτυξη της τεχνολογίας βοήθησε στον εκσυγχρονισμό των ιατρικών μηχανημάτων καθιστώντας τα έτσι πιο έμπιστα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Σημαντικό είναι όμως και το ότι έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες όπως η τηλεϊατρική και οι τεχνολογίες απεικόνισης. Αυτές οι τεχνολογίες βοηθάνε στη διάγνωση, την πρόληψη ακόμα και τη θεραπεία εξ αποστάσεως.

Επίσης όπως προαναφέρθηκε ο συνδυασμός της φυσικής με την τεχνολογία έχει υπάρξει σημαντικός παράγοντας για την εξέλιξη της ιατρικής. Ένα παράδειγμα είναι η ανακάλυψη των ακτίνων X οι οποίες πλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να γίνει η ανίχνευση μίας ασθένειας, όπως να προσδιοριστεί μία κακοήθης ασθένεια ή ένας καρκινικός όγκος. Με παρόμοιο τρόπο, άλλα φυσικά φαινόμενα ή τεχνολογίες θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στο χώρο της ιατρικής προκειμένου να δημιουργηθούν νέα εργαλεία.

Μια ειδική κατηγορία δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την ιατρική, είναι αυτές οι οποίες προϋποθέτουν την πρότερη δεικτοδότηση ενός σημείου σε βιολογικό ιστό. Οποιαδήποτε ενέργεια στη συνέχεια που αφορά αυτό το σημείο, απαιτεί τη γνώση εκ μέρους του ιατρού ή ακτινολόγου, του σημείου στον τρισδιάστατο χώρο. Συνεπώς εργαλεία που θα διευκολύνουν τέτοιες ενέργειες είναι σημαντικό να αναπτυχθούν.

1.1 Κίνητρο, σκοπός και στόχος πτυχιακής εργασίας

Ωστόσο, όση πρόοδος και να έχει γίνει στην ιατρική υπάρχουν πάντα περιθώρια βελτίωσης, τόσο σε θέματα διάγνωσης όσο και σε θέματα θεραπείας. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχει η ανάγκη για διευκόλυνση των ενεργειών που αφορούν δεικτοδοτημένα σημεία και με αυτή την ανάγκη ασχολείται η παρούσα πτυχιακή εργασία

Ενδεικτικά η εγχείρηση καρκινικού όγκου είναι μία ριψοκίνδυνη και αβέβαιη διαδικασία. Αυτό συμβαίνει διότι αν γίνει κάποια λάθος τομή σε καρκινικά κύτταρα τότε υπάρχει η πιθανότητα να γίνει μετάσταση του καρκίνου. Σε κάποιες περιπτώσεις πριν από την εγχείρηση ακολουθείται μία διαδικασία κατά την οποία δεικτοδοτείται ο όγκος με ένα άγκιστρο. Αυτό βοηθάει τον χειρουργό στο να υπολογίσει πόσο περιθώριο έχει περίπου για να κάνει τομή. Αυτό όμως δεν εξαλείφει πλήρως τον

κίνδυνο. Το σύστημα, που υλοποιείται στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, βασίζεται πάνω στη δεικτοδότηση και έχει ως στόχο, μέσω ενός φυσικού φαινομένου, να βοηθήσει τους χειρουργούς να υπολογίζουν πόσο απέχουν από το δεικτοδοτημένο σημείο. Υπάρχουν και άλλες ενέργειες που θα μπορούσε να κάνει κάποιος ειδικός σε ένα δεικτοδοτημένο σημείο, και για τις οποίες θα χρειαστεί τη γνώση της απόστασης.

Η πτυχιακή εργασία έχει δομηθεί σύμφωνα με τα παρακάτω. Στο κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά στους λόγους για τους οποίους γίνεται η δεικτοδότηση καθώς και στις κύριες εφαρμογές της. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται περιγραφή των τρόπων με τους οποίους πραγματοποιείται η δεικτοδότηση. Στο κεφάλαιο 4 γίνεται μία γενική περιγραφή του συστήματος που υλοποιείται. Στο κεφάλαιο 5 αναλύονται οι απαιτήσεις του συστήματος. Στο κεφάλαιο 6 περιγράφεται η τοπολογία του συστήματος, τα δομικά χαρακτηριστικά αυτού καθώς επίσης και το φυσικό φαινόμενο Hall στο οποίο έχει βασιστεί το σύστημα. Τέλος στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία που επιλέχθηκαν, και επιπλέον η συνδεσμολογία και το υλοποιημένο σύστημα.

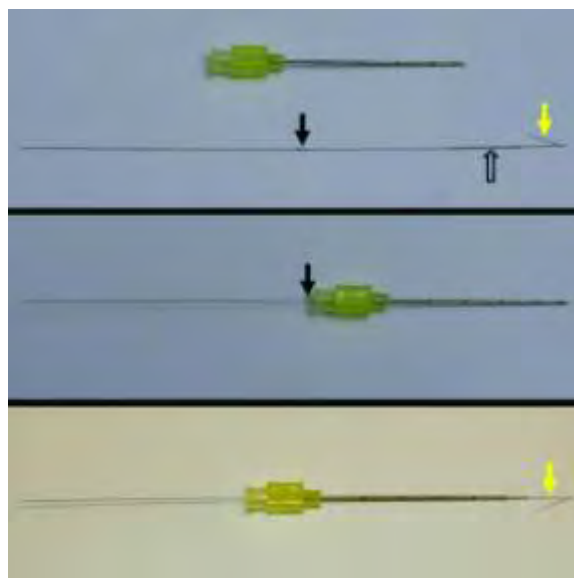
2. Εφαρμογές δεικτοδότησης σε βιολογικό ιστό

Με τον όρο δεικτοδότηση στην ιατρική αναφερόμαστε στην απομόνωση κάποιου συγκεκριμένου σημείου του ανθρώπινου σώματος. Η κύρια χρήση της είναι η απομόνωση και αφαίρεση όγκων. Η προεγχειρτική δεικτοδότηση χωρίζεται σε αρκετά είδη, κάποια από αυτά είναι η σήμανση με άνθρακα, ραδιοκατευθυνόμενος εντοπισμός κρυφών ογκιδίων και η δεικτοδότηση με άγκιστρο με την οποία θα ασχοληθούμε σε αυτήν την εργασία.

2.1 Για ποιο λόγο γίνεται δεικτοδότηση και πως

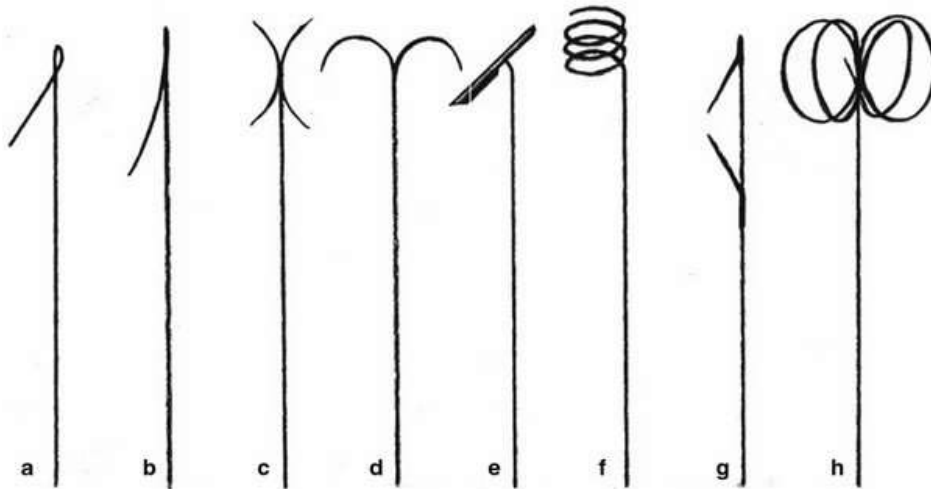
Η τεχνική της δεικτοδότησης άρχισε να γίνεται γνωστή το 1991. Αρχικά χρησιμοποιούταν για την επισήμανση μικρών στόχων όπως λεμφαδένες, νευροϊνώσεις ή ξένα αντικείμενα σε διάφορες θέσεις του σώματος. Η δεικτοδότηση πλέον είναι πιο συνηθισμένη στον καρκίνο του πνεύμονα και τον καρκίνο του μαστού. Ο εντοπισμός των όγκων γίνεται με την καθοδήγηση της μαστογραφίας, της μαγνητικής τομογραφίας και της αξονικής τομογραφίας. Η δεικτοδότηση με τη βοήθεια της μαγνητικής είναι αρκετά περίπλοκη, αλλά πολύ χρήσιμη, ιδιαίτερα στο μαστό, σπανιότερα χρησιμοποιείται και στο συκώτι αν είναι δύσκολο να ταυτοποιηθεί μία βλάβη με τις τυπικές απεικονιστικές μεθόδους. Το 10-39% των ανιχνευθέντων όγκων είναι ορατό μόνο με μαγνητική, καθιστώντας έτσι αναπόφευκτη τη μαγνητική σήμανση ή την καθοδήγηση.

Το υλικό σήμανσης, ή αλλιώς δείκτης, ο οποίος για παράδειγμα μπορεί να είναι ένα συρμάτινο άγκιστρο, εισάγεται μέσω μίας διασωληνωμένης βελόνας διάτρησης. Η βελόνα πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο λεπτή, αλλά θα πρέπει να ανιχνεύεται και εύκολα από την τεχνική απεικόνισης που χρησιμοποιείται χωρίς να επηρεάζεται πολύ η εικόνα. Η βελόνα είναι απαραίτητο να είναι λεπτή γιατί μπορεί να προκύψουν επιπλοκές λόγω της διαμέτρου της.



Εικόνα 1: Αγγιστρο και βελόνα (A.R. Gafton, , S.M. Cohen, J.D. Eastwood, M.K. Dang, and J.K. Hoang)

Ο δείκτης θα πρέπει ιδανικά να καταστήσει την περιοχή-στόχο ορατή ή αισθητή, όμως ορισμένοι διαθέσιμοι δείκτες είναι ανιχνεύσιμοι μόνο υπό φθοροσκόπηση. Σήμερα χρησιμοποιούνται συρμάτινα συστήματα (πχ. X, σπείρα και γάντζος), πηνία πλατίνας, σφαίρες τανταλίου, μπλε του μεθυλενίου, λιπιδόλη, αιώρημα βαρίου ή άγαρ. Οι συρμάτινοι δείκτες αποτελούνται από μεταβλητά υλικά (ανοξειδωτο χάλυβα, νιτινόλη κ.λπ.). Επίσης ποικίλλουν και τα σχέδιά τους. Η επιλογή του δείκτη γίνεται ανάλογα με τον ιστό στον οποίο πρέπει να γίνει η σήμανση. Ως υλικό σήμανσης, αν και δε συνηθίζονται, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μεταλλικά σπιδάλ ή πηνία πλατίνης, διότι μετά την τοποθέτησή τους δεν αφήνονται τμήματα έξω από το σώμα, έτσι ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος διαταραχής του δείκτη.



Εικόνα 2: Είδη δεικτών (Andreas H. Mahnken, Kai E. Wilhelm, Jens Ricke)

Τα σφαιρίδια τανταλίου είναι ορατά μόνο με ακτινοσκόπηση, άρα κατά τη χειρουργική αφαίρεση της περιοχής στόχου είναι απαραίτητη η χρήση του C-arm για προσανατολισμό. Οι υγροί δείκτες εγχύνονται μέσω της βελόνας διάτρησης. Το πρόβλημα εδώ είναι η διάχυση του υλικού στον παρακείμενο ιστό και η αποστράγγιση των λεμφαδένων, έτσι καθιστάται απαραίτητη η πρόωρη χειρουργική εμέμβαση μετά την τοποθέτηση του δείκτη. Εξαιρεση αποτελεί το βάριο το οποίο συνήθως παραμένει σταθερό στον ιστό.

Η τεχνική εντοπισμού, παραδείγματος χάριν πιθανών όγκων, ακολουθεί μία συγκεκριμένη διαδικασία ανεξάρτητα από τη μορφή απεικόνισης που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Τα βήματά της είναι τα εξής:

- Τεκμηρίωση προβλήματος (υπερηχογράφημα, CT, MRI)
- Σχεδιασμός πρόσβασης η οποία θα έχει τον χαμηλότερο κίνδυνο
- Νάρκωση
- Αποστηρωμένη κάλυψη, τοπική αναισθησία
- Παρεμβολή τοπικού εντοπισμού (π.χ. με CT)
- Τεκμηρίωση της κατάλληλης θέσης του δείκτη
- Επίλυση των επιπλοκών (π.χ. αιμοραγία, πνευμοθώρακας)
- Αποτροπή μετακίνησης του δείκτη (εάν είναι απαραίτητο)
- Μεταφορά το ασθενή στην αίθουσα του χειρουργείου και εκτομή

Η θέση πρόσβασης του δείκτη γίνεται από τον ακτινολόγο μαζί με τον χειρουργό, έτσι θα είναι πιο εύκολη η πρόσβαση στον χειρουργό καθώς θα μπορεί να

ακολουθήσει την πορεία του δείκτη. Με αυτόν τον τρόπο είναι πιο εύκολη η αφαίρεση της ενδιαφερόμενης περιοχής. Ο δείκτης ιδανικά θα πρέπει να είναι τοποθετημένος σχεδόν στο κέντρο του όγκου, αλλά είναι επιτρεπτή μία απόκλιση των 10mm.

Ένα πρόβλημα με την τεχνική της δεικτοδότησης είναι η μετακίνηση του δείκτη από την θέση στην οποία είχε αρχικά τοποθετηθεί, το οποίο συμβαίνει σε σχετικά μαλακούς ιστούς όπως στους πνεύμονες ή στο στήθος. Περίπου 2-5% από τους σηματοδοτημένους όγκους στο στήθος δεν μπορούν να αφαιρεθούν λόγω της εκτόπισης του δείκτη κατά τη διάρκεια της επέμβασης.

2.2 Εφαρμογές

Οι πιο συνήθεις εφαρμογές της δεικτοδότησης με άγκιστρο είναι στον καρκίνο του μαστού και στον καρκίνο του πνεύμονα.

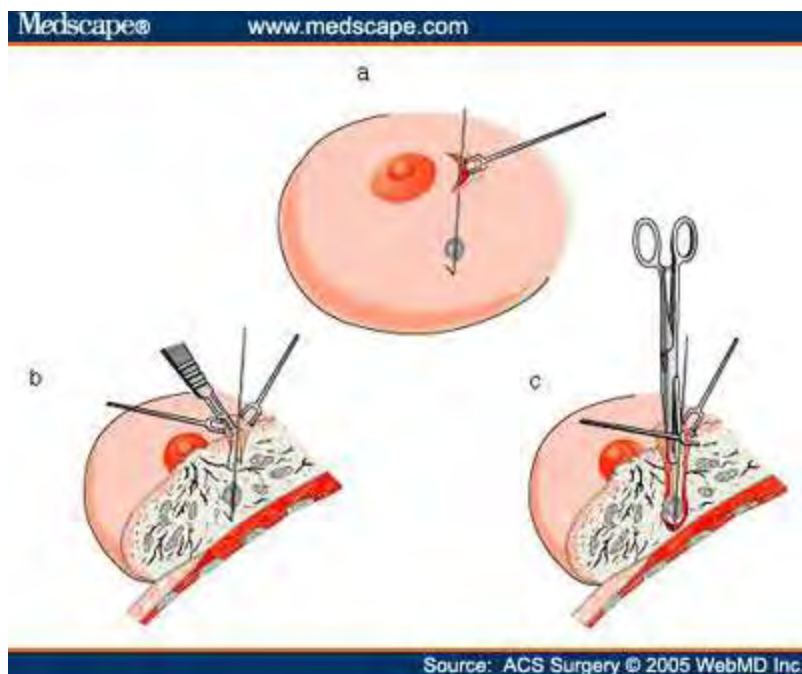
2.2.1 Καρκίνος του μαστού

Ο καρκίνος γενικά χωρίζεται σε 4 στάδια. Έτσι συμβαίνει και με τον καρκίνο του μαστού. Ανάλογα με το στάδιο στο οποίο βρίσκεται ο ασθενής υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι θεραπείας. Ένας πολύ βασικός τρόπος θεραπείας του καρκίνου είναι η εγχείρηση. Η εγχείρηση μπορεί να είναι είτε ολική μαστεκτομή του ενός μαστού, στον οποίο βρίσκεται ο όγκος, είτε απλή αφαίρεση όγκου ή αλλιώς μερική μαστεκτομή. Επίσης για προληπτικούς λόγους μπορεί να γίνει αφαίρεση και των δύο μαστών για να μειωθεί ακόμα περισσότερο η επανεμφάνιση του καρκίνου. Το είδος της εγχείρησης καθορίζεται από το στάδιο στο οποίο βρίσκεται ο καρκίνος, το μέγεθος του όγκου σε σχέση με το στήθος, αν ο όγκος βρίσκεται σε κατάλληλη θέση στο στήθος και μόνο σε μία περιοχή.



Εικόνα 3: Μαστεκτομή (Mayo Clinic)

Ολική μαστεκτομή μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε στάδιο και να είναι ο καρκίνος, ενώ η μερική γίνεται στο 1^ο ή στο 2^ο στάδιο. Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μία αύξηση στην προτίμηση της μερικής μαστεκτομής. Για να γίνει όμως μερική μαστεκτομή χρειάζεται μία προεγχειριστική δεικτοδότηση ώστε να μαρκαριστεί ο όγκος. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια της αξονικής τομογραφίας, της μαγνητικής τομογραφίας, της μαστογραφίας ή του υπερήχου.

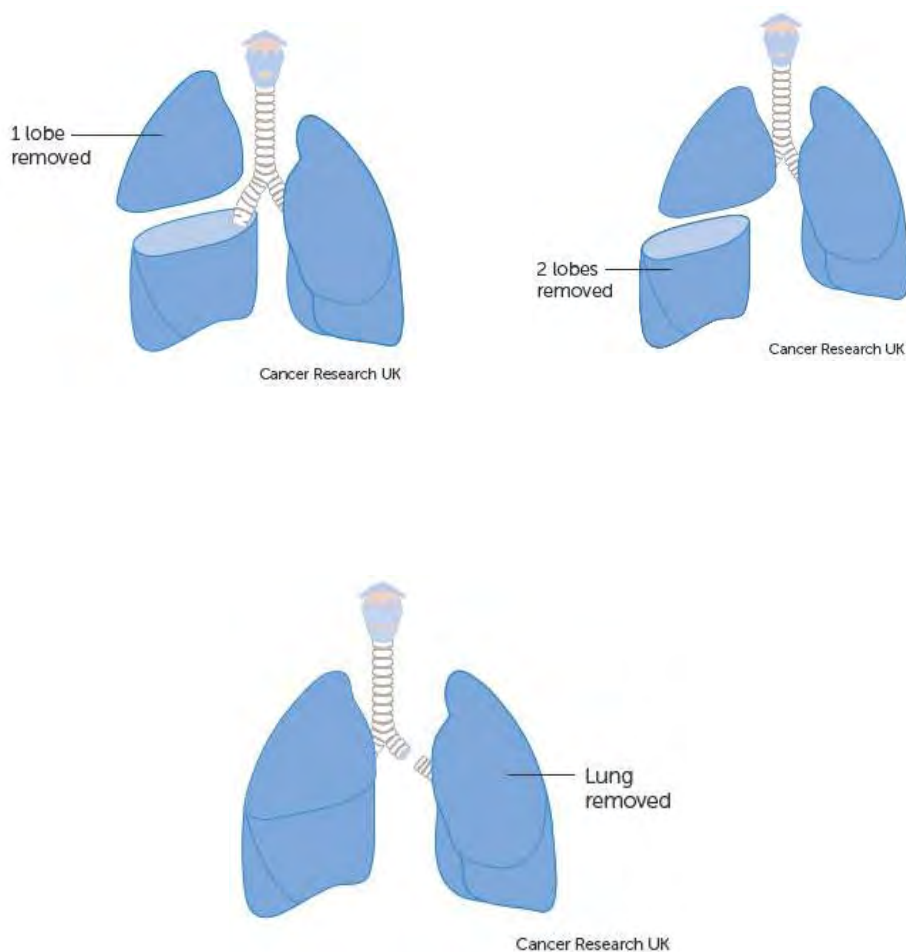


Εικόνα 4: Εγχείρηση με δεικτοδότηση

Όταν πραγματοποιείται μερική μαστεκτομή εκτός από τον όγκο αφαιρείται και ένα μέρος φυσιολογικού ιστού που βρίσκεται γύρω από αυτόν για να είναι βέβαιο πως έχει αφαιρεθεί ολόκληρος ο όγκος και να είναι μικρότερη η πιθανότητα υποτροπιάσης. Επίσης για ένα διάστημα μετά την επέμβαση οι ασθενείς μπορεί να χρειαστεί να υποστούν ακτινοθεραπεία καθώς έτσι μειώνεται η πιθανότητα να γίνει η επανεμφάνιση του καρκίνου.

2.2.2 Καρκίνος του πνεύμονα

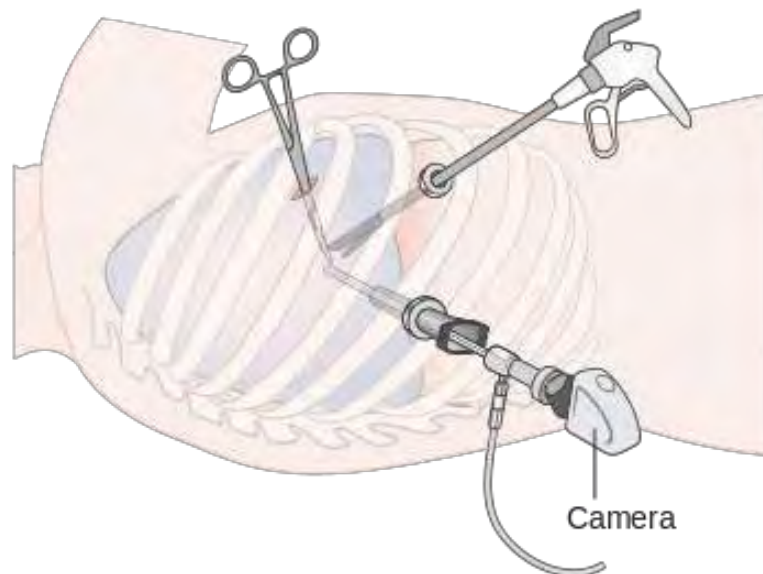
Όπως στον καρκίνο του μαστού έτσι και στον καρκίνο του πνεύμονα το είδος της εγχείρησης που θα πραγματοποιηθεί εξαρτάται από το στάδιο του καρκίνου και το πόσο έχει εξαπλωθεί. Οι πνεύμονες αποτελούνται από λοβούς, οπότε μπορεί να γίνει αφαίρεση ενός λοβού, δύο λοβών ή ακόμα και αφαίρεση ολόκληρου του ενός πνεύμονα. Επίσης μπορεί να γίνει αφαίρεση ενός μικρότερου μέρους του οργάνου αν η εξάπλωση είναι περιορισμένη.



Εικόνα 5: Τύποι εγχείρησης καρκίνου του πνεύμονα (Cancer Research UK)

Υπάρχουν δύο τρόποι πραγματοποίησης της εγχείρησης, στη μία γίνεται μία μεγάλη θωρακοτομή στο μέρος του στήθους από το οποίο θα υπάρχει καλύτερη πρόσβαση και στην άλλη ο χειρουργός κάνει μία, δύο ή τρεις μικρές τομές. Αυτή η μέθοδος αποκαλείται βιντεο-υποβοηθούμενη θωρακωσκοπική χειρουργική.

Η βιντεο-υποβοηθούμενη θωρακωσκοπική χειρουργική είναι μία είδους εγχείρησης θώρακα στην οποία χρησιμοποιείται βιντεοκάμερα και είναι ελάχιστα επεμβατική διότι δεν γίνεται κάποια μεγάλη θωρακοτομή. Η κάμερα εισέρχεται στον ασθενή μέσω μίας μικρής τομής και τα χειρουργικά εργαλεία από άλλη. Έτσι επιτυγχάνεται η μείωση του χρόνου της εγχείρησης, η μετεγχειρητική νοσηρότητα και επιστροφή του ασθενή στις καθημερινές του δραστηριότητες γίνεται γρηγορότερα. Επίσης είναι πιο εύκολη η επούλωσή τους. Συγκριτικά με την συμβατική θωρακοτομή, η αφαίρεση όγκου με αυτή τη μέθοδο διατηρείται καλύτερα η πνευμονική λειτουργία. Επιπλέον η χειρουργική θνησιμότητα είναι 0-2%, που είναι μικρότερη από τη συμβατική μέθοδο θωρακοτομής.



Εικόνα 6: Βιντεο-υποβοηθούμενη θωρακωσκοπική χειρουργική (Cancer Research UK)

Η θωρακοτομή, όπως προαναφέρθηκε, είναι μία τομή η οποία γίνεται από τον χειρουργό η οποία τον βοηθάει να έχει πρόσβαση σε όργανα που βρίσκονται μέσα στο θώρακα όπως η καρδιά και οι πνεύμονες. Η θωρακοτομή γίνεται από διαφορετικό σημείο κάθε φορά, ανάλογα με το είδος της βλάβης που έχει ο ασθενής. Τα είδη της θωρακοτομής είναι:

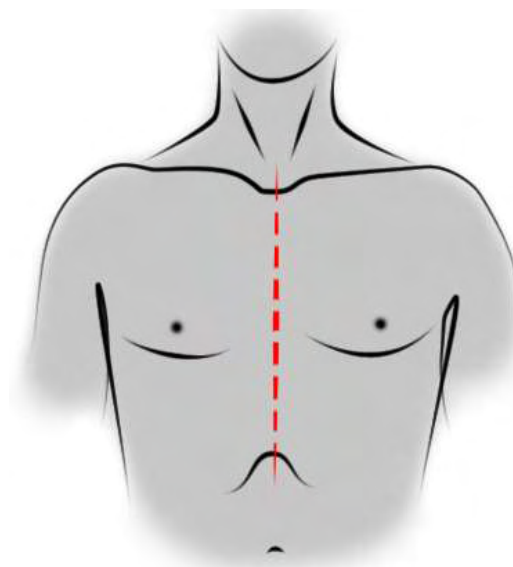
- Μασχαλιαία θωρακοτομή, η οποία γίνεται το πλάι κάτω από το χέρι του ασθενή.
- Διάμεση στερνοτομή, η οποία γίνεται εμπρόσθια του θώρακος.
- Διασταυρωμένη προσέγγιση, στην οποία γίνεται τομή μεταξύ των πλευρών για να μειωθεί η βλάβη στους μύες, τα νεύρα και τα οστά.
- Θωρακοτομή σχήματος L, είναι ένας ασυνήθιστος τύπος θωρακοτομής που εκτελείται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης.

Μία από τις περιπτώσεις στην οποία γίνεται θωρακοτομή είναι ο καρκίνος του πνεύμονα. Οι επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν με αυτή είναι:

- Λοβεκτομή, όπου αφαιρείται ο λοβός του πνεύμονα στον οποίο βρίσκεται ο καρκίνος.
- Τμηματική εκτομή, κατά την οποία αφαιρείται ένα μέρος του πνεύμονα με τον καρκίνο.
- Αφαίρεση πνεύμονα, στην οποία αφαιρείται ολόκληρος ο πνεύμονας ο καρκίνος έχει εξαπλωθεί σε ολόκληρο το όργανο
- Βιοψία, σόπου αφαιρείται ένα μικρό κομμάτι ιστού για να εξεταστεί.



*Εικόνα 8: Μασχαλιαία
θωρακοτομή
(TeachMeSurgery)*



Εικόνα 7: Διάμεση στερνοτομή (Wikipedia)

ή

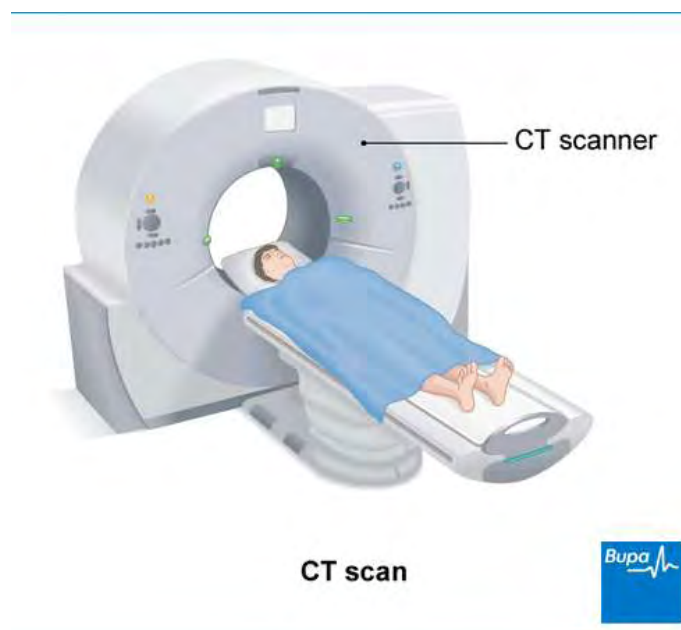
3. Τεχνολογικές λύσεις για την αξιοποίηση δεικτοδότησης σε βιολογικό ιστό

Για να γίνει με ακρίβεια η δεικτοδότηση των όγκων είναι απαραίτητες κάποιες απεικονιστικές μέθοδοι. Αυτές είναι η αξονική τομογραφία, η μαγνητική τομογραφία και η μαστογραφία.

3.1 Αξονική τομογραφία

Ο αξονικός τομογράφος χρησιμοποιεί ακτίνες X και το αποτέλεσμα που δίνει είναι μία αναλυτική εικόνα το σώματός μας. Αυτό συμβαίνει διότι με τις ακτίνες X αποτυπώνονται εικόνες το σώματος οι οποίες λαμβάνονται από διαφορετικές γωνίες οι οποίες στο τέλος με τη βοήθεια ενός υπολογιστή ενώνονται και έτσι προκύπτει μία τρισδιάστατη λεπτομερής εικόνα.

Ο αξονικός τομογράφος είναι ένα μεγάλο μηχάνημα το οποίο έχει το σχήμα ενός δαχτυλιδιού. Επίσης διαθέτει ένα κρεβάτι στο οποίο ξαπλώνει ο ασθενής και στη συνέχεια εισέρχεται στο δαχτυλίδι για να γίνει η εξέταση. Εσωτερικά του δαχτυλιδιού υπάρχει ένας σωλήνας ακτίνων X ο οποίος δημιουργεί μία δέσμη ακτίνων X. Αυτός ο σωλήνας περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή καθώς αυτός είναι ξαπλωμένος. Οι ακτίνες διαπερνούν κάθε φορά το σώμα το από διαφορετική γωνία και οι ανιχνευτές που βρίσκονται απέναντι από το σωλήνα λαμβάνουν το σήμα και το στέλνουν στον υπολογιστή.



Εικόνα 9: Αξονικός τομογράφος (Bupa)

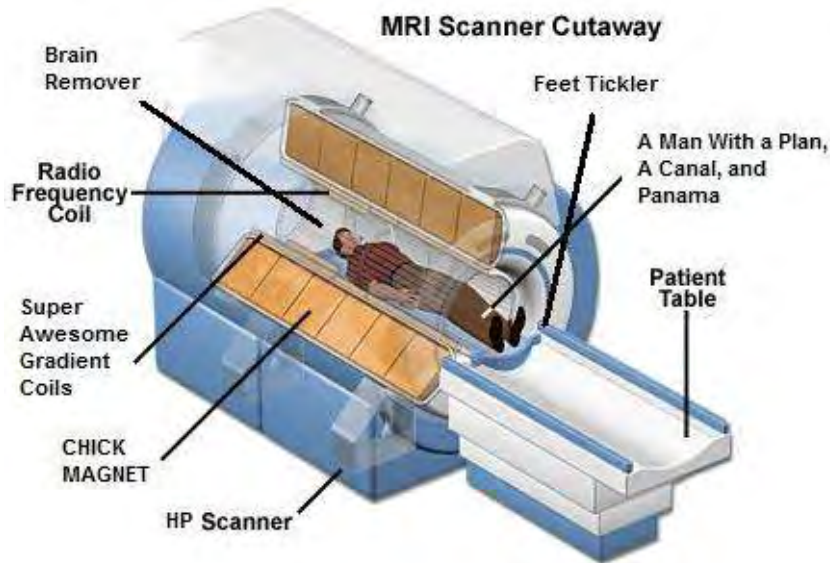
Η αξονική τομογραφία είναι πολύ χρήσιμη καθώς μπορεί να δώσει την ακριβή θέση ενός μη φυσιολογικού ιστού ή κάποια ανωμαλία του σώματος, όπως ένας όγκος, καθώς επίσης και το μέγεθος αυτού. Επίσης φαίνεται πόσο κοντά είναι αυτός ο ιστός ο οποίος πρέπει να υποστεί θεραπεία ή εγχείρηση σε κάποιο σημαντικό όργανο. Κάποιες φορές μπορεί να χορηγηθεί στον ασθενή κάποια «βαφή», και αυτό βοηθάει στο να απεικονίζονται καλύτερα κάποιες περιοχές.

Αφού προσδιοριστεί η θέση του όγκου μέσω της αξονικής, γίνεται μία σχεδίαση της βέλτιστης διαδρομής μετρώντας την απόσταση μεταξύ το δέρματος και της άκρης του όγκου για να βρεθεί το σημείο όπου θα γίνει η είσοδος της βελόνας και του δείκτη. Αφού σημειωθεί πάνω στο δέρμα η είσοδος γίνεται μία τοπική αναισθησία και ξεκινάει η διαδικασία της δεικτοδότησης. Μόλις ολοκληρωθεί γίνεται μία επαναληπτική αξονική για την επιβεβαίωση της τοποθέτησης του δείκτη καθώς και αν υπάρχουν επιπλοκές, όπως για παράδειγμα κάποια αιμορραγία. Τέλος για να αποφευχθεί η μετακίνησή του ασφαρίζεται με γάζα και ταινία.

3.2 Μαγνητική τομογραφία

Ο μαγνητικός τομογράφος χρησιμοποιεί μαγνητικά κύματα και ραδιοκύματα, αυτό πρακτικά σημαίνει ότι δεν υπάρχει έκθεση σε ακτίνες X ή κάποια άλλη βλαβερή ακτινοβολία. Με τα κύματα αυτά δημιουργούνται εικόνες των ιστών, των οργάνων και άλλων δομών του σώματος οι οποίες μπορούν να προβληθούν από έναν υπολογιστή. Επίσης η εικόνα που παράγεται μέσω μίας μαγνητικής τομογραφίας έχει μεγαλύτερη διαγνωστική ποιότητα συγκριτικά με άλλες απεικονιστικές μεθόδους.

Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι πολύ σημαντική καθώς έχει κάνει την εξέταση στο εσωτερικό του σώματος εφικτή χωρίς να χρειάζεται να γίνει πρώτα κάποια επέμβαση. Η μαγνητική τομογραφία χρησιμοποιείται για τη διάγνωση πολλών ανωμαλιών, όπως για προβλήματα στον εγκέφαλο και στο νωτιαίο μυελό, για την ύπαρξη όγκων και κυστών καθώς επίσης και για αρκετά άλλα.



Εικόνα 10: Μαγνητικός τομογράφος (Medventura)

Ο μαγνητικός τομογράφος είναι κυλινδρικός και για να πραγματοποιηθεί η εξέταση ο ασθενής εισέρχεται ξαπλωμένος μέσα σε αυτόν. Αποτελείται από δύο πολύ ισχυρούς μαγνήτες οι οποίοι είναι το πιο σημαντικό μέρος του συστήματος. Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται κυρίως από μόρια νερού τα οποία είναι διατεταγμένα τυχαία. Όμως με την είσοδο στο μαγνητικό τομογράφο, με την επίδραση του πρώτου μαγνήτη τα μόρια του νερού ευθυγραμμίζονται σε προς μία κατεύθυνση, είτε βόρεια είτε νότια. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας των πρωτονίων που βρίσκονται στα άτομα του οξυγόνου και του υδρογόνου, τα οποία χρησιμεύουν σαν μαγνήτες και είναι ευαίσθητα σε οποιοδήποτε μαγνητικό πεδίο.

Τότε το δεύτερο μαγνητικό πεδίο αρχίζει να ενεργοποιείται και να απενεργοποιείται σε μία σειρά γρήγορων παλμών, με αυτόν τον τρόπο τα άτομα υδρογόνου αλλάζουν την ευθυγράμμιση τους, όταν είναι ενεργοποιημένο, και στη συνέχεια επιστρέφουν γρήγορα στην αρχική χαλαρή τους κατάσταση όταν είναι απενεργοποιημένο. Παρόλο που ο ασθενής δεν αισθάνεται αυτές τις μεταβολές ο σαρωτής τις ανιχνεύει και τις καταγράφει και στη συνέχεια δημιουργεί μία λεπτομερή εικόνα εγκάρσιας τομής.

Πριν από την εξέταση ο ασθενής πρέπει να αφαιρέσει όλα τα μεταλλικά αντικείμενα που βρίσκονται πάνω του. Επίσης κατά τη διάρκεια της εξέτασης πρέπει να είναι εντελώς ακίνητος. Κάποιες φορές γίνεται μία ενδοφλέβια ένεση με υγρό με το οποίο μπορεί να γίνει πιο εμφανής κάποιος συγκεκριμένος ιστός.

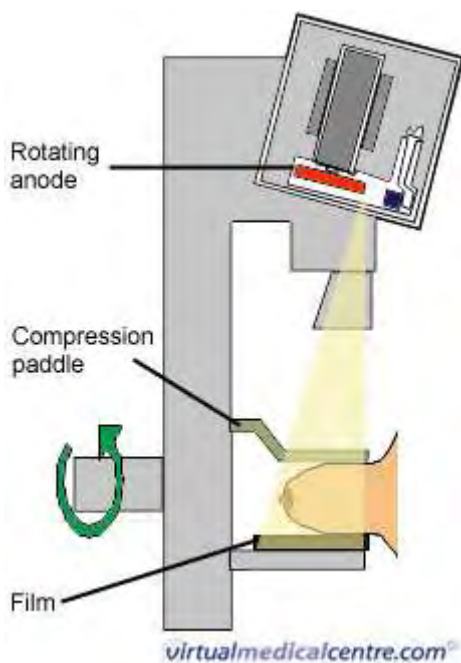
Αφού γίνει η μαγνητική και βρεθεί κάποιος όγκος, γίνεται ένας υπολογισμός για το σημείο από το οποίο θα εισέλθει η βελόνα και στη συνέχεια το άγκιστρο. Αφού γίνει

η τοποθέτηση, γίνεται η επαλήθευση της θέσης του αγκίστρου και στη συνέχεια ασφαρίζεται για να μείνει στη θέση του.

3.3 Μαστογραφία

Η μαστογραφία βοηθάει στην ανίχνευση και διάγνωση ασθενειών του μαστού, όπως για παράδειγμα του καρκίνου. Η συγκεκριμένη απεικόνιση δεν εμποδίζει τον καρκίνο αλλά βοηθάει στην έγκαιρη διάγνωση του προτού εξαπλωθεί. Η έγκαιρή ανίχνευση των μεταβολών του μαστού μπορεί να αποτελέσει σημαντικό ρόλο στη μείωση των θανάτων από καρκίνο του μαστού.

Η μαστογραφία είναι μία ακτινογραφία με βάση την απεικόνιση του μαστού. Ο ιστός του μαστού είναι αρκετά πυκνός, γι' αυτό σχεδιάστηκε η μαστογραφική μονάδα. Με αυτή τη μονάδα αυξάνεται η ποιότητα της εικόνας χωρίς όμως να αυξάνεται η ακτινοβολία καθώς μόνο ο ιστός του μαστού εκτίθεται στις ακτίνες X. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα πίεστρο που βρίσκεται στη μονάδα το οποίο συμπιέζει το στήθος σε μία πλατφόρμα για να παράγει ομοιόμορφες εικόνες σε διάφορες γωνίες. Στη συνέχεια οι εικόνες παράγονται με φιλμ χρησιμοποιώντας τη συμβατική μέθοδο ακτίνων X ή δημιουργούνται ψηφιακά και αποθηκεύονται σε έναν υπολογιστή.



Εικόνα 11: Μαστογραφική μονάδα (Medcare)

Αν στα αποτελέσματα της μαστογραφίας φανεί κάποια ανωμαλία, όπως κάποιος όγκος σε κάποιο σημείο που δεν μπορεί να γίνει αντιληπτό με ψηλάφηση, θα πρέπει

να γίνει μία βιοψία για να ελεγχθεί αν είναι καλοήθης ή κακοήθης. Η διαδικασία της δεικτοδότησης με τη βοήθεια της μαστογραφίας περιγράφεται παρακάτω.

Αρχικά η ασθενής στέκεται είτε όρθια είτε καθιστή για την εξέταση μαστογραφίας. Αφού βρεθεί η ακριβής τοποθεσία του όγκου ο ραδιολόγος κάνει μία τοπική αναισθησία στο στήθος και στη συνέχεια εισάγεται η βελόνα και μέσω αυτής το σύρμα. Η άκρη της βελόνας τοποθετείται κοντά στο μη φυσιολογικό ιστό. Μετά την τοποθέτηση του σύρματος ελέγχεται αν βρίσκεται στη σωστή θέση, αν ναι τότε η εξωτερική πλευρά του ασφαρίζεται για να μην φύγει από τη θέση του. Στη συνέχεια γίνεται η επέμβαση για να αφαιρεθεί ο όγκος και να γίνει βιοψία.

3.4 Υπέρηχος

Ο υπέρηχος είναι η δεύτερη πιο συχνά χρησιμοποιούμενη τεχνική απεικόνισης μετά την ακτινογραφία. Επίσης ο ασθενής κατά την εξέταση δεν εκτίθεται σε κάποια ακτινοβολία που μπορεί να είναι βλαβερή για αυτόν. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως ο υπέρηχος δεν είναι όσο αναλυτική είναι η αξονική ή η μαγνητική τομογραφία.

Ο τρόπος με τον οποίο λαμβάνουμε εικόνα από έναν υπέρηχο είναι μέσω κυμάτων ήχου τα οποία εκπέμπονται με μεγάλη συχνότητα. Τα ηχητικά κύματα χτυπάνε πάνω στα όργανα και στη συνέχεια επιστρέφουν πίσω στον μετατροπέα. Ο μετατροπέας μετατρέπει τα ηχητικά κύματα σε εικόνα και έτσι ο γιατρός μπορεί να δει την εικόνα στον υπολογιστή.



Εικόνα 12: Υπέρηχος (ScienceABC)

Με τον υπέρηχο μπορεί να διαγνωστούν πολλές σωματικές ανωμαλίες, κάποιες φορές μία από αυτές είναι και ο καρκίνος καθώς τα ηχητικά κύματα αντηχούν διαφορετικά όταν αντανακλώνται πάνω σε φυσιολογικό ιστό και αλλιώς όταν αντανακλώνται σε μη φυσιολογικό. Όταν ένας όγκος είναι εμφανής στον υπέρηχο μπορεί να γίνει και η δεικτοδότησή του, η οποία γίνεται γρήγορα και με ακρίβεια. Ο όγκος οπτικοποιείται στο κέντρο της οθόνης του υπολογιστή και η βελόνα εισέρχεται από εκεί που είναι το κεντρικό σημείο του μετατροπέα. Η κλίση της εισαγωγής της βελόνας εξαρτάται από το βάθος του όγκου. Μία σχεδόν κάθετη γωνία χρησιμοποιείται για βαθύτερους όγκους, καθώς έτσι ακολουθείται η μικρότερη διαδρομή από το δέρμα προς τον όγκο. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στον καρκίνο του μαστού και πρέπει να αποφεύγεται η διείσδυση του θωρακικού τοιχώματος.

4. Προτεινόμενη προσέγγιση

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία προτείνεται η σχεδίαση και ανάπτυξη ενός συστήματος το οποίο θα βοηθάει τον χειρουργό κατά τη διάρκεια της αφαίρεσης του δεικτοδοτημένου όγκου, υπολογίζοντας την απόσταση από το σημείο ενδιαφέροντος και ενημερώνοντας για την προσέγγιση σε αυτό πέρα ενός ορίου ασφαλείας. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η αφαίρεση του όγκου με όσο το δυνατόν λιγότερη απώλεια φυσιολογικού ιστού και με σημαντικά μειωμένο κίνδυνο τομής σε καρκινικό ιστό, με αποτέλεσμα την μετάσταση των καρκινικών κυττάρων.

Η ιδέα του συστήματος βασίζεται σε ένα φυσικό φαινόμενο, το φαινόμενο Hall, και ειδικότερα στην παραμαγνήτιση η οποία οφείλεται στην παρουσία (είσοδο) σε ένα μαγνητικό πεδίο ενός παραμαγνητικού υλικού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αλλοίωση του μαγνητικού πεδίου και κατ' επέκταση την αλλαγή του μετρούμενου μεγέθους, δηλαδή της μαγνήτισης. Δεδομένου ότι η μαγνήτιση είναι ανάλογη της απόστασης από το μαγνητικό υλικό είναι δυνατή η μέτρηση της απόστασης του παραμαγνητικού υλικού το οποίο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο. Συνεπώς, η προτεινόμενη προσέγγιση αφορά την αξιοποίηση πανομοιότυπων αισθητήρων μέτρησης του μαγνητικού πεδίου, τοποθετώντας τους αισθητήρες περιμετρικά του σηματοδοτημένου σημείου και σε ίδια απόσταση (ακτίνα) από αυτό. Λόγω της αλλοίωσης του μαγνητικού πεδίου, από την είσοδο σε αυτό του νυστεριού, θα έχει σαν αποτέλεσμα η μετρούμενη μαγνήτιση να αυξομειώνεται ανάλογα. Τιμές προερχόμενες από 3 σημεία (αισθητήρες μαγνήτισης) δίνουν την δυνατότητα να αναγνωρίσει το σύστημα την θέση στο χώρο του νυστεριού και κατ' επέκταση την απόσταση του από το δεικτοδοτημένο σημείο.

Προτείνεται αρχικά να τοποθετηθεί ένας μικρός μαγνήτης στο άκρο του δείκτη το οποίο θα σταθεροποιηθεί μέσα στον όγκο. Στη συνέχεια το σύστημα το οποίο αποτελείται από τέσσερις αισθητήρες τοποθετείται περιμετρικά του δείκτη. Με αυτόν τον τρόπο και λόγω των μαγνητικών ιδιοτήτων του νυστεριού θα λαμβάνουμε τις μεταβολές του μαγνητικού πεδίου. Οι τιμές θα συλλέγονται από ένα μικροελεγκτή, στην περίπτωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας ενός Arduino, και θα εκτελείται ο αλγόριθμος υπολογισμού της απόστασης. Ανάλογα με την προβλεπόμενη απόσταση στον χώρο μεταξύ νυστεριού και δείκτη, θα προκαλείται διέγερση (ή όχι) στην έξοδο (warning/no warning) του μικροελεγκτή, προκειμένου να ειδοποιηθεί ο γιατρός που κρατάει το νυστέρι για πιθανό κίνδυνο.

Η διέγερση της εξόδου προκαλεί οπτική ή ακουστική ενημέρωση, μέσω μιας φωτοδιόδου ή ενός μεγαφώνου αντίστοιχα, ή ακόμα και συνδυασμού αυτών. Η επιλογή άλλης διέγερσης απορρίφθηκε προκειμένου να μην αποσπάται ή ενοχλείται ο γιατρός κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Αυτή η προσέγγιση, θεωρώ ότι υποστηρίζει σημαντικά ένα γιατρό κατά τη διάρκεια μιας επέμβασης, προσφέροντάς του ενημέρωση για την απόσταση από το δείκτη, δίχως όμως να τον επηρεάζει στο έργο

του και δίχως να τον περιορίζει. Το προτεινόμενο σύστημα λειτουργεί επικουρικά ως ένα νέο εργαλείο και δεν έχει επεμβατικό χαρακτήρα, συνεπώς είναι εύκολη η χρήση του, δεν επηρεάζει άλλα στοιχεία, εργαλεία ή διαδικασίες της επέμβασης και ως συνέπεια εύκολο στην υιοθέτηση από ένα γιατρό.

Το σύστημα αποτελείται από το υποσύστημα μέτρησης της μαγνήτισης γύρω από το δείκτη, το υποσύστημα συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων και το υποσύστημα ειδοποίησης του γιατρού. Η επικοινωνία μεταξύ τους γίνεται ενσύρματα αν και δίνεται η δυνατότητα, μέσω ασύρματων σειριακών πρωτοκόλλων να τροποποιηθεί/βελτιωθεί το σύστημα.

Στη συνέχεια ακολουθεί η μεθοδολογία σχεδίασης και ανάπτυξης των υποσυστημάτων, και τελικά του συστήματος.

5. Ανάλυση απαιτήσεων

Με τον όρο ανάλυση απαιτήσεων αναφερόμαστε σε μία λίστα στην οποία αναγράφονται οι προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται από ένα νέο προϊόν. Οι απαιτήσεις αυτές έχουν να κάνουν με τις λειτουργίες, τις υπηρεσίες και τους λειτουργικούς περιορισμούς του συστήματος. Οι απαιτήσεις συστήματος χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις λειτουργικές και τις μη λειτουργικές απαιτήσεις. Οι λειτουργικές απαιτήσεις έχουν να κάνουν με τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος. Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις αφορούν τις ιδιότητες του συστήματος και πως το σύστημα θα υποστηρίξει τις λειτουργικές του απαιτήσεις, δηλαδή θέτουν περιορισμούς στο πως θα γίνει η υλοποίηση του συστήματος.

5.1 Λειτουργικές απαιτήσεις:

A/A	Απαίτηση
ΛΑ1	Σωστή λειτουργία του αισθητήρα Hall
ΛΑ2	Άμεση ειδοποίηση του γιατρού
ΛΑ3	Συνεχής λειτουργία για όση ώρα γίνεται η επέμβαση
ΛΑ4	Σωστή τοποθέτηση πριν από την επέμβαση
ΛΑ5	Σύνδεση με πηγή ρεύματος
ΛΑ6	Δημιουργία ομοιογενούς πεδίου
ΛΑ7	Μέτρηση ρεύματος με ψηφιακό σύστημα
ΛΑ8	Περιμετρική τοποθέτηση
ΛΑ9	Κατηγοριοποίηση της μετρούμενης έντασης σε απόσταση από το άγκιστρο
ΛΑ10	Έλεγχος με προεγχειριτικά προκαθοριζόμενο κατώφλι
ΛΑ11	Ενεργοποίηση συστήματος, ειδοποίηση
ΛΑ12	Απενεργοποίηση συστήματος, ειδοποίηση
ΛΑ13	Έλεγχος αξιοπιστίας μέτρησης
ΛΑ14	Διόρθωση βαθμονόμησης

Πίνακας 1: Λειτουργικές απαιτήσεις

5.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις

A/A	Απαίτηση
MΛ1	Εύκολη τοποθέτηση
MΛ2	Να μην εμποδίζει κατά τη διάρκεια της επέμβασης
MΛ3	Εύκολο στη χρήση
MΛ4	Άμεση απόκριση του συστήματος αφού γίνει η ανίχνευση
MΛ5	Η ειδοποίηση να είναι άμεσα εμφανής από το χειρουργό
MΛ6	Να είναι ελαφρύ
MΛ7	Κατασκευασμένο από κατάλληλο υλικό για χειρουργείο
MΛ8	Να μην αλλάζει το πρωτόκολλο εγχείρησης.

Πίνακας 2: Μη λειτουργικές απαιτήσεις

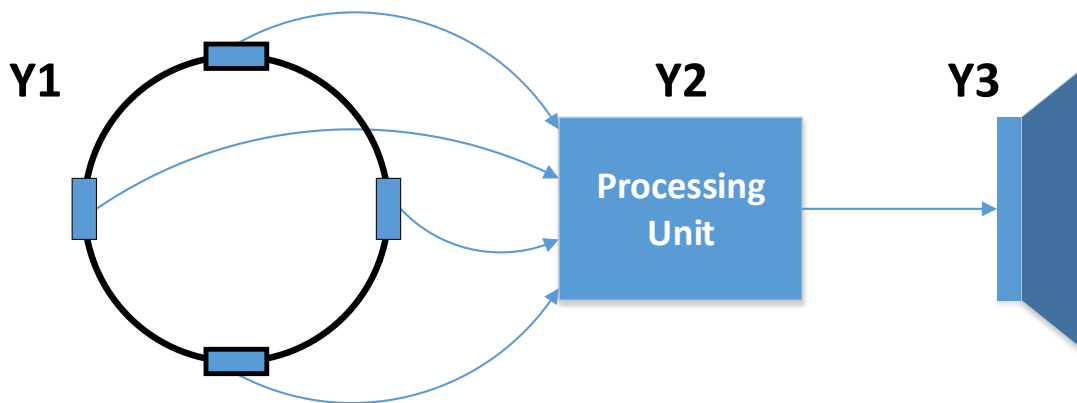
5.3 Περίπτωση χρήσης

1. Ενεργοποίηση του συστήματος
2. Έλεγχος σωστής λειτουργίας του συστήματος
3. Τοποθέτηση του συστήματος
4. Έλεγχος τοποθεσίας
5. Αποστείρωση

6. Σχεδίαση συστήματος

6.1 Τοπολογία Συστήματος

Το σύστημα αποτελείται από τρία (3) διακριτά υποσυστήματα. Το πρώτο υποσύστημα (Y1) είναι η κατασκευή αισθητήρων, η οποία τοποθετείται περιμετρικά του σημείου δεικτοδότησης διατηρώντας το σημείο αυτό στο κέντρο. Με αυτό τον τρόπο, ορίζεται ως σημείο αναφοράς για τους τέσσερις (4) αισθητήρες-μαγνητόμετρα τα οποία τοποθετούνται στην περίμετρο της κατασκευής, τοποθετώντας κάθε μαγνητόμετρο ανά 90° στην περίμετρο. Στην παρακάτω εικόνα, παρουσιάζεται με λεπτομέρεια η τοπολογία της κατασκευής των αισθητήρων.



Εικόνα 13: Τοπολογία συστήματος- η σύσταση του από τα τρία βασικά υποσυστήματα

Το δεύτερο υποσύστημα (Y2) αφορά το υπολογιστικό σύστημα το οποίο συλλέγει τα σήματα εξόδου των μαγνητόμετρων και τα αναλύει προκειμένου να εντοπίσει την θέση του νυστεριού. Λόγω των μαγνητικών ιδιοτήτων του υλικού από το οποίο κατασκευάζεται το νυστέρι, οποιαδήποτε προσέγγιση προς το δεικτοδοτημένο σημείο (αναφοράς) προκαλεί διαταραχή στο μαγνητικό πεδίο. Εφόσον τα μαγνητόμετρα είναι ακριβώς ίδια, τότε η οποιαδήποτε διαταραχή είναι μετρήσιμη και μέσω του τριγωνισμού των τιμών είναι δυνατός ο εντοπισμός του σημείου στο οποίο βρίσκεται το νυστέρι στον τρισδιάστατο χώρο, γύρω από το σημείο αναφοράς. Το σύστημα που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση του Y2 είναι ένα Arduino Uno.

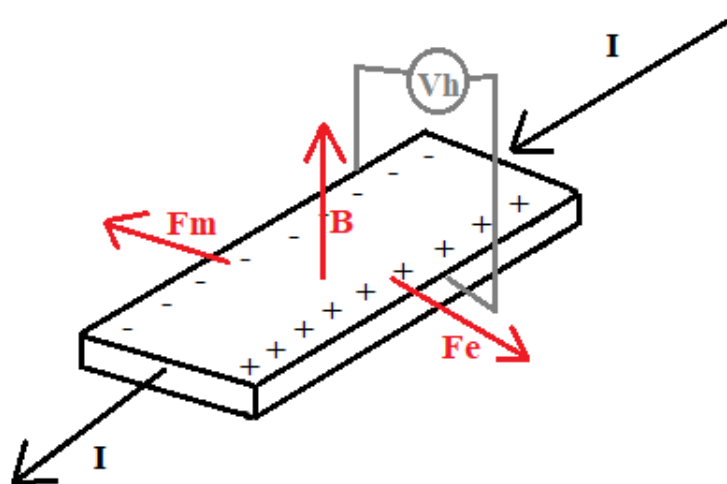
Το τρίτο υποσύστημα (Y3) είναι ο ενεργοποιητής, ο οποίος υποδηλώνει ύπαρξη συναγερωμού ή όχι. Όταν το νυστέρι βρίσκεται μακριά από το σημείο αναφοράς, δεν δημιουργείται διαταραχή στο μαγνητικό πεδίο, οπότε δεν εντοπίζεται αιτία ενημέρωσης του χειρουργού για την κρισιμότητα της απόστασης του νυστεριού από το σημείο αναφοράς. Όταν όμως η παραμόρφωση είναι τέτοια, η οποία υποδηλώνει απόσταση από το σημείο αναφοράς μικρότερη από το επιθυμητό σημείο ασφάλειας, τότε παράγεται σήμα προειδοποίησης από το Y2, το οποίο ενεργοποιεί το Y3. Στην περίπτωση της πτυχιακής εργασίας, επιλέχθηκε να υλοποιηθεί ο ενεργοποιητής με μια

φωτοδίοδο, ώστε να υπάρχει οπτική προειδοποίηση, αλλά και ένα μεγάφωνο, προκειμένου να αναπαράγεται ένας χαρακτηριστικός ήχος (ανάλογος της απόστασης).

6.2 Φυσικό μέγεθος μέτρησης και φαινόμενο Hall

Η εργασία αυτή είναι βασισμένη σε ένα φυσικό φαινόμενο, το φαινόμενο Hall, το οποίο ανακαλύφθηκε από τον φυσικό Edwin Herbert Hall το 1879. Το φαινόμενο αυτό περιγράφει ότι όταν ένα ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσω ενός αγωγού ο οποίος βρίσκεται σε ένα μαγνητικό πεδίο, το μαγνητικό πεδίο ασκεί μία εγκάρσια δύναμη στα κινούμενα ηλεκτρόνια που τείνει να τα σπρώχνει προς τη μία πλευρά του αγωγού. Αυτό είναι πιο εμφανές σε έναν λεπτό επίπεδο αγωγό. Η συσσώρευση φορτίου στις πλευρές των αγωγών θα εξισορροπήσει αυτή τη μαγνητική επίδραση, παράγοντας έτσι μία μετρήσιμη τάση μεταξύ των δύο πλευρών του αγωγού.

Το φαινόμενο Hall είναι ένα φαινόμενο αγωγιμότητας το οποίο είναι διαφορετικό για τους διαφορετικούς φορείς φόρτισης. Στις περισσότερες κοινές ηλεκτρικές εφαρμογές χρησιμοποιείται το συμβατικό ρεύμα διότι δεν έχει σημασία αν η φορά κίνησης είναι θετική ή αρνητική. Όμως η τάση Hall έχει διαφορετική πολικότητα για τους φορείς θετικού και αρνητικού φορτίου και έχει χρησιμοποιηθεί για να μελετήσει τις λεπτομέρειες της αγωγιμότητας σε ημιαγωγούς και άλλα υλικά που δείχνουν συνδυασμό αρνητικών και θετικών φορέων φορτίου.



Εικόνα 14: Φαινόμενο Hall

Η μέτρηση μαγνητικών πεδίων της τάξης των Tesla γίνεται συχνά με τη χρήση του φαινομένου Hall. Ένας Hall ανιχνευτής τοποθετείται στο μαγνητικό πεδίο και υπολογίζει την εγκάρσια τάση τάξης μV .

6.3 Αισθητήρες

6.3.1 Αισθητήρες Hall

Για να μετρηθεί η τάση μπορούν να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες φαινομένου Hall. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η τάση που παράγεται είναι της τάξης των μV , η οποία είναι πολύ μικρή. Για να παραχθεί τάση η οποία είναι σε επίπεδο που θα μπορεί να είναι χρήσιμη απαιτούνται επιπλέον ηλεκτρονικά. Όταν το στοιχείο Hall συνδυάζεται με τα επιπλέον ηλεκτρονικά σχηματίζεται ένας αισθητήρας Hall. Τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε συσκευή micro switch Hall είναι το τσιπ ολοκληρωμένου κυκλώματος που περιέχει το στοιχείο Hall και τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα ρύθμισης σήματος.

Αν και οι αισθητήρες του φαινομένου Hall είναι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βασική συνιστώσα σε πολλούς άλλους τύπους αισθητήρων (π.χ. ρεύμα, θερμοκρασία, πίεση, θέση κ.λπ.).

Η επιλογή αισθητήρων και συγκεκριμένων τεχνολογιών γίνεται κάθε φορά βάση των απαιτήσεων που θέλουμε και του συστήματος που θέλουμε να φτιάξουμε. Τα γενικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων φαινομένου Hall είναι:

- Αληθινή στερεά κατάσταση
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (30 δισεκατομμυρια λειτουργίες σε πρόγραμμα συνεχούς δοκιμής μονάδας ηλεκτρολογίου)
- Λειτουργία υψηλής ταχύτητας (είναι δυνατή η υπέρβαση των 100kHz)
- Λειτουργεί με στάσιμη είσοδο (μηδενική ταχύτητα)
- Δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη
- Συμβατότητα με λογική είσοδο και έξοδο
- Ευρεία περιοχή θερμοκρασιών (-40 έως 150°C)
- Επαναλαμβανόμενη λειτουργία

6.3.2 Μαγνητόμετρο

Ένας άλλος τρόπος υπολογισμού της τάσης Hall είναι η χρήση ενός μαγνητόμετρου, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση αυτής της εργασίας. Το μαγνητόμετρο είναι ένα όργανο που μετράει μαγνητισμό, είτε τη μαγνήτιση ενός μαγνητικού υλικού όπως ενός σιδηρομαγνήτη, είτε την κατεύθυνση, τη δύναμη ή τη σχετική αλλαγή ενός μαγνητικού πεδίου σε μία συγκεκριμένη θέση. Ένα παράδειγμα ενός απλού τύπου

μαγνητόμετρου είναι η πυξίδα, η οποία μετράει την κατεύθυνση ενός μαγνητικού πεδίου.

Τα μαγνητόμετρα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Τα διανυσματικά (vector) μαγνητόμετρα και τα κλιμακωτά (scalar) μαγνητόμετρα.

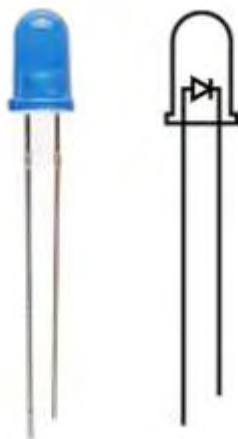
- Τα διανυσματικά μαγνητόμετρα μετρούν την τιμή πυκνότητας ροής σε μία συγκεκριμένη κατεύθυνση σε έναν τρισδιάστατο χώρο.
- Τα κλιμακωτά μαγνητόμετρα μετρούν μόνο το μέγεθος του διανύσματος που διέρχεται από τον αισθητήρα ανεξάρτητα από την κατεύθυνση.

6.4 Ενεργοποιητές

Με τον όρο ενεργοποιητές (actuators) αναφερόμαστε στο σήμα εξόδου που λαμβάνουμε από ένα σύστημα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήσαμε μία φωτοδίοδο ή ένα ηχείο. Η φωτοδίοδος ή το ηχείο ενεργοποιούνται όταν το μεταλλικό αντικείμενο, δηλαδή το νυστέρι, πλησιασει πολύ κοντά στο μαγνήτη.

6.4.1 Φωτοδίοδος (LED)

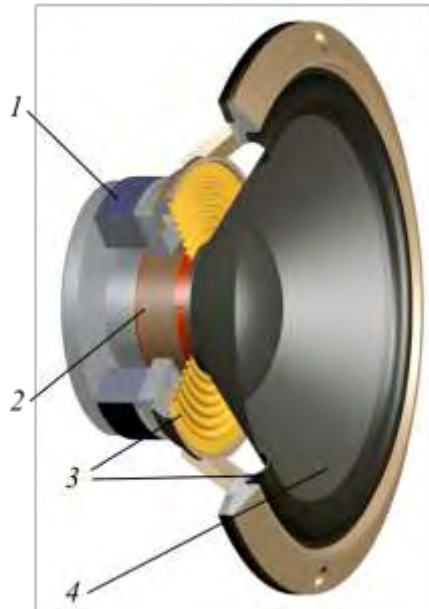
Μία φωτοδίοδος ή αλλιώς δίοδος εκπομπής φωτός (LED) είναι μία απλή δίοδος σύνδεσης p-n η οποία εκπέμπει φωτισμό όταν ενεργοποιηθεί. Όταν εφαρμόζεται κατάλληλο ρεύμα στα ηλεκτρόδια, τα ηλεκτρόνια είναι ικανά να ανασυνδυαστούν με οπές εντός της συσκευής απελευθερώνοντας έτσι ενέργεια με τη μορφή φωτονίων. Οι λυχνίες LED είναι συνήθως μικρές, λιγότερο από 1 mm². (Wikipedia)



Εικόνα 15: Φωτοδίοδος (Wikipedia)

6.4.2 Ηχείο

Ένα ηχείο είναι ένας ηλεκτροακουστικός μετατροπέας ο οποίος μετατρέπει ένα ηλεκτρικό ηχητικό σήμα σε έναν αντίστοιχο ήχο. Ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος τύπος ηχείου είναι το δυναμικό ηχείο το οποίο λειτουργεί με την ίδια βασική αρχή με ένα δυναμικό μικρόφωνο, αλλά αντίστροφα για να παράγει ήχο από ένα ηλεκτρικό σήμα. Όταν ένα ηλεκτρικό ηχητικό σήμα εναλλασσόμενου ρεύματος εφαρμόζεται στο φωνητικό του πηνίο, ένα πηνίο καλωδίου αιωρούμενο σε ένα κυκλικό κενό ανάμεσα στους πόλους ενός μόνιμου μαγνήτη, το πηνίο αναγκάζεται να κινείται γρήγορα εμπρός και πίσω λόγω του νόμου επαγωγής του Faraday, που προκαλεί ένα διάφραγμα (συνήθως κωνικό σχήμα) προσαρτημένο στο πηνίο για να κινείται εμπρός και πίσω, πιέζοντας τον αέρα για να δημιουργήσει ηχητικά κύματα. (Wikipedia)



Εικόνα 16: Περιγραφή ηχείου. 1.Μαγνήτης, 2. Φωνητικό πηνίο, 3. Ανάρτηση, 4. Διάφραγμα (Wikipedia)

6.5 Επικοινωνία

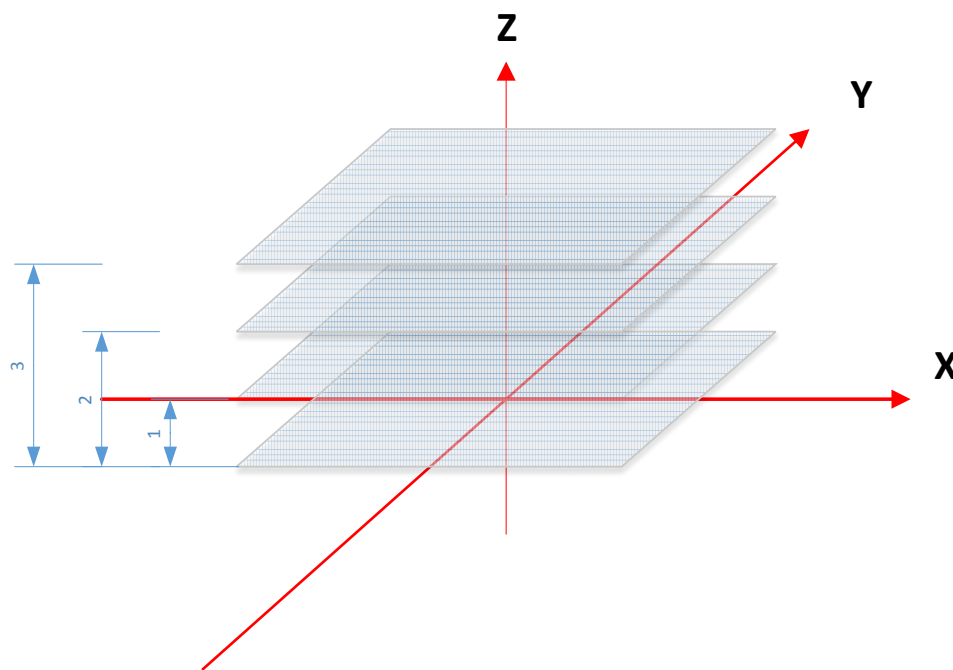
Το σύστημα όπως είδαμε σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, αποτελείται από τρία υποσυστήματα, τα οποία περιγράφηκαν αναλυτικά. Όπως φαίνεται σε προηγούμενη εικόνα, το Y1 τροφοδοτεί με δεδομένα που έχουν προκύψει από τις μετρήσεις των μαγνητόμετρων το υποσύστημα Y2 επεξεργασίας δεδομένων. Μετά την επεξεργασία και εφόσον προκύπτει συναγερμός, δίνεται σήμα ενεργοποίησης από το Y2 προς το Y3 προκειμένου να ενημερωθεί ο χρήστης για το συναγερμό.

Η επικοινωνία όπως έχει περιγραφεί είναι ενσύρματη, καθώς δεν προκύπτει σε κανένα σημείο η ανάγκη να υλοποιηθεί ένα άλλο είδος επικοινωνίας των υποσυστημάτων. Εξάλλου ακόμα και οι ενεργοποιητές, ενημερώνουν για τον

συναγερμό, μέσω σημάτων που είναι αισθητά με την ακοή ή την όραση. Στην περίπτωση που θα ήταν επιθυμητή η σήμανση του συναγερμού μέσω της αφής (π.χ. ελαφριά δόνηση στο χέρι του χειρούργου), τότε απαιτείται για λόγους εργονομίας η ασύρματη επικοινωνία. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να αναπτυχθεί σχετικό υλισμικό το οποίο περιλαμβάνει πηγή τροφοδοσίας, υποσύστημα επικοινωνίας (π.χ. Bluetooth), καθώς και υποσύστημα δόνησης. Αν και δεν έχει υλοποιηθεί στο πλαίσιο αυτής της πτυχιακής εργασίας, γίνεται η αναφορά για μελλοντική υλοποίηση σε περίπτωση που αυτό κριθεί επιθυμητό.

6.6 Εντοπισμός θέσης

Ο εντοπισμός της θέσης του νυστεριού πραγματοποιείται μέσω της μέτρησης της διαφοροποίησης της μαγνήτισης και η αντιστοίχιση με κάποια τιμή από προηγούμενες εργαστηριακές μετρήσεις. Δεδομένου ότι οι τέσσερις αισθητήρες-μαγνητόμετρα είναι πανομοιότυποι, παρουσιάζουν ακριβώς τις ίδιες μετρήσεις για διάφορες αποστάσεις από το σημείο αναφοράς σε κάθε άξονα. Για την αξιολόγηση της μέτρησης και τον εντοπισμό της θέσης του νυστεριού, πραγματοποιήθηκε η βαθμονόμηση σε τέσσερα (4) επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο είναι σε ύψος 0 cm (δηλαδή στο ίδιο επίπεδο των αισθητήρων με το σημείο αναφοράς) από το σημείο αναφοράς. Το δεύτερο επίπεδο απέχει 1 cm από το σημείο αναφοράς, το τρίτο 2 cm από το σημείο αναφοράς και το τέταρτο επίπεδο 3 cm από το σημείο αναφοράς.



Εικόνα 17: Επίπεδα αναφοράς από το δείκτη.

7. Υλοποίηση του συστήματος

7.1 Επιλογή δομικών στοιχείων

Αρχικά για την υλοποίηση του συστήματος έγινε δοκιμή ανάμεσα σε αισθητήρες Hall ss49 και μαγνητόμετρα mag3110. Τελικώς επιλέχθηκαν τα μαγνητόμετρα καθώς οι μετρήσεις με αυτά είχαν καλύτερα αποτελέσματα. Τα χαρακτηριστικά τους είναι τα εξής:

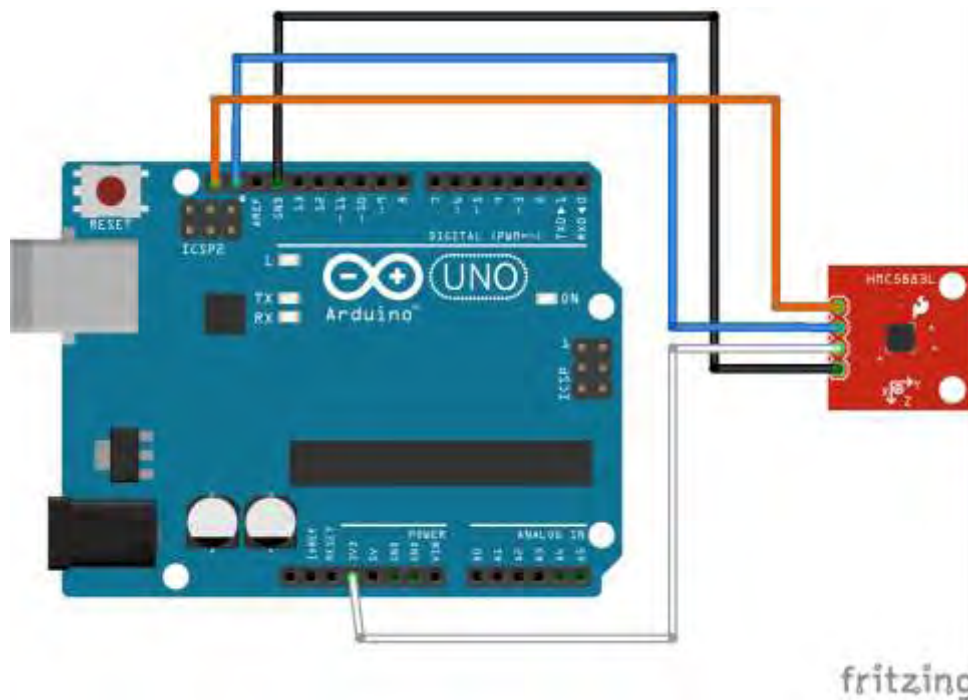
- 1.95 έως 3.6V τροφοδοσία
- 7-bit I2C διεύθυνση = 0x0E
- Πλήρες εύρος $\pm 1000\mu\text{T}$
- Ευαισθησία $0.10\mu\text{T}$
- Pull Up Resistor Jumper

Για να μπορέσει να τροφοδοτηθεί το σύστημα είναι απαραίτητος και ένας μικροελεγκτής, σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιήθηκε ένα Arduino Uno που έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά

- Μικροελεγκτής ATmega328
- Αρχιτεκτονική ελεγκτή AVR
- Τάση λειτουργίας: 5 VDC
- Τάση εισόδου 7-12 V προτεινόμενη
- Τάση εισόδου 6-20 V limit, min-max
- Ψηφιακές εισόδους/εξόδους 14 (6 PWM εξόδους)
- PWM Ψηφιακές εισόδους/εξόδους 6
- Αναλογικές εισόδους 6
- Ρεύμα ανα είσοδο/έξοδο 20mA
- Ρεύμα ανα είσοδο/έξοδο 3.3V 50mA
- Μνήμη Flash 32 KB απο τα οποία 0.5 KB χρησιμοποιούνται για το σύστημα
- Μνήμη SRAM 2 KB
- Μνήμη EEPROM 1 KB
- Ταχύτητα 16 MHz

7.2 Σύνδεση στοιχείων συστήματος

Η σύνδεση των επιμέρους στοιχείων γίνεται ενσύρματα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 18: Σύνδεση του Arduino με το μαγνητόμετρο

Το άσπρο καλώδιο είναι η σύνδεση της τροφοδοσίας, το μαύρο είναι η σύνδεση της γείωσης, το μπλε καλώδιο είναι η σύνδεση SDA, η οποία είναι η γραμμή των δεδομένων και τέλος το πορτοκαλί καλώδιο είναι η σύνδεση SCL η οποία είναι η γραμμή του ρολογιού και είναι υπεύθυνη για τη συγχρονισμένη μεταφορά των δεδομένων. (Robot Electronics)

7.3 Εντοπισμός θέσης

Ο εντοπισμός της θέσης του νυστεριού πραγματοποιείται μέσω της μέτρησης της διαφοροποίησης της μαγνήτισης και η αντιστοίχιση με κάποια τιμή από προηγούμενες εργαστηριακές μετρήσεις. Δεδομένου ότι οι τέσσερις αισθητήρες-μαγνητόμετρα είναι πανομοιότυποι, παρουσιάζουν ακριβώς τις ίδιες μετρήσεις για διάφορες αποστάσεις από το σημείο αναφοράς σε κάθε άξονα. Για την αξιολόγηση της μέτρησης και τον εντοπισμό της θέσης του νυστεριού, πραγματοποιήθηκε η βαθμονόμηση σε τέσσερα (4) επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο είναι σε ύψος 0 cm (δηλαδή στο ίδιο επίπεδο των αισθητήρων με το σημείο αναφοράς) από το σημείο αναφοράς. Το δεύτερο επίπεδο απέχει 1 cm από το σημείο αναφοράς, το τρίτο 2 cm από το σημείο αναφοράς και το τέταρτο επίπεδο 3 cm από τα σημείο αναφοράς.

7.3.1 Επίπεδο

-85	-82	-80	-77	-75	-72	-70	-67	-65
-193	-105	-98	-91	-85	-78	-72	-65	-63
-302	-210	-100	-91	-82	-73	-65	-63	-62
-411	-315	-112	-90	-77	-65	-62	-61	-61
-520	-420	-125	-80	-75	-60	-60	-60	-60
-406	-302	-95	-65	-60	-75	-62	-61	-61
-292	-184	-65	0	0	0	-65	-63	-62
-178	-65	0	0	0	0	0	-65	-63
-65	0	0	0	0	0	0	0	-65

Πίνακας 3: A1

-65	-178	-292	-406	-520	-411	-302	-193	-85
0	-65	-184	-302	-420	-315	-210	-105	-82
0	0	-65	-95	-125	-112	-100	-98	-80
0	0	0	-65	-80	-90	-91	-91	-77
0	0	0	-60	-75	-77	-82	-85	-75
0	0	0	-75	-60	-65	-73	-78	-72
0	0	-65	-62	-60	-62	-65	-72	-70
0	-65	-63	-61	-60	-61	-63	-65	-67
-65	-63	-62	-61	-60	-61	-62	-63	-65

Πίνακας 4: A2

-65	-67	-70	-72	-75	-77	-80	-82	-85
-63	-65	-72	-78	-85	-91	-98	-105	-193
-62	-63	-65	-73	-82	-91	-100	-210	-302
-61	-61	-62	-65	-77	-90	-112	-315	-411
-60	-60	-60	-60	-75	-80	-125	-420	-520
-61	-61	-62	-75	-60	-65	-95	-302	-406
-62	-63	-65	0	0	0	-65	-184	-292
-63	-65	0	0	0	0	0	-65	-178
-65	0	0	0	0	0	0	0	-65

Πίνακας 5: A3

-85	-193	-302	-411	-520	-406	-292	-178	-65
-82	-105	-210	-315	-420	-302	-184	-65	0
-80	-98	-100	-112	-125	-90	-65	0	0
-77	-91	-91	-90	-80	-65	0	0	0
-75	-85	-82	-77	-75	-60	0	0	0
-72	-78	-73	-65	-60	-75	0	0	0
-70	-72	-65	-62	-60	-62	-65	0	0
-67	-65	-63	-61	-60	-61	-63	-65	0
-65	-63	-62	-61	-60	-61	-62	-63	-65

Πίνακας 6: A4

7.3.2 1cm πάνω

-65	0	0	0	0	0	0	0	-65
-336	-65	0	0	0	0	0	-65	0
-607	-160	-65	0	0	0	-65	0	0
-878	-255	-107	-65	0	-65	0	0	0
-1150	-350	-150	-95	-65	-65	-65	-65	-65
-885	-261	-117	-85	-75	-65	0	0	0
-620	-173	-85	-80	-75	-70	-65	0	0
-355	-85	-81	-78	-75	-71	-68	-65	0
-90	-86	-83	-80	-77	-74	-71	-68	-65

Πίνακας 7: A5

Σύστημα ανίχνευσης προσέγγισης μεταλλικού αντικειμένου σε κρίσιμη απόσταση
από σηματοδοτημένο σημείο σε βιολογικό ιστό

-90	-355	-620	-885	-1150	-878	-607	-336	-65
-86	-85	-173	-261	-350	-255	-160	-65	0
-83	-81	-85	-117	-150	-107	-65	0	0
-80	-78	-80	-85	-95	-65	0	0	0
-77	-75	-75	-75	-65	0	0	0	0
-74	-71	-70	-65	-65	-65	0	0	0
-71	-68	-65	0	-65	0	-65	0	0
-68	-65	0	0	-65	0	0	-65	0
-65	0	0	0	-65	0	0	0	-65

Πίνακας 8: A6

-65	0	0	0	0	0	0	0	-65
0	-65	0	0	0	0	0	-65	-336
0	0	-65	0	0	0	-65	-160	-607
0	0	0	-65	0	-65	-107	-255	-878
-65	-65	-65	-65	-65	-95	-150	-350	-1150
0	0	0	-65	-75	-85	-117	-261	-885
0	0	-65	-70	-75	-80	-85	-173	-620
0	-65	-68	-71	-75	-78	-81	-85	-355
-65	-68	-71	-74	-77	-80	-83	-86	-90

Πίνακας 9: A7

-65	-336	-607	-878	-1150	-885	-620	-365	-90
0	-65	-160	-255	-350	-261	-173	-85	-86
0	0	-65	-107	-150	-117	-85	-81	-83
0	0	0	-65	-95	-85	-80	-78	-80
0	0	0	0	-65	-75	-75	-75	-77
0	0	0	-65	-65	-65	-70	-71	-74
0	0	-65	0	-65	0	-65	-68	-71
0	-65	0	0	-65	0	0	-65	-68
-65	0	0	0	-65	0	0	0	-65

Πίνακας 10: A8

7.3.3 2cm πάνω

-100	-96	-93	-90	-87	-84	-81	-78	-75
-200	-110	-105	-100	-95	-90	-85	-80	0
-300	-163	-105	-100	-95	-90	-85	-78	0
-400	-216	-125	-100	-97	-95	-82	-76	0
-500	-270	-145	-105	-95	-85	-80	-75	-75
-397	-211	-122	-100	-95	-90	-77	0	0
-295	-153	-100	-93	-97	-81	-75	0	0
-192	-95	-91	-88	-95	-81	-78	-75	0
-90	-88	-86	-84	-92	-80	-78	-76	-75

Πίνακας 11: A9

-90	-192	-295	-397	-500	-400	-300	-200	-100
-88	-95	-153	-211	-270	-216	-163	-110	-96
-86	-91	-100	-122	-145	-125	-105	-105	-93
-84	-88	-93	-100	-105	-100	-100	-100	-90
-92	-95	-97	-95	-95	-97	-95	-95	-87
-80	-81	-81	-90	-85	-95	-90	-90	-86
-78	-78	-75	-77	-80	-82	-85	-85	-81
-76	-75	0	0	-75	-76	-78	-80	-78
-75	0	0	0	-75	0	0	0	-75

Πίνακας 12: A10

-75	-78	-81	-84	-87	-90	-93	-96	-100
0	-80	-85	-90	-95	-100	-105	-110	-200
0	-78	-85	-90	-95	-100	-105	-163	-300
0	-76	-82	-95	-97	-100	-125	-216	-400
-75	-75	-80	-85	-95	-105	-145	-270	-500
0	0	-77	-90	-95	-100	-122	-211	-397
0	0	-75	-81	-97	-93	-100	-153	-295
0	-75	-78	-81	-95	-88	-91	-95	-192
-75	-76	-78	-80	-92	-84	-86	-88	-90

Πίνακας 13: A11

Σύστημα ανίχνευσης προσέγγισης μεταλλικού αντικειμένου σε κρίσιμη απόσταση
από σηματοδοτημένο σημείο σε βιολογικό ιστό

-100	-200	-300	-400	-500	-397	-295	-192	-90
-96	-110	-163	-216	-270	-211	-153	-95	-88
-93	-105	-105	-125	-145	-122	-100	-91	-86
-90	-100	-100	-100	-105	-100	-93	-88	-84
-87	-95	-95	-97	-95	-95	-97	-95	-92
-86	-90	-90	-95	-85	-90	-81	-81	-80
-91	-85	-85	-82	-80	-77	-75	-78	-78
-78	-80	-78	-76	-75	0	0	-75	-76
-75	0	0	0	-75	0	0	0	-75

Πίνακας 14: A12

7.3.4 3cm πάνω

-95	-93	-91	-89	-87	-85	-83	-81	-80
-125	-110	-105	-100	-95	-90	-85	-80	0
-155	-140	-115	-107	-100	-92	-85	0	0
-185	-170	-130	-105	-95	-85	-97	0	0
-215	-200	-145	-115	-105	-100	-90	-80	-80
-187	-170	-125	-95	-97	-10	0	-81	-81
-160	-140	-105	-101	-97	-93	-90	-83	-82
-132	-110	-105	-101	-97	-93	-89	-85	-83
-105	-102	-100	-97	-95	-92	-90	-87	-85

Πίνακας 15: A13

-105	-132	-160	-187	-215	-185	-155	-125	-95
-102	-110	-140	-170	-200	-170	-140	-110	-93
-100	-105	-105	-125	-145	-130	-115	-105	-91
-97	-101	-101	-95	-115	-105	-107	-10	-89
-95	-97	-97	-97	-105	-95	-100	-95	-87
-92	-93	-93	-100	-100	-85	-92	-90	-85
-90	-89	-90	0	-90	-87	-85	-85	-83
-87	-85	-83	-81	-80	0	0	-80	-81
-85	-83	-82	-81	-80	0	0	0	-80

Πίνακας 16: A14

-80	-81	-83	-85	-87	-89	-91	-93	-95
0	-80	-85	-90	-95	-100	-105	-110	-125
0	0	-85	-92	-100	-107	-115	-140	-155
0	0	-87	-85	-95	-105	-130	-170	-180
-80	-80	-90	-100	-105	-115	-145	-200	-210
-81	-81	0	-100	-97	-95	-125	-170	-187
-82	-83	-90	-93	-97	-101	-105	-140	-160
-83	-85	-89	-93	-97	-101	-105	-110	-132
-85	-87	-90	-92	-95	-97	-100	-102	-105

Πίνακας 17: A15

-95	-125	-155	-185	-215	-187	-160	-132	-105
-93	-110	-140	-170	-200	-170	-140	-110	-102
-91	-105	-115	-130	-145	-125	-105	-105	-100
-89	-100	-107	-105	-115	-95	-101	-101	-97
-87	-95	-100	-95	-105	-97	-97	-97	-95
-85	-90	-92	-85	-100	-100	-93	-93	-92
-83	-85	-85	-87	-90	0	-90	-89	-90
-81	-80	0	0	-80	-81	-83	-85	-87
-80	0	0	0	-80	-81	-82	-83	-85

Πίνακας 18: A16

7.4 Λογισμικό εφαρμογής

Ενδεικτικά προσφέρονται κάποιες συναρτήσεις οι οποίες είναι βασικές στην υλοποίηση του λογισμικού. Το σύνολο του κώδικα βρίσκεται στο παράρτημα και δεν αναλύεται γραμμή-προς-γραμμή γιατί δεν θεωρείται αυτό το πραγματικό αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Στη `setup()` συνάρτηση του κώδικα γίνεται η αρχικοποίηση του μαγνητόμετρου καθώς και η ενεργοποίησή του. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

```
5 void setup() {  
6   Serial.begin(9600);  
7  
8   mag.initialize(); //Initializes the mag sensor  
9   mag.start();      //Puts the sensor in active mode  
10 }
```

Εικόνα 19: Συνάρτηση `setup()`

Η συνάρτηση `setup()` τρέχει μόνο μία φορά και δεν επαναλαμβάνεται μέχρι να γίνει επαναφορά (reset) του Arduino. Στη συνέχεια στη συνάρτηση `loop()` αφού γίνει η δήλωση των μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν, με την εντολή που φέρεται στην παρακάτω εικόνα γίνεται η ανάγνωση των δεδομένων που λαμβάνει το μαγνητόμετρο.

```
20 //Read the data  
21 mag.readMag(&x, &y, &z);
```

Εικόνα 20: Ανάγνωση δεδομένων

Αξιοποιήθηκαν συγκεκριμένες βιβλιοθήκες, όπως οι **SparkFun_MAG3110.h**, **Wire.h**, **Adafruit_Sensor.h**, ενώ λόγω του πολυπλέκτη που χρησιμοποιήθηκε, ορίζεται και η βασική διεύθυνση του SDA σε 0x70, με **#define TCAADDR 0x70**.

Η επιλογή του κατάλληλου μαγνητόμετρου πραγματοποιείται υλοποιώντας την παρακάτω κλήση, η οποία προσδίδει στην αντίστοιχη είσοδο του πολυπλέκτη μια διεύθυνση αναφοράς. Αυτό απαιτείται, γιατί όπως αναφέρεται στην αμέσως επόμενη ενότητα αξιοποιείται το I2C για την επικοινωνία των 4 διασυνδεδεμένων μαγνητόμετρων με την μονάδα ελέγχου.

```
13 void tcselect(uint8_t i) {  
14     if (i > 7) return;  
15  
16     Wire.beginTransmission(TCAADDR);  
17     Wire.write(1 << i);  
18     Wire.endTransmission();  
19 }
```

Εικόνα 21: Αρχικοποίηση πολυπλέκτη

7.5 Υλοποίηση συστήματος

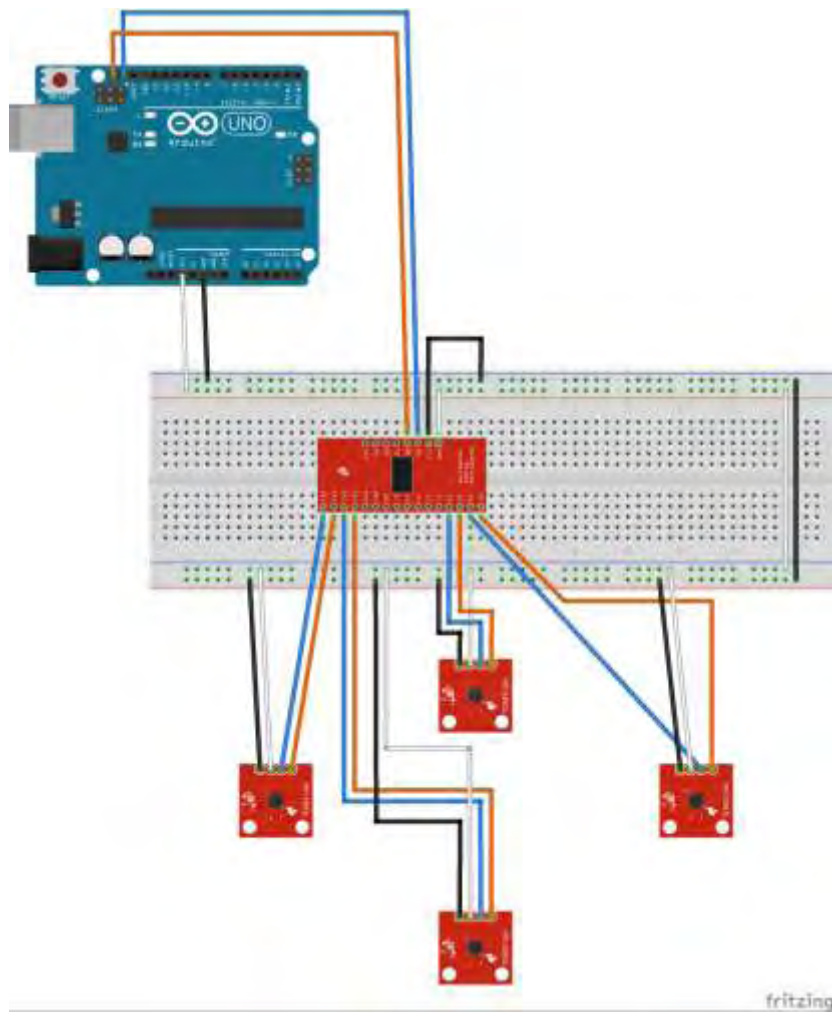
Όταν θέλουμε να επικοινωνήσουμε μεταξύ μας χρησιμοποιούμε τη γλώσσα. Αν δύο άτομα μιλούν την ίδια γλώσσα μπορούν να μιλήσουν με άνεση για όλα τα είδη των θεμάτων, εάν όμως δεν μιλούν την ίδια γλώσσα η επικοινωνία είναι πιο δύσκολη. Με τον ίδιο τρόπο πρέπει να επικοινωνούν και τα ηλεκτρονικά μέρη. Οι πιο δημοφιλείς «γλώσσες ηλεκτρονικών» είναι οι TTL Serial, SPI, I2C, I2S, 1-Wire και Parallel (όπως 8080 ή 6800). Το 1-Wire και το I2C είναι αληθινά πρωτόκολλα κοινόχρηστου διαύλου – με αυτά μπορούν να συνομιλήσουν ταυτόχρονα πάνω από 100 δομικά στοιχεία χρησιμοποιώντας μόνο 2 καλώδια.

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο I2C. Το I2C είναι πολύ δημοφιλές επειδή αν και χρησιμοποιεί μόνο 2 καλώδια μπορούν να τα μοιράζονται πολλές συσκευές. Αυτό τον καθιστά έναν εξαιρετικό τρόπο σύνδεσης πολλών αισθητήρων χωρίς να γίνει χρήση όλων των ακροδεκτών των μικροελεγκτή. Το μόνο αρνητικό είναι ότι κάθε συσκευή I2C πρέπει να έχει μία μοναδική διεύθυνση, οι διευθύνσεις κυμαίνονται από 0 έως 127 (0x00 έως 0x7E hex). Πράγμα που σημαίνει ότι αν έχουμε για παράδειγμα δύο επιταχυνσιόμετρα που έχουν την ίδια διεύθυνση 0x22, δεν μπορούν να βρισκονται και τα δύο στην ίδια γραμμή.

Κάποιες λύσεις για το παραπάνω πρόβλημα είναι οι εξής:

- Απενεργοποίηση κάποιων αισθητήρων την φορά
- Κάποιες πλακέτες δίνουν δυνατότητα αλλαγής της διεύθυνσης
- Ορισμένες συσκευές έχουν μία επαναπρογραμματιζόμενη διεύθυνση λογισμικού, όπου έχουν μία διεύθυνση κατά την εκκίνηση αλλά μπορεί να τους δοθεί εντολή να αλλάξουν διεύθυνση
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα I2C πολυπλέκτης όπως ο TCS9548A όπου θα χρησιμοποιείται μία διεύθυνση I2C για να επικοινωνεί με τον πολυπλέκτη και γίνεται επιλογή για το ποια γραμμή θα ενεργοποιείται κάθε φορά. (Adafruit)

Τα μαγνητόμετρα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή έχουν την ίδια διεύθυνση οπότε χρησιμοποιήθηκε ένας πολυπλέκτης TCS9548A.



Εικόνα 22: Υλοποίηση συστήματος

7.6 Περιγραφή λειτουργίας συστήματος

Αρχικά, όπως έχει προαναφερθεί, το σύστημα τοποθετείται περιμετρικά γύρω από το δείκτη με τέτοιο τρόπο ώστε ο δείκτης να βρίσκεται στο κέντρο του κύκλου που σχηματίζεται από τα τέσσερα (4) μαγνητόμετρα. Το σύστημα ενεργοποιείται όταν κατά την εγχείρηση ο γιατρός κόψει πιο κοντά στην περιοχή στόχο, δηλαδή τον όγκο, από όσο θα έπρεπε.

Στην άκρη του δείκτη είναι τοποθετημένος ένας μικρός μαγνήτης για να μπορέσει να γίνει πιο εύκολα ο εντοπισμός του νυστεριού. Λόγω των μαγνητικών ιδιοτήτων του νυστεριού όταν αυτό πλησιάζει τον δείκτη δημιουργείται μία μεταβολή στο μαγνητικό πεδίο. Αφού έχει οριστεί από εμάς μέχρι ποια θα είναι η φυσιολογική τιμή του πεδίου, όταν το νυστέρι θα πλησιάζει πολύ κοντά στην περιοχή που μας ενδιαφέρει, με αποτέλεσμα η τιμή του μαγνητικού πεδίου, η οποία μετράται από τα

μαγνητόμετρα, να φτάνει στο όριο που έχουμε θέσει. Όταν λοιπόν η τιμή αυτή είναι στο όριο ενεργοποιείται το ηχείο ή η φωτοδίοδος βοηθώντας το χειρουργό να γνωρίζει περίπου που βρίσκεται το νυστέρι και στην συνέχεια να το απομακρύνει.

Σε μελλοντικό στάδιο η φωτοδίοδος και το ηχείο μπορούν να αντικατασταθούν με ένα βραχιολάκι που θα βρίσκεται πάνω στο χειρουργό. Το βραχιολάκι όταν θα δέχεται το σήμα από τα μαγνητόμετρα θα δημιουργεί μία μικρή δόνηση έτσι ώστε να τον ενημερώνει για την τοποθεσία του νυστεριού. Δεν έχει υλοποιηθεί ακόμη αλλά είναι ένα μελλοντικό ενδεχόμενο.

8. Αξιολόγηση

Για την αξιολόγηση της προτεινόμενης συσκευής πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από μετρήσεις. Οι μετρήσεις έδειξαν ότι είναι δυνατή αφενός η μέτρηση της απόστασης από το δεικτοδοτημένο σημείο, καθώς και η προειδοποίηση για την παραβίαση ενός ορίου αναφοράς.

8.1 Μέτρηση της ικανότητας ανίχνευσης της αλλοίωσης του μαγνητικού πεδίου από μεταλλικό αντικείμενο

Αρχικά αξιοποιήθηκε η συνδεσμολογία η οποία απεικονίζεται στην Εικόνα 18 προκειμένου να επιβεβαιωθεί το σκεπτικό της μέτρησης της μαγνήτισης προκειμένου να υπολογιστεί η απόσταση από το μαγνητόμετρο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο επίπεδο του δεικτοδοτημένου σημείου και προέκυψαν τα ακόλουθα νούμερα, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

					ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ				
	-85	-82	-80	-77	-75	-72	-70	-67	-65
	-193	-105	-98	-91	-85	-78	-72	-65	-63
	-302	-210	-100	-91	-82	-73	-65	-63	-62
	-411	-315	-112	-90	-77	-65	-62	-61	-61
ΘΕΣΗ ΜΑΓΝΗΤΟΜΕΤΡΟΥ	-520	-420	-125	-80	-75	-60	-60	-60	-60
	-406	-302	-95	-65	-60	-75	-62	-61	-61
	-292	-184	-65	0	0	0	-65	-63	-62
	-178	-65	0	0	0	0	0	-65	-63
	-65	0	0	0	0	0	0	0	-65

Πίνακας 19: Μέτρηση μαγνήτισης (x,y,z) από το μαγνητόμετρο σε σχέση με το σημείο αναφοράς

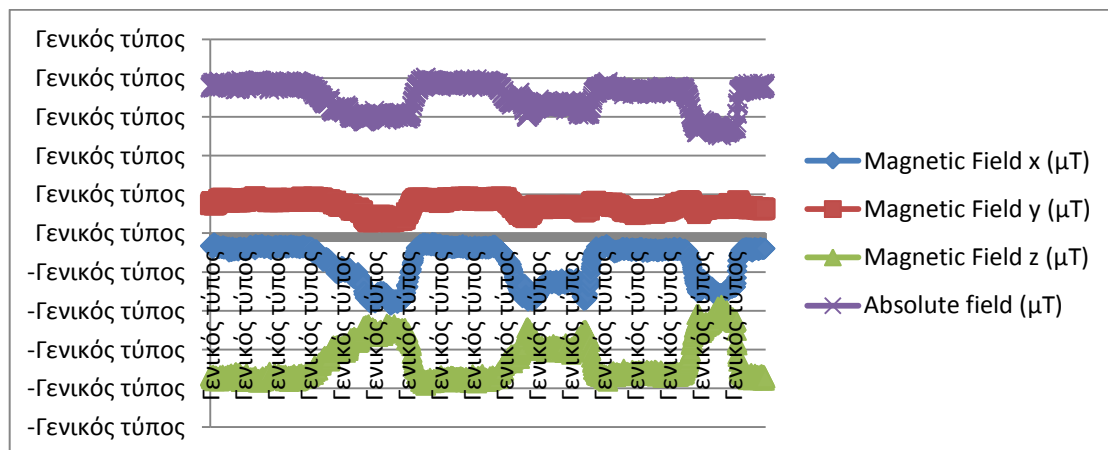
Παρατηρείται υψηλή απόλυτη τιμή, όσο πιο κοντά βρίσκεται η θέση του νυστεριού προς το μαγνητόμετρο. Με σχετική ακρίβεια μπορεί να εντοπιστεί η απόσταση του νυστεριού όταν βρίσκεται ανάμεσα στο σημείο δείκτη και το μαγνητόμετρο. Δεν είναι δυνατή η ανίχνευση στην περίπτωση που βρίσκεται πέρα του σημείου δείκτη.

Η αδυναμία αξιόπιστης μέτρησης πέρα από τον άξονα που ορίζεται μεταξύ του μαγνητόμετρου και του σημείου δείκτη, οδήγησε στην επιλογή χρήσης των τεσσάρων πανομοιότυπων μαγνητόμετρων, προκειμένου να οριστούν δύο άξονες (κάθετος και οριζόντιος, με δύο πεδία τιμών το καθένα δηλαδή θετικό και αρνητικό).

8.2 Μέτρηση της ικανότητας ανίχνευσης της αλλοίωσης του μαγνητικού πεδίου από μεταλλικό αντικείμενο σε βιολογικό ιστό

Το ίδιο πείραμα επαναλήφθηκε με τη διαφορά ότι ο δείκτης είχε τοποθετηθεί εντός βιολογικού ιστού και συγκεκριμένα χοιρινού μαλακού ιστού, ο οποίος ομοιάζει στα χαρακτηριστικά με τον ανθρώπινο. Σε αυτή την περίπτωση έγιναν δοκιμές με το μαγνητικό υλικό προσαρτημένο στο δείκτη και με διάφορες φορές προσέγγισης του νυστεριού.

Και σε αυτή την περίπτωση ήταν ικανοποιητική η ανίχνευση της εισόδου του νυστεριού στο μαγνητικό πεδίο και αναγνωριζόταν με ικανοποιητική ακρίβεια η απόσταση έμμεσα από τη μαγνήτιση. Παρακάτω φαίνονται διάφορα αποτελέσματα από τη μέτρηση της μαγνήτισης στο σημείο του δείκτη ανάλογα με τον άξονα προσέγγισης. Παρατηρείται ότι οποιαδήποτε προσέγγιση πέρα ενός ορίου δημιουργεί τιμή μαγνήτισης διαφορετική της ηρεμίας (δηλαδή 80μT στην περίπτωση του μαγνητικού πεδίου που είχε δημιουργηθεί από το μικρό μαγνήτη στο δείκτη). Η συμπεριφορά αυτή είναι ενδεικτική της ικανότητας μέτρησης και εντός του βιολογικού ιστού. (Σημείωση: Ο οριζόντιος άξονας στην παρακάτω εικόνα είναι ο χρόνος σε sec)



Εικόνα 23: Μέτρηση μαγνήτισης όταν προσεγγίζεται ο δείκτης εντός βιολογικούς ιστού από διαφορετικούς άξονες.

Σε αυτή την περίπτωση, ενώ διαπιστώθηκε η επίδραση στη μαγνήτιση, από την απόσταση του δείκτη, ανεξάρτητα από την κατεύθυνση κίνησης (άξονα προσέγγισης)

παρατηρείται μια αδυναμία αναγνώρισης της ακριβούς θέσης του μεταλλικού αντικειμένου.

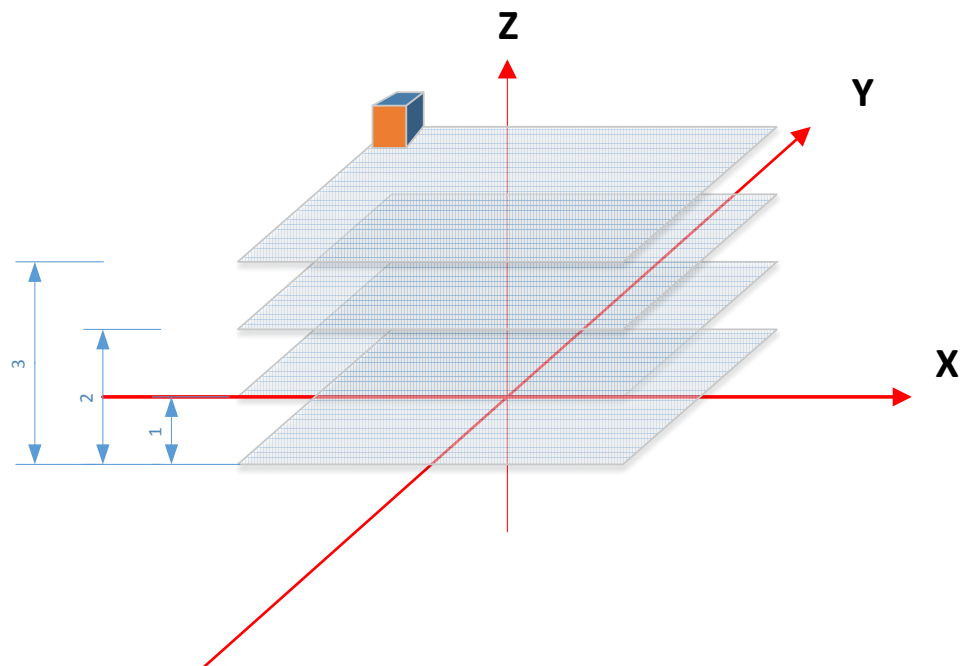
Η προτεινόμενη προσέγγιση που αναφέρθηκε νωρίτερα με τη δημιουργία μιας κυκλικής κατασκευής οι οποία θα ενσωματώνει τέσσερεις πανομοιότυπους αισθητήρες-μαγνητόμετρα, είναι και σε αυτή την περίπτωση η λύση καθώς αναγνωρίζεται με αρκετή ακρίβεια η θέση.

8.3 Μέτρηση με την προτεινόμενη διάταξη

Με βάση τα χαρακτηριστικά του δείκτη που αναπτύχθηκε (αξιοποίηση μικρού μαγνήτη) και τα οποία είναι ίδια με αυτό που παρουσιάζονται στον Πίνακα 19, πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις για την επιβεβαίωση της δυνατότητας ανίχνευσης αλλά και της μέτρησης της απόστασης.

8.3.1 Μακριά από το δείκτη

Αρχικά πραγματοποιήθηκε μέτρηση η οποία αφορούσε το πάνω αριστερό μέρος του κύβου που δημιουργείται με το κάτω επίπεδο κεντραρισμένο στο δείκτη (βλ. παρακάτω εικόνα).



Εικόνα 24: Σημείο εισόδου του μεταλλικού αντικειμένου, πάνω αριστερά και μακριά (3 cm ύψος και 3 cm στους άξονες x και y)

Σε αυτή την περίπτωση οι αισθητήρες έδωσαν τις παρακάτω μετρήσεις:

$$\text{MAG1} = -95$$

$$\text{MAG2} = -105$$

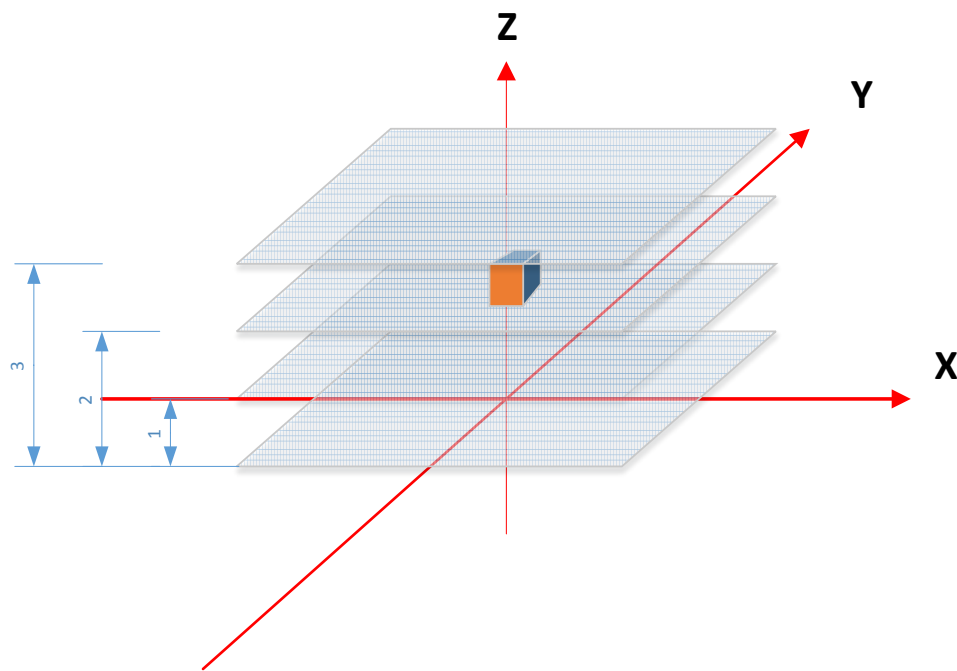
$$\text{MAG3} = -80$$

$$\text{MAG4} = -95$$

Διατρέχοντας τους πίνακες ανά κελί και εξετάζοντας τις τετράδες τιμών, είναι δυνατόν να εντοπιστεί ότι το μόνο κελί που έχει τη μικρότερη απόκλιση είναι αυτό των 3 cm και συγκεκριμένα το στοιχείο στο κελί (0,0) των πινάκων. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται και από τους πίνακες A13-A16

8.3.2 Στα 2cm κατακόρυφα από το δείκτη

Σύμφωνα με το δεύτερο σενάριο, το μεταλλικό αντικείμενο βρίσκεται 2 cm κάθετα πάνω από το δείκτη. Αυτή η απόσταση έχει δηλωθεί και ως σημείο ειδοποίησης (warning).



Εικόνα 25: Σημείο εισόδου του μεταλλικού αντικειμένου, ακριβώς 2 cm κατακόρυφα πάνω από το σημείο δείκτη

Σε αυτή την περίπτωση οι αισθητήρες έδωσαν τις παρακάτω μετρήσεις:

$$\text{MAG1} = -95$$

Σύστημα ανίχνευσης προσέγγισης μεταλλικού αντικειμένου σε κρίσιμη απόσταση
από σηματοδοτημένο σημείο σε βιολογικό ιστό

MAG2 = -95

MAG3 = -95

MAG4 = -95

Διατρέχοντας τους πίνακες ανά κελί και εξετάζοντας τις τετράδες τιμών, είναι δυνατόν να εντοπιστεί ότι το μόνο κελί που έχει τη μικρότερη απόκλιση είναι αυτό των 2 cm και συγκεκριμένα το στοιχείο στο κελί (4,4) των πινάκων. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται και από τους πίνακες A9-A12.

Το γεγονός ότι πρόκειται για μέτρηση στους πίνακες των 2 cm και συγκεκριμένα στην περιοχή που ορίζεται από τα κελιά (3,3) – (5,5), αποφασίστηκε να είναι η σκανδάλη του σήματος προειδοποίησης (warning signal). Βλέπε παρακάτω τον πίνακα για να γίνει κατανοητό.

Πίνακας 20: Περιοχή προσδιορισμού προειδοποίησης

Με αυτό τον τρόπο, είναι δυνατός ο περιορισμός των ελέγχων μόνο στα κελιά ενδιαφέροντος των πινάκων των 2 cm.

8.3.3 Στο 1cm δεξιά από το δείκτη

Σύμφωνα με το τρίτο σενάριο, το μεταλλικό αντικείμενο βρίσκεται 1 cm δεξιά και πάνω από το δείκτη. Αυτή η απόσταση έχει δηλωθεί και ως σημείο κινδύνου (alarm).

Σε αυτή την περίπτωση οι αισθητήρες έδωσαν τις παρακάτω μετρήσεις:

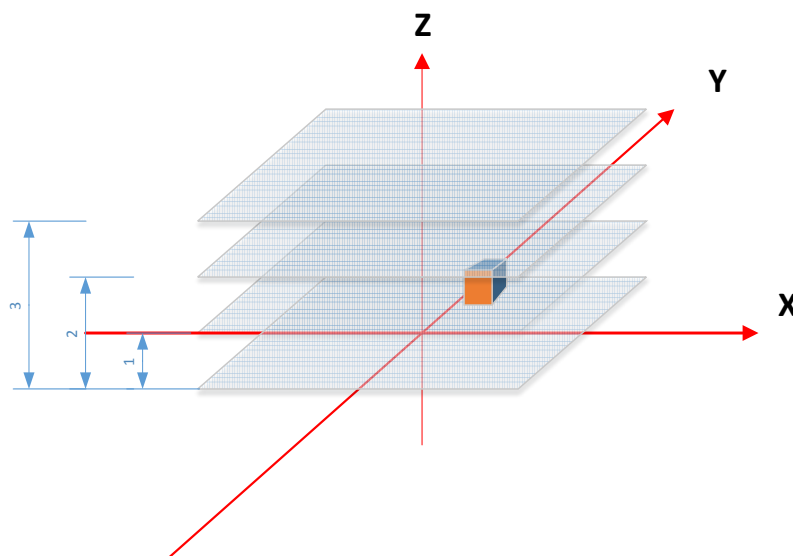
MAG1 = -65

MAG2 = 0

MAG3 = -94

MAG4 = -74

Διατρέχοντας τους πίνακες ανά κελί και εξετάζοντας τις τετράδες τιμών, είναι δυνατόν να εντοπιστεί ότι το μόνο κελί που έχει τη μικρότερη απόκλιση είναι αυτό των 1 cm και συγκεκριμένα το στοιχείο στο κελί (5,4) των πινάκων. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται και από τους πίνακες A5-A8.



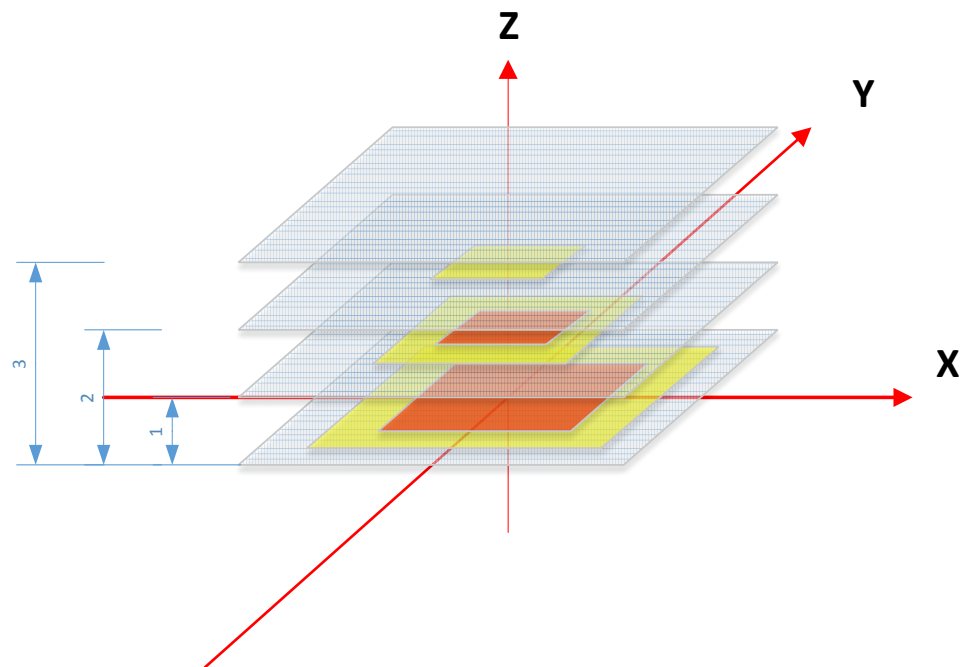
Εικόνα 26: Σημείο εισόδου του μεταλλικού αντικειμένου, πάνω δεξιά (1 cm ύψος και 1 cm στα δεξιά -άξονας x)

Πίνακας 21: Περιοχή προσδιορισμού κινδύνου

Το γεγονός ότι πρόκειται για μέτρηση στους πίνακες των 1 cm και συγκεκριμένα στην περιοχή που ορίζεται από τα κελιά (2,2) – (6,6), αποφασίστηκε να είναι η σκανδάλη του σήματος κινδύνου (alarm signal). Βλέπε παραπάνω τον πίνακα για να γίνει κατανοητό.

8.4 Προτεινόμενες περιοχές ενδιαφέροντος

Παρατηρείται ότι ορίζοντας στους πίνακες A1-A16 τις περιοχές ενδιαφέροντος, δηλαδή περιοχές προειδοποίησης και κινδύνου, είναι δυνατή η μείωση των στοιχείων των πινάκων που ελέγχονται και η έγκαιρη ειδοποίηση του χειρουργού. Παρακάτω παρουσιάζεται η προτεινόμενη οριοθέτηση των περιοχών, όπου με κίτρινο χρώμα είναι η περιοχή προειδοποίησης και με κόκκινο η περιοχή κινδύνου. Υπενθυμίζεται ότι κατά προσέγγιση, η απόσταση των 2cm είναι ορίζει την περιοχή της προειδοποίησης ενώ του 1cm αυτή του κινδύνου.



Εικόνα 27: Περιοχές προειδοποίησης και κινδύνου

9. Συμπεράσματα

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολήθηκε με την μελέτη, σχεδίαση και ανάπτυξη συστήματος ανίχνευσης και μέτρησης της απόστασης προσέγγισης ενός μεταλλικού αντικειμένου σε δεικτοδοτημένο βιολογικό ιστό. Μελετήθηκε η έλλειψη και η ανάγκη για την ύπαρξη ενός υποστηρικτικού εργαλείου για τις ενέργειες που απαιτούνται να γίνουν σε ό,τι αφορά τη δεικτοδότηση ενός σημείου. Συνήθως πρόκειται για εγχειρήσεις αφαίρεσης καρκινικού όγκου και αυτή η πτυχιακή εργασία χρησιμοποίησε αυτή την απαίτηση/ανάγκη ως προδιαγραφή για την ανάπτυξη του συστήματος.

Αξιοποιώντας τις ιδιότητες της μαγνήτισης υλικών και την χαρακτηριστική αλλοίωση του μαγνητικού πεδίου κατά την είσοδο σε αυτό ενός μεταλλικού αντικειμένου, επιλέχθηκε η δημιουργία μιας κατασκευής στην οποία εγκαθίστανται ανά 90° μαγνητόμετρα. Τα υλικά και το λογισμικό είναι φτηνά, εύκολα διαθέσιμα και κάποια από αυτά ανοικτά για τους δημιουργούς. Στο κέντρο της κυκλικής κατασκευής, η οποία στο κέντρο της έχει το δεικτοδοτημένο σημείο, θεωρείται ότι βρίσκεται το σημείο αναφοράς. Η μαγνήτιση που μετράται από κάθε μαγνητόμετρο υποδηλώνει έμμεσα την απόσταση του μεταλλικού αντικειμένου από το μαγνητόμετρο αλλά και κατ' επέκταση από το σημείο αναφοράς.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, έδειξαν ότι είναι δυνατή η ανίχνευση της θέσης του νυστεριού στον τρισδιάστατο χώρο, με ικανοποιητική ακρίβεια και με αυτό τον τρόπο μπορεί να ειδοποιηθεί ο χειρουργός για την περίπτωση προσέγγισης στο δεικτοδοτημένο σημείο. Ορίζοντας τα σημεία προειδοποίησης και κινδύνου, ειδοποιείται με οπτικό και ηχητικό μέσο, προκειμένου να μην επηρεαστεί από το έργο του.

Πρόκειται για την πρώτη φορά που παρουσιάζεται μια τέτοια προσέγγιση στη διεθνή βιβλιογραφία και σκοπός της εργασίας είναι να αποτελέσει τη βάση για την βελτίωση και την εξέλιξη αυτής της συσκευής.

Βιβλιογραφία

- A.R. Gafton, , S.M. Cohen, J.D. Eastwood, M.K. Dang, and J.K. Hoang. (n.d.). *AJNR*. Ανάκτηση 9 13, 2018, από <http://www.ajnr.org/content/34/4/E39>
- Adafruit*. (n.d.). Ανάκτηση September 24, 2018, από <https://learn.adafruit.com/i2c-addresses?view=all>
- Andreas H. Mahnken, Kai E. Wilhelm, Jens Ricke. (n.d.). *CT- and MR-Guided Interventions in Radiology*. Ανάκτηση February 27, 2018, από https://books.google.gr/books?id=aKfcDKAx_EC&pg=PA197&lpg=PA197&dq=978-3-642-33581-5_12&source=bl&ots=cimf1USQMF&sig=XfwTzh3QWkjXQuYH4nCdjqWQas&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwi-3trB7cXZAhVMYVAKHSFvDQUQ6AEIKzAB#v=onepage&q=978-3-642-33581-5_12&f=false
- Buca*. (n.d.). Ανάκτηση 5 2, 2018, από <https://www.bupa.co.uk/health-information/directory/c/ctscan>
- Bupa*. (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από <https://www.bupa.co.uk/health-information/your-appointment/ctscan>
- Cancer Research UK*. (n.d.). Ανάκτηση 2 27, 2018, από <http://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/breast-cancer/treatment/surgery/remove-just-area-cancer>
- Cancer Research UK*. (n.d.). Ανάκτηση 4 18, 2018, από www.cancerresearchuk.org/about-cancer/lung-cancer/treatment/surgery/types
- Cancer Research UK*. (n.d.). Ανάκτηση 5 2, 2018, από <http://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/cancer-in-general/tests/ct-scan>
- Cancer Support Community* . (n.d.). Ανάκτηση 2 27, 2018, από <https://www.cancersupportcommunity.org/learn-about-cancer/learn-about-cancer-types/breast-cancer/breast-cancer-treatment-options-and-side-effects>
- Cancer.net*. (n.d.). Ανάκτηση 5 6, 2018, από <https://www.cancer.net/navigating-cancer-care/diagnosing-cancer/tests-and-procedures/ultrasound>
- Hyper Physics*. (n.d.). Ανάκτηση 3 6, 2018, από <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/Hall.html>
- Mayo Clinic*. (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από <https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/mastectomy/about/pac-20394670>
- Medcare*. (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από http://www.medcarediagnostics.com/website/cancer_mamography.php
- Medcare* . (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από http://www.medcarediagnostics.com/website/cancer_mamography.php

Σύστημα ανίχνευσης προσέγγισης μεταλλικού αντικειμένου σε κρίσιμη απόσταση
από σηματοδοτημένο σημείο σε βιολογικό ιστό

- Medical news today.* (n.d.). Ανάκτηση 5 4, 2018, από <https://www.medicalnewstoday.com/articles/146309.php>
- Medscape.* (n.d.). Ανάκτηση 4 18, 2018, από <https://emedicine.medscape.com/article/1970013-overview#showall>
- Medventura.* (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από <https://www.medventura.com/healthaffairs/mri-scanner-buying-guide/>
- My Virtual Medical Center.* (n.d.). Ανάκτηση 5 1, 2018, από <https://www.myvmc.com/investigations/mammography-breast-imaging/>
- Net Doctor.* (n.d.). Ανάκτηση 5 4, 2018, από <http://www.netdoctor.co.uk/procedures/examinations/a1161/mri-scan/>
- Oncohemema Key.* (n.d.). Ανάκτηση 5 4, 2018, από <https://oncohemakey.com/needle-localization/>
- Robot Electronics.* (n.d.). Ανάκτηση September 21, 2018, από <http://www.robot-electronics.co.uk/i2c-tutorial>
- ScienceABC.* (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από <https://www.scienceabc.com/innovation/how-ultrasound-scanning-sonography-3d-sonogram-work-pregnancy-due-date.html>
- Society Of Diagnostic Medical Sonography.* (n.d.). Ανάκτηση 5 6, 2018, από <http://www.sdms.org/resources/what-is-sonography/understanding-sonography>
- Sparkfun.* (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από Light-Emitting Diodes (LEDs): <https://learn.sparkfun.com/tutorials/light-emitting-diodes-leds>
- TeachMeSurgery.* (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από <http://teachmesurgery.com/cardiothoracic-incisions/>
- Wikipedia.* (n.d.). Ανάκτηση 4 18, 2018, από https://en.wikipedia.org/wiki/Video-assisted_thoracoscopic_surgery
- Wikipedia.* (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode
- Wikipedia.* (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από <https://en.wikipedia.org/wiki/Loudspeaker>
- Wikipedia.* (n.d.). Ανάκτηση September 14, 2018, από https://en.wikipedia.org/wiki/Median_sternotomy
- Νικολαΐδου, Μ. (n.d.). *Ανάλυση Απαιτήσεων Απαιτήσεις Λογισμικού.* Ανάκτηση 4 2, 2018, από https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/DIT187/%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%9F%CE%A5%CE%A3%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3/se02_requirements.pdf
-

Τζιτζικας, Γ. (n.d.). *Καθορισμός των Απαιτήσεων*. Ανάκτηση 2 4, 2018, από http://www.csd.uoc.gr/~hy351/2007/downloads/Lectures/IS_06a_Requirements_Determination.pdf

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΣΤΟΥ

Ο καρκίνος του μαστού είναι ένας κακοήθης όγκος (σύνολο από καρκινικά κύτταρα) που προέρχεται από τα κύτταρα του μαστού. Αν και ο καρκίνος του μαστού εμφανίζεται κυρίως στις γυναίκες, είναι πιθανό, αλλά σπάνιο να επηρεάσει και τους άνδρες. Το ποσοστό όμως είναι πολύ μικρό καθώς κατά προσέγγιση στις Η.Π.Α. διαγιγνώσκονται ετησίως περίπου 2.400 νέα κρούσματα.

Ο καρκίνος του μαστού είναι ο πιο επεμβατικός καρκίνος και η δεύτερη κατά σειρά αιτία θανάτου από καρκίνο στις γυναίκες μετά τον καρκίνο του πνεύμονα. Τα πρώτα συμπτώματα είναι κάποια περιοχή του ιστού η οποία είναι πιο παχιά ή κάποιο ογκίδιο στην περιοχή του στήθους ή της μασχάλης. Άλλα συμπτώματα είναι τα εξής:

- Πόνος στο στήθος ή στη μασχάλη ο οποίος δεν αλλάζει κατά τη διάρκεια του έμμηνου κύκλου
- Κοκκίνισμα ή ανάγλυφο δέρμα όπως η φλούδα του πορτοκαλιού
- Ένα εξάνθημα γύρω ή πάνω στη μία εκ των δύο θηλών
- Κάποια έκκριση από τη θηλή, που πιθανόν να περιέχει αίμα
- Μία βυθισμένη ή ανεστραμμένη θηλή
- Κάποια αλλαγή στο μέγεθος ή στο σχήμα του στήθους
- Ξεφλούδισμα του δέρματος στο στήθος ή στη θηλή

Τα περισσότερα ογκίδια δεν είναι καρκινικά, αλλά θα πρέπει να ελέγχονται από κάποιον ειδικό.

Τα στάδια του καρκίνου χωρίζονται με βάση το μέγεθος του όγκου και αν αυτός έχει εξαπλωθεί στους λεμφαφένες ή σε άλλα μέρη του σώματος. Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι διαφοροποίησης των σταδίων του μαστού. Ένας από αυτούς είναι από το στάδιο 0 στο στάδιο 4, τα οποία μπορούν διαχωριστούν σε μικρότερα στάδια.

Στάδιο 0: Ο καρκίνος σε αυτό το στάδιο αποκαλείται καρκίνωμα στην αρχική του θέση (carcinoma in situ), τα κύτταρα είναι περιορισμένα μέσα σε έναν πόρο και δεν έχουν εισβάλει στους περιβάλλοντες ιστούς. Η πιο διαδεδομένη μορφή είναι αυτή όπου τα μη φυσιολογικά κύτταρα που εντοπίζονται στους αγωγούς του μητρικού γάλακτος. Σε αυτό το στάδιο μπορεί να θεραπευτεί αποτελεσματικά.

Στάδιο 1: Σε αυτό το στάδιο ο καρκίνος είναι εμφανής, αλλά είναι περιορισμένος μόνο στην περιοχή όπου πρωτοεμφανίστηκαν τα μη φυσιολογικά κύτταρα. Το 1^ο στάδιο μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη, το στάδιο 1A και το στάδιο 1B. Η διαφορά τους είναι το μέγεθος του όγκου και η επέκταση στους λεμφαδένες.

- Στο 1A ο όγκος είναι μικρότερος από 2 εκατοστά (2cm) και δεν έχει εξαπλωθεί στους λεμφαδένες.
- Στο 1B υπάρχει ένδειξη καρκίνου στους λεμφαδένες με μικρές ομάδες κυττάρων μεγέθους από 0.2 έως 2 χιλιοστών (0.2 – 2 mm). Όσο για τον πραγματικό όγκο, είτε δεν υπάρχει, είτε είναι μικρότερος από 2 εκατοστά όπως και στο 1A.

Όπως και στο στάδιο 0 είναι απόλυτα θεραπεύσιμος.

Στάδιο 2: Σε αυτό το στάδιο ο καρκίνος είναι πιο μεγάλος αλλά είναι ακόμα περιορισμένος στο στήθος ή έχει αναπτυχθεί μόνο μέχρι τους πιο κοντινούς λεμφαδένες. Αυτό το στάδιο, όπως και το προηγούμενο χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες, το στάδιο 2A και το στάδιο 2B. Η διαφορά τους είναι πάλι το μέγεθος του όγκου και η επέκτασή του στους λεμφαδένες. Στο 2A αντιστοιχούν 3 περιπτώσεις, στην πρώτη ο όγκος δε σχετίζεται με καρκινικά κύτταρα στον ιστό, αλλά υπάρχουν καρκινικά κύτταρα, σε λιγότερους από 4 λεμφαδένες. Στη 2^η περίπτωση ο όγκος είναι μικρότερος από 2 εκατοστά και λιγότεροι από 4 λεμφαδένες παρουσιάζουν καρκινικά κύτταρα. Τέλος στην 3^η περίπτωση ο όγκος είναι 2-5 εκατοστά και δεν έχει επηρεαστεί κανένας λεμφαδένας. Στο 2B ο όγκος είναι 2-5 εκατοστά και έχει εξαπλωθεί σε λιγότερους από 4 λεμφαδένες ή είναι μεγαλύτερος από 5 εκατοστά, αλλά οι λεμφαδένες δεν έχουν επηρεαστεί. Σε αυτό το στάδιο η θεραπεία είναι πιο “επιθετική” απ’ ότι στο προηγούμενο στάδιο αλλά συνήθως τα αποτελέσματα είναι θετικά.

Στάδιο 3: Εδώ ο καρκίνος έχει εξαπλωθεί πέρα από την αρχική περιοχή του όγκου και πιθανότατα έχει εισβάλλει σε κοντινούς λεμφαδένες και μύες, αλλά όχι σε μακρινά όργανα. Το συγκεκριμένο στάδιο χωρίζεται σε τρεις ομάδες, το στάδιο 3A, το στάδιο 3B και το στάδιο 3Γ. Η διαφοροποίησή τους γίνεται με σχέση το μέγεθος του όγκου και το αν έχει προχωρήσει στους λεμφαδένες και και στον γύρο ιστό.

- Στο 3A υπάρχουν τρεις περιπτώσεις. Πρώτη περίπτωση, ο όγκος μπορεί να είναι οποιουδήποτε μεγέθους και οι κοντινοί λεμφαδένες (4-9) μπορεί να περιέχουν καρκινικά κύτταρα. Δεύτερη περίπτωση, ο όγκος είναι μεγαλύτερος από 5 εκατοστά και μικρές ομάδες καρκινικών κυττάρων μεγέθους 0.2 – 2 χιλιοστών βρίσκονται στους λεμφαδένες. Στην τρίτη περίπτωση ο όγκος είναι μεγαλύτερος από 5 εκατοστά και ο καρκίνος έχει φτάσει μέχρι τους λεμφαδένες στην περιοχή της μασχάλης.
- Στο 3B ο όγκος μπορεί να είναι οποιουδήποτε μεγέθους και ο καρκίνος έχει εισβάλλει στο θωρακικό τοίχωμα ή στο δέρμα του μαστού με ενδείξεις

διόγκωσης, φλεγμονής ή έλκους(πχ φλεγμονώδης καρκίνος του μαστού). Ο καρκίνος, μπορεί επίσης να έχει εισβάλει σε 9 κοντινούς λεμφαδένες.

- Στο στάδιο 3Γ υπάρχουν τρεις περιπτώσεις όπως και στο 3B. Στην πρώτη περίπτωση ο όγκος θα είναι οποιουδήποτε μεγέθους και ο καρκίνος έχει εισβάλει στο θωρακικό τοίχωμα ή στο δέρμα του μαστού με ενδείξεις διόγκωσης, φλεγμονής ή έλκους και ο καρκίνος έχει φτάσει σε περισσότερους από 10 λεμφαδένες στην περιοχή της μασχάλης. Στη δεύτερη περίπτωση ο όγκος μπορεί να είναι οποιουδήποτε μεγέθους και ο καρκίνος βρίσκεται και σε λεμφαδένες της κλείδας. Στην τρίτη περίπτωση ο όγκος μπορεί να είναι οποιουδήποτε μεγέθους και οι λεμφαδένες στην περιοχή της μασχάλης και του στέρνου έχουν καρκινικά κύτταρα. Στο συγκεκριμένο στάδιο ο καρκίνος του μαστού χωρίζεται σε χειρουργήσιμο και μη χειρουργήσιμο λόγω του μεγέθους. Ωστόσο ο μη χειρουργήσιμος δε σημαίνει πως δεν είναι και θεραπεύσιμος. Αρχικά χρησιμοποιείται μία άλλη μέθοδος θεραπείας για να μικρύνει ο όγκος και να είναι πιο εφικτή η αφαίρεσή του.

Σε αυτό το στάδιο οι τρόποι θεραπείας ποικίλουν και μπορεί να αποτελούνται από μαστεκτομή και ραδιοθεραπεία για τοπική θεραπεία, και από ορμονοθεραπεία ή χημειοθεραπεία για συστηματική θεραπεία. Οι ασθενείς που αντιμετωπίζουν καλύτερα τον καρκίνο σε αυτό το στάδιο είναι αυτοί που χρησιμοποιούν τον συνδυασμό δύο ή περισσότερων τρόπων θεραπείας.

Στάδιο 4: Αυτό είναι το τελικό στάδιο στο οποίο ο καρκίνος έχει εξαπλωθεί και σε άλλες περιοχές και όργανα του σώματος όπως ο εγκέφαλος, τα κόκκαλα, οι πνεύμονες και το ήπαρ. Αν και σε αυτό το στάδιο θεωρείται αθεράπευτος, η εξέλιξη της έρευνας και της ιατρικής τεχνολογίας βοηθούν όλο και περισσότερες γυναίκες να ζήσουν πιο πολύ αντιμετωπίζοντας την ασθένεια σαν μία χρόνια πάθηση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΚΩΔΙΚΑΣ

```
#include <SparkFun_MAG3110.h>

MAG3110 mag = MAG3110(); //Instantiate MAG3110

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  mag.initialize(); //Initializes the mag sensor
  mag.start();     //Puts the sensor in active mode
}

void loop() {

  int x, y, z;

  float magnitude;

  //Read the data
  mag.readMag(&x, &y, &z);

  magnitude = sqrt(((x*x)/1000)+((y*y)/1000)+((z*z)/1000));

  Serial.print(x);
```

```
Serial.print(",");  
Serial.print(y);  
Serial.print(",");  
Serial.print(z);  
Serial.print(",");  
Serial.println(magnitude);  
delay(500);  
}
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΟΛΥΠΛΕΚΤΗ

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_HMC5883_U.h>

#define TCAADDR 0x70

/* Assign a unique ID to this sensor at the same time */
Adafruit_HMC5883_Unified mag1 = Adafruit_HMC5883_Unified(1);
Adafruit_HMC5883_Unified mag2 = Adafruit_HMC5883_Unified(2);

void displaySensorDetails(Adafruit_HMC5883_Unified *mag)
{
  sensor_t sensor;
  mag->getSensor(&sensor);
  Serial.println("-----");
  Serial.print ("Sensor:   "); Serial.println(sensor.name);
  Serial.print ("Driver Ver: "); Serial.println(sensor.version);
  Serial.print ("Unique ID:  "); Serial.println(sensor.sensor_id);
  Serial.print ("Max Value:  "); Serial.print(sensor.max_value); Serial.println(" uT");
  Serial.print ("Min Value:  "); Serial.print(sensor.min_value); Serial.println(" uT");
  Serial.print ("Resolution: "); Serial.print(sensor.resolution); Serial.println(" uT");
  Serial.println("-----");
  Serial.println("");
  delay(500);
}
```



```
void tcselect(uint8_t i) {  
  if (i > 7) return;
```

```
  Wire.beginTransmission(TCAADDR);
```

```
  Wire.write(1 << i);
```

```
  Wire.endTransmission();
```

```
}
```

```
void setup(void)
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  Serial.println("HMC5883 Magnetometer Test"); Serial.println("");
```

```
  /* Initialise the 1st sensor */
```

```
  tcselect(2);
```

```
  if(!mag1.begin())
```

```
  {
```

```
    /* There was a problem detecting the HMC5883 ... check your connections */
```

```
    Serial.println("Ooops, no HMC5883 detected ... Check your wiring!");
```

```
    while(1);
```

```
  }
```

```
  /* Initialise the 2nd sensor */
```

```
  tcselect(6);
```

```
  if(!mag2.begin())
```

```
  {
```

```
    /* There was a problem detecting the HMC5883 ... check your connections */
```

```
    Serial.println("Ooops, no HMC5883 detected ... Check your wiring!");
```

```
while(1);
}

/* Display some basic information on this sensor */
tcselect(2);
displaySensorDetails(&mag1);
tcselect(6);
displaySensorDetails(&mag2);
}

void loop(void)
{
  /* Get a new sensor event */
  sensors_event_t event;

  tcselect(2);
  mag1.getEvent(&event);

  /* Display the results (magnetic vector values are in micro-Tesla (uT)) */
  Serial.print("Sensor #1 - ");
  Serial.print("X: "); Serial.print(event.magnetic.x); Serial.print(" ");
  Serial.print("Y: "); Serial.print(event.magnetic.y); Serial.print(" ");
  Serial.print("Z:      "); Serial.print(event.magnetic.z); Serial.print("
");Serial.println("uT");

  tcselect(6);
  mag2.getEvent(&event);
  /* Display the results (magnetic vector values are in micro-Tesla (uT)) */
  Serial.print("Sensor #2 - ");
  Serial.print("X: "); Serial.print(event.magnetic.x); Serial.print(" ");
  Serial.print("Y: "); Serial.print(event.magnetic.y); Serial.print(" ");
```

```
Serial.print("Z:      ");      Serial.print(event.magnetic.z);      Serial.print("
");Serial.println("uT");

delay(500);
}
```

