



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**  
**ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**<<Σχεδιασμός έξυπνου ρούχου με αισθητήρες στην περιοχή της μέσης του σώματος>>**

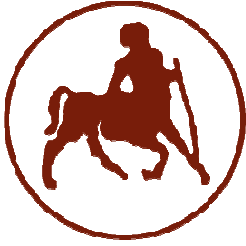
**Ανδρούτσος Χρήστος**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Υπεύθυνος**

**Κακαρούντας Αθανάσιος**

**Λαμία, 2018**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**  
**ΣΤΗΝ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**<<Σχεδιασμός έξυπνου ρούχου με αισθητήρες στην περιοχή της μέσης  
του σώματος>>**

**Ανδρούτσος Χρήστος**

**Πτυχιακή Εργασία**

**Υπεύθυνος**

**Κακαρούντας Αθανάσιος**

**Λαμία, 2018**

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις <sup>(1)</sup>, 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:26/9/2018

Ο δηλών

Ανδρούτσος Χρήστος

(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.

**<<Σχεδίαση έξυπνου ρούχου με αισθητήρες στην περιοχή της μέσης του σώματος>>**

Ανδρούτσος Χρήστος

**Τριμελής Επιτροπή:**

Κακαρούντας Αθανάσιος

Αναγνωστόπουλος Ιωάννης

Σανδαλίδης Χαρίλαος

## Περίληψη

Τα ηλεκτρονικά υφάσματα είναι ένας από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς της τεχνολογικής έρευνας στις μέρες μας, με πλήθος εφαρμογών στην ιατρική καθώς και στον τομέα της φυσικοθεραπείας.

Αποτελούν ένα νέο πεδίο για τις επιστήμες της φυσικής, των ηλεκτρονικών και της πληροφορικής με στόχο να καλυτερεύσουν την ζωή των ανθρώπων. Για τον λόγο αυτό δόθηκε ως κίνητρο η δημιουργία ενός ρούχου με αισθητήρες στην μέση του σώματος με στόχο την καταγραφή κάθε κίνησης της μέσης που θα κάνει ο ασθενής. Για το έξυπνο αυτό ρούχο μελετήθηκαν όλες οι κινήσεις που μπορεί να κάνει ο άνθρωπος με την μέση του με την βοήθεια κατάλληλων αισθητήρων ανίχνευσης κίνησης. Το ρούχο αυτό είναι κατάλληλο για άτομα που αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα στην περιοχή της μέσης με στόχο την αντιμετώπιση του προβλήματος καθώς και στον τομέα της αποθεραπείας.

Παράλληλα με την υλοποίηση του έξυπνου ρούχου αναπτύχθηκε και ένα τρισδιάστατο μοντέλο, το οποίο δείχνει ζωντανή απεικόνιση της κάθε κίνησης. Ο ασθενής φοράει το ρούχο και κάνει διάφορες κινήσεις με την μέση του και στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται ταυτόχρονα το τρισδιάστατο μοντέλο. Επίσης η μελέτη της κίνησης μπορεί να γίνει και από τιμές που δίνει ο αισθητήρας. Ανάλογα με τι τιμές προκύπτουν μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε και τον προσανατολισμό. Όλες αυτές οι τιμές καταγράφονται σε πρόγραμμα με συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα για την μακροπρόθεσμη βελτίωση της μέσης του ασθενή.

**Λέξεις κλειδιά :** έξυπνο ρούχο, αισθητήρας ανίχνευσης κίνησης, τρισδιάστατο μοντέλο, τιμές αισθητήρα

## **Abstract**

Electronic clothes are one of the fastest growing areas of technological research nowadays, with a variety of applications in medicine and at physiotherapy.

They make a new field for the sciences of physics, electronics and informatics with the aim of enhancing people's lives. For this reason, it was motivated to create a wearable clothe with sensors with the aim of recording every movement of the waist that the patient would do. For this clever clothe studied all the moves that can be made a patient with his waist with the help of motion sensors. This garment is suitable for people who have a problem in the waist area to deal with it as well as in the area of recovery.

Along with the implementation of the smart garment, a three-dimensional model has been developed, which shows a vivid depiction of each movement. The patient ears the garment and makes several movements in his waist and the computer screen displays the three-dimensional model at the same time. Also, the motion study can be done by values given by the sensor output. Depending on what results what results are represent we can easily understand the orientation. All these values are recorded in a program with a specific date and time for the long term improvement of the patient's waist.

**Key Words:** smart clothe, motion sensor, three-dimensional model, sensor's values.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Καθώς η εργασία αυτή δηλώνει το τέλος ενός κύκλου, που λέγεται προπτυχιακές σπουδές, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς όλους εκείνους που με στήριξαν σε αυτήν την πρώτη απόπειρα να δημιουργήσω κάτι που αντικατοπτρίζει το προσωπικό μου ενδιαφέρον.

Κατ' αρχάς αισθάνομαι ειλικρινά την ανάγκη να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή, Κύριο Κακαρούντα Αθανάσιο, τόσο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας πτυχιακής εργασίας όσο και για την καθοδήγηση και την ευχάριστη συνεργασία που είχαμε τον τελευταίο χρόνο.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη, την αμέριστη συμπαράσταση και την κατανόηση που έδειξαν κατά την εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους, τους συμφοιτητές, αλλά και τους καθηγητές του τμήματος Πληροφορικής με Εφαρμογές στην Βιοϊατρική καθώς ο καθένας τους ξεχωριστά με ενέπνευσε, με τροφοδότησε με γνώσεις και εμπειρίες που θα με καθοδηγούν.

## Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη .....	5
Abstract .....	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	7
1. Εισαγωγή .....	12
1.1 Κίνητρο, σκοπός και στόχος πτυχιακής εργασίας .....	12
2. Παρουσίαση Προβλήματος.....	14
2.1 Αναφορές σε προβλήματα της μέσης .....	14
2.1.1 Εργασία και καταπόνηση μέσης.....	15
2.1.2 Συνέπειες στην ζωή του ανθρώπου.....	16
2.2 Θεραπευτική Αντιμετώπιση.....	16
2.3 Ειδικές τεχνικές κινητοποίησης.....	17
2.3.1 Υδροθεραπεία .....	17
2.3.2 Ηλεκτροθεραπεία.....	18
2.4 Ασκήσεις.....	19
2.4.1 Διάταση.....	19
2.4.2 Κινησιοθεραπεία.....	20
2.5 Χρήσιμες συμβουλές για τον ασθενή .....	20
2.6 Ανάπτυξη γενικών κατευθύνσεων της τεχνολογίας στον τομέα της υγείας.....	21
3. Περιγραφή συστήματος επίβλεψης ασκήσεων .....	22
3.1 Εισαγωγική περιγραφή του ρούχου .....	22
3.2 Τρισδιάστατη μοντελοποίηση.....	23
3.3 Τεχνολογία του ρούχου.....	23
3.3 Εφαρμογή του ρούχου .....	23
3.4 Ανάλυση απαιτήσεων .....	24
3.4.1 Απαιτήσεις συστήματος.....	24
4. Σχεδιασμός και ανάπτυξη του ρούχου.....	26
4.1 Arduino .....	26
4.1.1 Λογισμικό Arduino .....	28
4.2 Χρήση του Arduino για το σχεδιασμό.....	29
4.2.1 Σύνδεση Arduino Mini και Mini USB Adapter.....	31
4.3 Τεχνολογίες ανίχνευσης της κίνησης.....	33
4.3.1 Η τεχνολογία του LSM9DS1 .....	33
4.3.1.1 LSM9DS1 Hardware .....	35



4.3.1.2. Λογισμικό του LSM9DS1 .....	37
4.3.1.3. Διεπαφή επικοινωνίας coolterm.....	41
4.3.2 Η τεχνολογία του GY-521 MPU6050. ....	42
4.3.2.1 MPU6050 Hardware. ....	42
4.3.2.2 Λογισμικό του MPU-6050.....	43
4.3.2.3 Διεπαφή Επικοινωνίας. ....	46
5. Υλοποίηση του έξυπνου ρούχου.....	47
5.1 Πρόγραμμα Processing.....	47
5.2 Βήματα Υλοποίησης.....	49
5.2.1 Επικοινωνία με το Arduino.....	49
5.2.2 Συνδεσμολογία Αισθητήρα με Arduino.....	51
5.2.2.1 I2C Επικοινωνία. ....	51
6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΕΞΥΠΝΟΥ ΡΟΥΧΟΥ. ....	53
6.1 Αξιολόγηση των κινήσεων. ....	55
6.1.1 Κάμψη Κορμού.....	55
6.1.2 Πλάγια Κάμψη Κορμού.....	57
6.2.3 Έκταση Κορμού.....	59
6.2 Πίνακας Αξιολόγησης.....	61
7. Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις.....	62
7.1 Συμπεράσματα .....	62
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις .....	62

## ***ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ***

Πίνακας 1: Πίνακας τιμών .....	61
--------------------------------	----

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Πόνος στην μέση (Max, <a href="http://www.flickr.com">www.flickr.com</a> , 2018).....	15
Εικόνα 2: Υδροθεραπεία ( <a href="http://www.mysep.gr">www.mysep.gr</a> , 2018).....	17
Εικόνα 3: Ηλεκτροθεραπεία ( <a href="http://www.synapse.com">www.synapse.com</a> , 2018) .....	18
Εικόνα 4: Διάταση της μέσης ( <a href="http://www.pixabay.com">www.pixabay.com</a> , 2018) .....	19
Εικόνα 5: Πλακέτα Arduino (Seven_au, 2018) .....	26
Εικόνα 6: Sketch Arduino ( <a href="http://www.wikipedia.org">www.wikipedia.org</a> , 2018) .....	28
Εικόνα 7: Arduino Mini 05 Pinout ( <a href="http://www.pinoutguide.com">www.pinoutguide.com</a> , 2018) .....	29
Εικόνα 8: Arduino Mini 05 Πλακέτα (2018).....	30
Εικόνα 9: USB Adapter (2018).....	31
Εικόνα 10: Σύνδεση USB Adapter με Arduino. ....	32
Εικόνα 11: Αισθητήρας LSM9DS1 (2018) .....	33
Εικόνα 12: Ανάλυση κίνησης επιταχυνσιόμετρου, γυροσκοπίου και μαγνητόμετρου (2018).....	34
Εικόνα 13: Chip του LSM9DS (2018)1.....	35
Εικόνα 14: Ανάλυση του επιταχυνσιόμετρου (2018).....	36
Εικόνα 15: Ανάλυση του γυροσκοπίου (2018).....	36
Εικόνα 16: Ανάλυση του μαγνητόμετρου (2018).....	37
Εικόνα 17: Τιμές που προκύπτουν από το επιταχυνσιόμετρο. ....	38
Εικόνα 18: Τιμές κουνώντας την πλακέτα.....	39
Εικόνα 19: Γραφική παράσταση του LSM9DS1 .....	40
Εικόνα 20: Καταγραφή των τιμών.....	41
Εικόνα 21: Ανάλυση του γυροσκοπίου και το επιταχυνσιόμετρου του MPU-6050 (2018).....	42
Εικόνα 22: Επεξήγηση των τιμών.....	43
Εικόνα 23: Ανάλυση των τιμών.....	44
Εικόνα 24: Τρισδιάστατο μοντέλο.....	45
Εικόνα 25: Επικοινωνία με coolterm.....	46
Εικόνα 26: Πρόγραμμα Processing (2018).....	47
Εικόνα 27: Sketch στο Processing (2018). ....	48
Εικόνα 28: Κώδικας του MPU στο Arduino. ....	49
Εικόνα 29: Κώδικας του MPU στο Processing. ....	50
Εικόνα 30: Κύκλωμα της I2C Επικοινωνίας (2018).....	51
Εικόνα 31: MPU-6050 ( <a href="http://www.wikimedia.org">www.wikimedia.org</a> , 2018) .....	52
Εικόνα 32: Τοποθέτηση της πλακέτας με τον αισθητήρα στην μέση.....	53
Εικόνα 33: Αρχική θέση του ασθενή.....	54

Εικόνα 34: Μελέτη της κάμψης κορμού.....	55
Εικόνα 35: Το τρισδιάστατο μοντέλο κατά την κάμψη κορμού από τον ασθενή. ....	56
Εικόνα 36: Πλάγια κάμψη κορμού. ....	57
Εικόνα 37: Απεικόνιση της πλάγιας κάμψης μέσω τρισδιάστατου μοντέλου.....	58
Εικόνα 38: Έκταση κορμού από τον ασθενή.....	59
Εικόνα 39: Απεικόνιση της έκτασης κορμού στο τρισδιάστατο μοντέλο. ....	60
Εικόνα 40: Έξυπνο ρούχο με αισθητήρες.....	63

## **1. Εισαγωγή**

Κύριο χαρακτηριστικό της σύγχρονης εποχής στην οποία ζούμε είναι η ραγδαία ανάπτυξη και χρήση της τεχνολογίας. Παράλληλα με την ανάπτυξη της τεχνολογίας αναπτύσσονται οι υπηρεσίες και τα μέσα τα οποία χρησιμοποιεί, ώστε το αποτέλεσμα να είναι βέλτιστο. Οι εξελιγμένες υπηρεσίες της τεχνολογίας έχουν οφέλη τόσο στην καθημερινή ζωή των πολιτών όσο και στους τομείς της εκπαίδευσης, της ιατρικής, της έρευνας και κυρίως σε όλη την επιστημονική κοινότητα.

Η τεχνολογία έδωσε τη δυνατότητα στην ιατρική επιστήμη να κάνει πρωτοποριακά και σημαντικά άλματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η εξέλιξη και ο εκσυγχρονισμός των ιατρικών μηχανημάτων. Ακόμα έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες όπως τηλείατρική, η ρομποτική ιατρική, τεχνολογίες απεικόνισης και αναγνώρισης ασθενών καθώς και η μηχανική των ιστών και η αναγεννητική ιατρική. Επιπλέον έδωσε κίνητρο στην ανάπτυξη εφαρμογών με αισθητήρες που στοχεύει στην διευκόλυνση και στην καλύτερη της καθημερινής ζωής των ανθρώπων.

### **1.1 Κίνητρο, σκοπός και στόχος πτυχιακής εργασίας**

Παρόλα αυτά τα τεχνολογικά επιτεύγματα, έπειτα από μελέτη και έρευνα αγοράς, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν μερικά τεχνολογικά κενά τόσο στην ιατρική όσο και στην φυσικοθεραπεία.

Το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο για την μελέτη και το σχεδιασμό θεραπείας που θα ακολουθήσει ο θεράπωντας ιατρός ή ειδικός. Η καταγραφή του ιστορικού του ασθενούς και η σύγκρισή του μελλοντικά είναι αυτό που θα δείξει αν η θεραπεία είναι αποδοτική. Επίσης, άτομα που έχουν κάνει κάποιο χειρουργείο και βρίσκονται στο στάδιο της αποθεραπείας παρουσιάζουν προβλήματα και η επανένταξή τους στην καθημερινότητα αργεί. Υπάρχουν και άτομα που θέλουν να αποφύγουν κάποιο χειρουργείο και δεν υπάρχουν τόσα ιατρικά μηχανήματα ώστε να μπορέσουν να βοηθήσουν τον ασθενή.

Επομένως υπάρχει ανάγκη για μια τεχνολογική δημιουργία, η οποία θα υποστηρίζει και την ορθή αποθεραπεία καθώς και την αποφυγή κάποιου χειρουργείου αλλά και την πρόληψη του προβλήματος όπου πρέπει να είναι ευέλικτη αποδοτική και ακριβής.

Μελετώντας και αναλύοντας τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν, στόχος της συγκεκριμένης πτυχιακής είναι η δημιουργία και η σχεδίαση ενός έξυπνου ρούχου που αφορά την μέση του σώματος ώστε να αντιμετωπιστεί οποιοδήποτε πρόβλημα έχει ο ασθενής. Ένα τρισδιάστατο μοντέλο που ανάλογα με την κίνηση που θα κάνει ο ασθενής θα κινείται και αυτό θα χρησιμοποιηθεί ως αντικείμενο αλληλεπίδρασης, μελέτης και ανάπτυξης της τεχνολογίας αυτής.

Επίσης οι τιμές που θα προκύπτουν από τον αισθητήρα ανάλογα με την κίνηση του ασθενής θα αποτελούν σημαντικό κομμάτι τόσο κατανόηση του προβλήματος όσο και στην αποθεραπεία. Η καινοτόμος αυτή τεχνολογία θα χρησιμοποιείται από τον ειδικό όπου δεν χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη γνώση. Ο ειδικός σε συνεργασία με τις κατάλληλες θεραπευτικές κινήσεις και μελετώντας το εύρος της κίνησης θα είναι σε θέση να προβλέψει και να αντιμετωπίσει κάθε ασθενή που έχει κάποιο πρόβλημα με την μέση του. Με το τρισδιάστατο μοντέλο καθώς και με τις τιμές μπορεί να μελετήσει την ακριβή κίνηση που κάνει ο ασθενής ακόμα και την παραμικρή κίνηση που θα κάνει και θα επηρεάζει την μέση. Ο σχεδιασμός του έξυπνου ρούχου βασίζεται στον πρόγραμμα Processing και στην χρήση ενός αισθητήρα ανίχνευσης κίνησης του MPU-6050.

Σκοπός είναι να αποτελέσει ένα εύχρηστο, ευέλικτο και προσιτό τεχνολογικό εργαλείο, ώστε να διευκολύνει τα σημεία που ακόμα αντιμετωπίζουν σημαντικές ελλείψεις.

Η πτυχιακή εργασία έχει δομηθεί σύμφωνα με τα παρακάτω. Στο κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά του προβλήματος που αντιμετωπίζουν οι ασθενείς σήμερα και γίνεται μια εισαγωγή για το έξυπνο ρούχο. Στο κεφάλαιο 3 αναλύονται και παρουσιάζονται οι λύσεις ώστε να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα. Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του έξυπνου ρούχου. Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η υλοποίηση της καινοτόμου τεχνολογίας αυτής. Στο κεφάλαιο 6 γίνεται η αξιολόγηση του ρούχου για να δειχθεί η λειτουργία του. Στο κεφάλαιο 7 γίνεται η διατύπωση των συμπερασμάτων και αναφορά στις μελλοντικές επεκτάσεις.

## **2. Παρουσίαση Προβλήματος**

Η σπονδυλική στήλη βρίσκεται στην οπίσθια όψη του σώματος και διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο σε πολλές λειτουργίες του. Μια από αυτές τις λειτουργίες όπου είναι και η σημαντικότερη είναι η στήριξή του. Στις μέρες μας όλοι είμαστε πιο ευπρόσβλητοι στα προβλήματα της μέσης, εξαιτίας της καθιστικής ζωής, των κακών συνηθειών στάσης του σώματος, του υπερβολικού βάρους, των συνηθειών εργασίας και γενικά του καθημερινού στρες που δεχόμαστε. Ωστόσο, το συχνότερο λάθος γίνεται κατά την άρση βάρους. Τα δεδομένα δείχνουν ότι τα προβλήματα μέσης συναντώνται συχνότερα σε άτομα που διανύουν την 4<sup>η</sup> και την 5<sup>η</sup> δεκαετία της ζωής τους.

### **2.1 Αναφορές σε προβλήματα της μέσης**

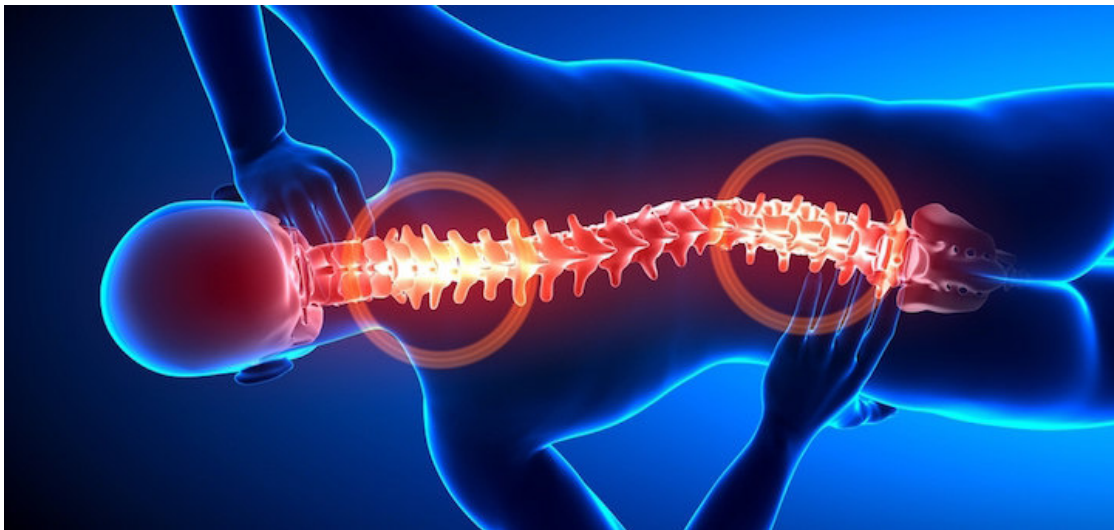
Η πιο συχνή πάθηση που εμφανίζουν οι ασθενείς είναι η οσφυαλγία. Προέρχεται από τις λέξεις οσφύς(μέση) και άλγος(πόνος). Είναι χαμηλός πόνος στην μέση, σύμπτωμα που αφορά κάθε πόνο στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης ανεξάρτητα από την αιτία που την προκαλεί και από την οποία το 80% των ανθρώπων επηρεάζεται κάποια στιγμή στη ζωή τους. Ενοχοποιείται για το περίπου 25% των προσωρινών αναπηριών και το 40% των μόνιμων, γι αυτό και δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα παγκοσμίως στην πρόληψή της. Συνήθως συνυπάρχει δυσκαμψία, μειωμένη κίνηση του κάτω μέρους της πλάτης και δυσκολία του ασθενή να διατηρεί την σωστή όρθια θέση.

Ένα άλλο σύμπτωμα που παρατηρείται αρκετές φορές παράλληλα με την οσφυαλγία είναι και η ισχιαλγία. Τα διαθέσιμα στοιχεία από τη βασική επιστήμη και την κλινική έρευνα δείχνουν ότι τόσο η φλεγμονή στην περιοχή όσο και η συμπίεση της νευρικής ρίζας μπορούν να οδηγήσουν στην εμφάνιση των συμπτωμάτων. Η οσφυοϊσχιαλγία είναι ένα εξαιρετικά σύνθετο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι περισσότεροι άνθρωποι τουλάχιστον για μια φορά κατά την διάρκεια της ζωής τους. Τα τελευταία χρόνια ανήκει στην ομάδα με τις συχνότερες ασθένειες που φέρουν σοβαρές ιατρικές, κοινωνικές και οικονομικές επιβαρύνσεις στα άτομα που πάσχουν από αυτή.

Συνολικά από τις υπόλοιπες παθήσεις που προκαλούν οσφυαλγία οι πιο συχνές είναι :

- Παθήσεις σπονδυλικής στήλης μηχανικής αιτιολογία, είναι οι οσφυαλγίες που οφείλονται σε παρεκκλίσεις της σπονδυλικής στήλης, της λεκάνης και των κάτω άκρων από τα φυσιολογικά τους όρια π.χ σκολίωση
- Τραυματικές παθήσεις : Διάταση ή ρήξη μυικών ινών ή συνδέσμων, υπεξαρθρήματα των σπονδυλικών αρθρώσεων, παλαιά κατάγματα της σπονδυλικής στήλης, τραυματική σπονδυλόλυση – σπονδυλόλιση

- Εκφυλιστικές παθήσεις : Σπονδυλοαρθρίτιδα, στενός σπονδυλικός σωλήνας, εκφυλιστική σπονδυλολίσθηση , αστάθεια οσφυικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης.
- Φλεγμονώδεις μικροβιακές παθήσεις : φυματιώδης σπονδυλίτιδα, σπονδυλοδισκίτιδα, οστεομυελίτιδα
- Συγγενείς ανωμαλίες σπονδυλικής στήλης : ιεροποίηση του 05 σπονδύλου



*Εικόνα 1: Πόνος στην μέση[1]*

### **2.1.1 Εργασία και καταπόνηση μέσης**

Σημαντικό ρόλο παίζει και το είδος εργασίας του κάθε ανθρώπου. Για παράδειγμα, τα άτομα που ασχολούνται με εργασία που απαιτεί ανύψωση αντικειμένων με ή χωρίς συνδυασμένη στροφή, ή εργασία που προκαλεί δονήσεις σε ολόκληρο το σώμα και που απαιτεί στατικές ή ακατάλληλες θέσεις, έχουν αυξημένη πιθανότητα να

παρουσιάσουν επεισόδιο οσφυαλγίας. Κάποιες εργασίες απαιτούν πολύωρα ταξίδια καθώς και πολλές ώρες οδήγησης με αποτέλεσμα την λάθος στάση σώματος και την καταπόνηση της μέσης.

### **2.1.2 Συνέπειες στην ζωή του ανθρώπου**

Τέλος η οσφυαλγία έχει μεγάλο αντίκτυπο στα άτομα καθώς επηρεάζει την ζωή τους τόσο στον οικογενειακό χώρο όσο και στο χώρο εργασίας, γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη από την πολιτεία και τις επιχειρήσεις στο σχεδιασμό και την πρόληψη των μυοσκελετικών ασθενειών.

## **2.2 Θεραπευτική Αντιμετώπιση**

Η αντιμετώπιση του πόνου της μέσης είναι ποικιλόμορφη καθώς πληθώρα θεραπειών έχουν απασχολήσει τους ερευνητές σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους. Οι θεραπείες είναι πολλές και η δράση τους σε κάθε ατομική μονάδα είναι διαφορετική καθώς υπάρχει ποικιλομορφία στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι παράγοντες που δρουν στην αποτελεσματικότητα μιας θεραπείας είναι πολλοί και μπορεί να εξαρτώνται από τον ίδιο τον ασθενή (ηλικία, ψυχολογία, σωματότυπος, χρόνος, κατάσταση υγείας), το περιβάλλον (εργασιακός χώρος, κοινωνικό περιβάλλον, οικογενειακή κατάσταση, οικονομική κατάσταση) αλλά και την θεραπευτική τεχνική (είδος, διάρκεια, χρόνος θεραπείας). Η κάθε θεραπεία περιλαμβάνει διάφορες εκδοχές και εναλλακτικές.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση η οσφυαλγία στα αρχικά στάδια της μπορεί να αντιμετωπιστεί συντηρητικά. Δηλαδή μια συντηρητική αντιμετώπιση μπορεί να περιλαμβάνει ξεκούραση από την καθημερινότητα και από την εργασία και κάποιες φορές μπορεί να συνδυάζεται και με φαρμακευτική αγωγή. Μια αποτελεσματική θεραπεία μπορεί να περιλαμβάνει και κάποια φυσικοθεραπευτική μέθοδο. Οι μέθοδοι και οι παρεμβάσεις που διατίθενται στην φυσικοθεραπεία είναι πολλές αλλά η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Η κατάλληλη συντηρητική θεραπεία μπορεί να περιλαμβάνει αλλαγές στις καθημερινές συνήθειες του ασθενή για αποφυγή επιβάρυνσης της πληγείσας περιοχής και τροποποίηση κάποιων κινήσεων.

Η φυσικοθεραπεία είναι παγκοσμίως αποδεκτή για την αντιμετώπιση της οσφυαλγίας αλλά η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου είναι δύσκολη. Η κατάλληλη αξιολόγηση της κατάστασης είναι απαραίτητη για να διεξαχθεί η κατάλληλη αποτελεσματική θεραπεία.



## **2.3 Ειδικές τεχνικές κινητοποίησης**

Αποτελούν μια μέθοδο θεραπείας εξειδικευμένων τεχνικών. Είναι ένας τρόπος που σου δίνει την δυνατότητα να αξιολογήσεις την περιοχή, να εντοπίσεις την δυσλειτουργία και να πράξεις μια δια χειρός τεχνική στην πηγή του προβλήματος. Ο χειρισμός επικεντρώνεται κατευθείαν στο πρόβλημα. Αποτελούνται και από ενεργητικές και παθητικές κινήσεις και σου παρέχουν την ευκαιρία να απομονωθεί η δράση τους στην συγκεκριμένη άρθρωση

### **2.3.1 Υδροθεραπεία**

Καλείται η θεραπεία μέσα σε νερό σε συνδυασμό με πρόγραμμα αποκατάστασης προσφέροντας καταπραϊντικά αποτελέσματα στον ασθενή. Οι φυσικές ιδιότητες του υγρού στοιχείου συνεργάζονται με τις ικανότητες της άσκησης και μπορούν να προσφέρουν δύναμη, αντοχή και ελαστικότητα των μυών. Έτσι μπορούν να αντιμετωπιστούν μυϊκά προβλήματα, όπως ισορροπίας, σταθερότητας και αντοχής.



*Εικόνα 2: Υδροθεραπεία[2]*

### 2.3.2 Ηλεκτροθεραπεία

- **Υπέρηχος:** Πρόκειται για εφαρμογή ακουστικής ενέργειας στους ιστούς, μέσω των ηχητικών κυμάτων υψηλής συχνότητας. Ύστερα από τον κατάλληλο σχεδιασμό του προγράμματος η δράση του υπερήχου διεισδύει στους ιστούς δημιουργώντας επουλωτική διεργασία των μαλακών μορίων και σαφώς μείωση του πόνου.
- **Διαθερμία:** Είναι η εφαρμογή υψηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Η δράση των διαθερμιών εστιάζεται στην δημιουργία θερμότητας στους ιστούς με τον σχεδιασμό βέβαια της κατάλληλης δοσολογίας έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι θετικά.
- **T.E.N.S.:** Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός Ερεθισμός και επικεντρώνεται στην μεταφορά ηλεκτρισμού στην επιφάνεια του δέρματος. Σκοπός είναι ο ερεθισμός των νευρικών ινών για την αντιμετώπιση του πόνου.



*Εικόνα 3: Ηλεκτροθεραπεία[3]*

## **2.4 Ασκήσεις**

Η θεραπευτική αυτή μέθοδος περιλαμβάνει ενεργητικές κινήσεις με δυναμική ή στατική φόρτιση και με αντίσταση από εξωτερική δύναμη. Σκοπός αυτής της θεραπείας είναι η αύξηση της μυϊκής δύναμης και αντοχής καθώς και η ενδυνάμωση της ισχύος για ένα θεραπευτικό αποτέλεσμα .

### **2.4.1 Διάταση**

Είναι η επιμήκυνση βραχυμένων δομών των μαλακών ιστών εξαιτίας μιας παθολογίας της περιοχής. Σκοπός της τεχνικής αυτής είναι η αύξηση του εύρους τροχιάς είτε παθητικά είτε ενεργητικά. Αυτός ο θεραπευτικός χειρισμός μπορεί να συνδυαστεί και με κάποια άλλη θεραπευτική μέθοδο για συνδυασμό των αποτελεσμάτων.



*Εικόνα 4: Διάταση της μέσης[4]*

## **2.4.2 Κινησιοθεραπεία**

Θεραπευτικό πρόγραμμα με παθητικό αλλά και ενεργητικό εύρος κίνησης ή με υποστηριζόμενη τεχνική. Οι τεχνικές αυτές βοηθούν το μυϊκό σύστημα να επανέλθει στις δραστηριότητές του όταν έχει προηγηθεί κάποιος τραυματισμός ή κάποια δυσμορφία. Κάτω από την επίδραση των κινήσεων αυτών το η μυϊκή ομάδα ανακτά τις λειτουργίες της όσο αναφορά την δύναμη, την ελαστικότητα, την σταθερότητα.

Άλλη μία κοινή θεραπεία που χρησιμοποιείται για πολλούς οσφυαλγικούς ασθενείς είναι και η χειρουργική τεχνική. Ένα χειρουργείο μπορεί να συνοδεύεται και με μετέπειτα φυσικοθεραπευτική αποκατάσταση με συνδυασμό μεθόδων. Κάποιες φορές μπορεί να αποδειχθεί σωτήριο για τον ασθενή αλλά και για τον θεραπευτή. Κάποια περιστατικά ασθενών μπορεί να παρουσιάσουν επίμονο πόνο που δεν υποχωρεί παρά την συντηρητική θεραπεία επηρεάζοντας σημαντικά την ποιότητα ζωής του ατόμου. Μπορεί να καταστεί αναγκαίο καθώς ο ασθενής μπορεί να βρίσκεται σε μεγάλη ηλικία και η συγκεκριμένη θεραπεία να μην χρειάζεται πολύ χρόνο παραμονής στο νοσοκομείο και θα έχει μία γρηγορότερη ανάκαμψη.

Ένα χειρουργείο μπορεί να περιλαμβάνει φυσικό τρόπο αποκατάστασης της παθολογίας-δυσλειτουργίας της ανατομικής περιοχής ή θεραπεία με χρήση τεχνιτών μέσων (όπως βίδες, λάμες). Μπορεί να ευθυγραμμίσει, να πιέσει, να συνδέσει, να στηρίξει, να αποσυμπιέσει, να σταθεροποιήσει. Οι τρεις πιο κοινές παθολογίες που η θεραπεία μπορεί να περιλαμβάνει χειρουργείο είναι η μεσοσπονδύλια κήλη δίσκου, η σπονδυλολίσθηση και η σπονδυλική στένωση. Όλες οι παραπάνω θεραπείες μπορεί να συνδυάζονται και με φαρμακευτική αγωγή για καλύτερα αποτελέσματα μίας επώδυνης κατάστασης. Η χορήγηση φαρμάκων (αναλγητικών, μυοχαλαρωτικών, αντιφλεγμονωδών) από τον γιατρό μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να καταστεί αναγκαία καθώς ο ασθενής λόγω πόνου να αδυνατεί να εκτελέσει οποιαδήποτε κίνηση αλλά και θεραπεία. Η χρήση τους θα πρέπει να γίνεται ύστερα από την εντολή του γιατρού, χωρίς αλόγιστη χρήση και με την ύπαρξη αιτιολογικών παραγόντων.

## **2.5 Χρήσιμες συμβουλές για τον ασθενή**

- να ακολουθεί πιστά τις οδηγίες του ιατρού.
- να αποφεύγει την πλάγια κάμψη του κορμού προς την προσβεβλημένη πλευρά.
- να παίρνει την κατάλληλη θέση κατά την κατάκλιση η οποία τον βολεύει.
- στην ύπτια κατάκλιση αν τον βολεύει να τοποθετεί ένα λεπτό μαξιλάρι κάτω από τα γόνατα.

- στην πρηνή κατάκλιση να τοποθετεί ένα μαξιλάρι κάτω από τις ποδοκνημικές.
- να έρχεται στην εμβρυική στάση με κάμψη γονάτων.
- το βάρος του σώματος να διατηρείται σε φυσιολογικά επίπεδα σε αναλογία με το ύψος.
- ο ασθενής να σηκώνει κάποιο βάρος μόνο όταν είναι μέσα στις δυνατότητες του.
- για όλες τις λειτουργικές καθημερινές κινήσεις (δέσιμο παπουτσιών, σκούπισμα, σιδέρωμα, πλύσιμο ρούχων) να μην επιβαρύνει την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης.

## **2.6 Ανάπτυξη γενικών κατευθύνσεων της τεχνολογίας στον τομέα της υγείας**

Η τεχνολογία σήμερα εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς όπως έχουμε αναφέρει καθώς μπορεί να δώσει λύση σε αυτό το πρόβλημα που απασχολεί πολλούς ανθρώπους. Την λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνουν τα έξυπνα ρούχα καθώς διαθέτουν αισθητήρες αντίχενυσης κίνησης ώστε να ελέγχουν τις κινήσεις που κάνει ο ασθενής. Σκοπός είναι σε συνδυασμό με τις κατάλληλες φυσικοθεραπευτικές κινήσεις να εξαλείψει το πρόβλημα στην μέση. Τα μηχανικά <<έξυπνα>> ρούχα ενδέχεται να είναι η απάντηση στο πρόβλημα του πόνου της μέσης. Ο μαγικός αυτός εξοπλισμός σύμφωνα με τους ειδικούς βασίζεται σε μια νέα γενιά εύκαμπτων και ελαστικών ηλεκτρονικών διατάξεων. Γι αυτό τον λόγο δημιουργήσα ένα τέτοιο ρούχο που εφαρμόζεται στην περιοχή της μέσης με αισθητήρες που είναι ραμμένοι πάνω στο ρούχο.

### **3. Περιγραφή συστήματος επίβλεψης ασκήσεων**

#### **3.1 Εισαγωγική περιγραφή του ρούχου**

Τα τελευταία χρόνια ερευνητές αλλά και μεγάλες εταιρείες προσπαθούν να δημιουργήσουν ενδύματα που να ενσωματώνουν προηγμένες τεχνολογίες και συστήματα. Οι πρώτες σχετικές προσπάθειες επικεντρώνονται στο να εμφυτεύονται μέσα στα υφάσματα αισθητήρες που να παρακολουθούν και να καταγράφουν ιατρικά δεδομένα των κατόχων τους και προορίζονται για χρήση από ασθενείς ώστε οι ίδιοι και οι ιατροί τους να έχουν συνεχή εικόνα της κατάστασης της υγείας τους. Από την στιγμή που τέθηκαν οι βάσεις για να επιτυγχάνεται η εμφύτευση αισθητήρων και γενικά μικροσκοπικών συστημάτων ήταν απλά θέμα χρόνου οι εφαρμογές να επεκταθούν πέραν του ιατρικού τομέα.

Τα τελευταία χρόνια οι έρευνες των επιστημόνων στον τομέα της ανάπτυξης ελαστικών αγωγίμων υλικών έχουν ενταχθεί. Πολλά από τα ενδιαφέροντα project που βρίσκονται σε εξέλιξη έχουν δώσει ελπιδοφόρα αποτελέσματα, ενώ αρκετά δεν μπορούν να φτάσουν στην γραμμή παραγωγής λόγω του απαγορευτικού κόστους τους. Η νέα γενιά γενιά έξυπνων ενδυμάτων θα μπορούσε να οδηγήσει σε ρούχα με επικοινωνιακά χαρίσματα τόσο για αθλητές και για ασθενείς όσο και για επαγγελματίες σε επικίνδυνα πόστα, καθώς θα είναι ικανά να παρακολουθούν με ακρίβεια τους ζωτικούς δείκτες των χρηστών και να αναμεταδίδουν τα στοιχεία σε περίπτωση κινδύνου σε δικτυωμένους ειδικούς και ιατρούς. Στην περίπτωση των ιατρικών εφαρμογών η εν λόγω τεχνολογία δεν έχει περιορισμούς. Το πρόβλημα ωστόσο εντοπίζεται στην χρονοβόρα διαδικασία έγκρισής τους μέσω των αρμόδιων υπηρεσιών και αυτό γιατί κύριος <<πονοκέφαλος>> παραμένει ο υπερβολικά μεγάλος όγκος ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων.

Με την τεχνολογία αυτού του έξυπνου ρούχου, μπορούμε να παρατηρούμε την καθημερινότητα ενός ανθρώπου. Άτομα τα οποία πάσχουν από πόνο στην μέση και στοχεύουν στην αντιμετώπιση της είναι κατάλληλα για αυτήν την τεχνολογία. Επίσης είναι κατάλληλο για άτομα τα οποία πάσχουν από πρόβλημα στην μέση και θέλουν και να αποφύγουν κάποιο χειρουργείο. Ωστόσο λαμβάνει καθοριστικό ρόλο στην αποθεραπεία και στην αποκατάσταση της μέσης, καθώς άτομα τα οποία έχουν κάνει χειρουργείο σε συνδυασμό με την κατάλληλη βοήθεια φυσικοθεραπευτή θα μπορούν να επέλθουν στην φυσιολογική κατάσταση. Επειδή ακριβώς τα έξυπνα μπλουζάκια και άλλα έξυπνα ρούχα τοποθετούν τους αισθητήρες κοντά στο δέρμα του χρήστη, μπορούν να συλλέγουν πολύτιμες πληροφορίες και αξιόπιστα δεδομένα. Η εν λόγω τεχνολογία έχει ως στόχο την διευκόλυνση ανθρώπων με κινητικές δυσκολίες.

### **3.2 Τρισδιάστατη μοντελοποίηση**

Τρισδιάστατη μοντελοποίηση ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία αναπτύσσεται μια μαθηματική εκπροσώπηση κάθε τρισδιάστατης επιφάνειας άψυχων ή έμψυχων αντικειμένων μέσω εξειδικευμένου λογισμικού, παράγοντας ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Τα τρισδιάστατα μοντέλα αντιπροσωπεύουν ένα επίσης 3D αντικείμενο χρησιμοποιώντας μια συλλογή σημείων και άλλων πληροφοριών, στο τρισδιάστατο χώρο, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με διάφορες γεωμετρικές οντότητες όπως τρίγωνα, ευθύγραμμα τμήματα, καμπύλες, κλπ. Τα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν είτε χειροκίνητα είτε με αλγοριθμικές διαδικασίες ([procedural modeling](#)) ή μέσω σάρωσης (model scanning). Η δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου βοηθάει σημαντικά τόσο στην μελέτη όσο και στην ορθότερη αντιμετώπιση.

### **3.3 Τεχνολογία του ρούχου**

Οι αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης παίζουν τον σημαντικότερο ρόλο σε αυτό το ρούχο καθώς εντοπίζει κάθε είδών κινήσεις που κάνει ο ασθενής με αποτέλεσμα την καταγραφή όλων των δεδομένων και την καλύτερη αντιμετώπιση του προβλήματος. Λόγω της ευελιξίας του ρούχου και την ακρίβεια των αισθητήρων καταγράφονται όλες οι κινήσεις που πραγματοποιούνται στην μέση ανεξαρτήτων διαστάσεων του ανθρώπινου σώματος. Σε συνδυασμό με την εικονική περιγραφή της κίνησης, έχοντας δημιουργήσει ένα τρισδιάστατο μοντέλο κάθε κίνηση που κάνει ο ασθενής ελέγχεται από τον ειδικό σε ζωντανή αναπαράσταση. Αυτό βοηθάει τόσο στην καταγραφή των δεδομένων όσο και στην εύχρηστη χρήση όλου αυτού του ρούχου τόσο από τον ασθενή όσο και από τον ειδικό. Οποιαδήποτε κίνηση και να κάνει ο ασθενής μπορεί να καταγραφεί τόσο από τους αισθητήρες όσο και από την εφαρμογή του τρισδιάστατου μοντέλου.

### **3.3 Εφαρμογή του ρούχου**

Το ρούχο αυτό αποσκοπεί στην εξάλειψη των παθήσεων που εμφανίζονται στην μέση. Γι αυτό τον λόγο προσαρμόστηκε στην πλάτη του ανθρώπινου οργανισμού έτσι ώστε να ανιχνεύονται όλες οι κινήσεις που μπορούν να προκληθούν από την μέση του σώματος. Το ρούχο αυτό είναι ελαστικό με αποτέλεσμα να προσαρμόζεται σε κάθε ανθρώπινο σώμα διαφορετικών διαστάσεων.

### **3.4 Ανάλυση απαιτήσεων**

Η ανάλυση απαιτήσεων αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι για την ορθή ανάπτυξη ενός λογισμικού. Οι απαιτήσεις περιγράφουν τη συμπεριφορά ενός συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις περιγράφουν τις δραστηριότητες του συστήματος και την κατάσταση της κάθε οντότητας του συστήματος πριν και μετά την εμφάνιση της δραστηριότητας. Γενικά, η ανάλυση των απαιτήσεων στοχεύει στην κατανόηση των αναγκών των χρηστών και της εργασίας που καλούνται να εκτελέσουν ώστε η διεπαφή που θα αναπτυχθεί να ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν περισσότερο σε αυτές τις ανάγκες.

#### **3.4.1 Απαιτήσεις συστήματος**

Οι απαιτήσεις συστήματος αφορούν 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 περιγράφουν τις λειτουργίες του συστήματος και τον τρόπο συμπεριφοράς του συστήματος όταν αυτό δέχεται συγκεκριμένα ερεθίσματα. Περιγράφουν τι πρέπει να κάνει το σύστημα (π.χ. ως συναρτήσεις που λαμβάνουν είσοδο και δίνουν έξοδο). Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις θέτουν περιορισμούς στο σύστημα όσο αφορά τα χαρακτηριστικά του και δεν σχετίζονται με την εκτέλεση κάποιας λειτουργίας. Αυτοί οι περιορισμοί μειώνουν συνήθως τις επιλογές μας όσο αφορά τη γλώσσα, την πλατφόρμα ή τις τεχνικές και τα εργαλεία υλοποίησης. Με άλλα λόγια περιγράφουν το πώς ή το πόσο καλά το σύστημα θα υποστηρίξει τις λειτουργικές απαιτήσεις.

#### **Λειτουργικές απαιτήσεις:**

- Έλεγχος ορθής λειτουργίας του αισθητήρα.
- Προβολή τρισδιάστατου μοντέλου της κίνησης.
- Ζωντανή απεικόνιση του τρισδιάστατου μοντέλου με δυνατότητα κίνησης.
- Πρόσβαση και ανάλυση των τιμών από τον χρήστη.
- Καταγραφή των τιμών από τον χρήστη.
- Επιλογή λειτουργίας ιατρικού φακέλου.
- Εισαγωγή και αποθήκευση προσωπικών δεδομένων του ασθενούς.
- Διαγραφή των προσωπικών δεδομένων του χρήστη.
- Ενημέρωση του ιατρικού φακέλου του ασθενή.
- Αλλαγή των τιμών σε διαφορετική κίνηση.



- Προβολή ημερομηνίας και ώρας της συγκεκριμένης κίνησης.
- Προβολή σε 3 συνιστώσες της κίνησης.
- Απενεργοποίηση κάποιας συνιστώσας.
- Προβολή μόνο σε έναν άξονα.
- Ακύρωση κάποιας κίνησης και εισαγωγή μιας άλλης.
- Αποδοχή αποθήκευσης όλων των αλλαγών.
- Στιγμαία μεταβολή των τιμών.
- Κατανόηση επανειλημμένων κινήσεων.
- Τροποποίηση μιας κίνησης.

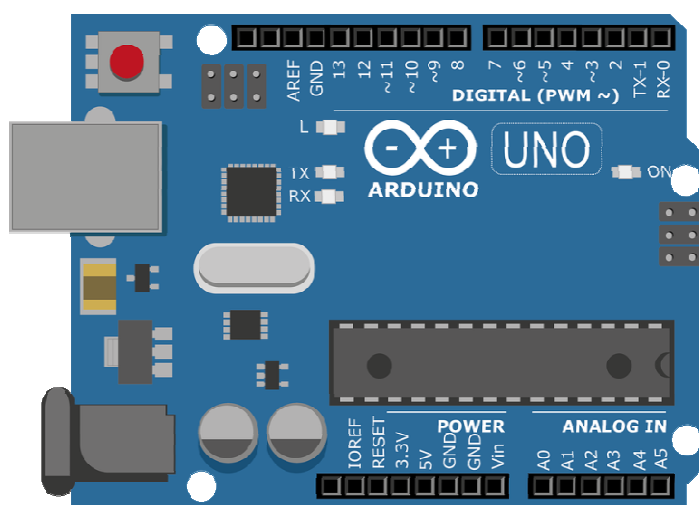
### **Μη λειτουργικές απαιτήσεις :**

- Επιλογή του κατάλληλου τρισδιάστατου μοντέλου.
- Συμβατότητα με πρόγραμμα processing.
- Ενσωμάτωση του τρισδιάστατου μοντέλου στο πρόγραμμα processing.
- Συμβατότητα του αισθητήρα με την έκδοση του processing.
- Επικοινωνία του προγράμματος με τον αισθητήρα.
- Χρόνος απόκρισης του συστήματος σε κάθε περίπτωση αλληλεπίδρασης με το χρήστη σε λιγότερο από 5 δευτερόλεπτα.
- Μονοσήμαντο αποτέλεσμα και απλή κατανόηση.
- Επιλογή του μαύρου χρώματος στο φόντο για καλύτερη διάκριση των χρωμάτων του τρισδιάστατου μοντέλου.
- Χρωματική διακύμανση για πιο εύκολη αντίληψη.
- Το περιβάλλον της εφαρμογής να είναι οικείο και να μη χρειάζεται κάποια εξειδικευμένη εκπαίδευση ο χρήστης.
- Η σχεδίαση δεν παραμένει σταθερή ώστε ο χρήστης να καταλαβαίνει όλο το εύρος της κίνησης.
- Να μην χρειάζεται κάποια εξειδικευμένη εκπαίδευση από τον χρήστη.
- Εύκολη πλοήγηση.
- Επιλογή επιστροφής στην αρχική σελίδα.
- Έξοδος από το τρισδιάστατο μοντέλο.
- Σταθερότητα και ακρίβεια των τιμών.
- Να μην υπάρχει απόκλιση.

## 4. Σχεδιασμός και ανάπτυξη του ρούχου

### 4.1 Arduino

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοιχτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με την γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++). Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων σε Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider. Οι περισσότερες εκδόσεις του Arduino μπορούν να αγοραστούν προ-συναρμολογημένες. Το διάγραμμα και πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα για αυτούς που θέλουν να συναρμολογήσουν το Arduino μόνοι τους. Το 2005 ένα σχέδιο κίνησε προκειμένου να φτιαχτεί μια συσκευή για τον έλεγχο προγραμμάτων διαδραστικών σχεδίων από μαθητές, η οποία θα ήταν φθηνή από άλλα πρωτότυπα συστήματα διαθέσιμα εκείνη την περίοδο. Οι ιδρυτές Massimo Banzi και David Cueartielles ονόμασαν το σχέδιο από τον Arduin της Ιβρέας και ξεκίνησαν να παράγουν πλακέτες σε ένα μικρό εργοστάσιο στην Ιβρέα, κωμόπολη της επαρχίας Τορίνο στην περιοχή Πεδεμόντιο της βορειοδυτικής Ιταλίας, ίδια περιοχή στην οποία στεγαζόταν η εταιρία υπολογιστών Olivetti. Το σχέδιο Arduino είναι μια διακλάδωση της πλατφόρμας Wiring για λογισμικό ανοιχτού κώδικα και προγραμματίζεται χρησιμοποιώντας μια γλώσσα βασισμένη στο Wiring παρόμοια με C++ με απλοποιήσεις και αλλαγές καθώς και ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE).



Εικόνα 5: Πλακέτα Arduino[5]

Μία πλακέτα Arduino αποτελείται από έναν μικροελεγκτή Atmel AVR(ATmega328 και ATmega168 στις νεότερες εκδόσεις) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωσή του σε άλλα κυκλώματα. Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz. Ο μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα bootloader, έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής.

Σε εννοιολογικό επίπεδο, στην χρήση του Arduino software stack, όλα τα boards προγραμματίζονται με μια RS-232 σειριακή σύνδεση, αλλά ο στρόπος που επιτυγχάνεται αυτό διαφέρει σε κάθε hardware εκδοχή. Οι σειριακές πλάκες Arduino περιέχουν ένα απλό level shifter κύκλωμα για την μετατροπή του σήματος επιπέδου RS-232 σε TTL. Τα σημερινά Arduino προγραμματίζονται μέσω USB. Αυτό καθίσταται δυνατό μέσω της εφαρμογής προσαρμογέων chip USB-to-Serial όπως ο FTDI FT232. Κάποιες παραλλαγές

Ο πίνακας Arduino εκθέτει τα περισσότερα microcontroller I/O pins για χρήση από άλλα κυκλώματα. Τα Diecimila, Duemilanove και το τρέχον Uno περιέχουν 14 ψηφιακά I/O pins και έξι αναλογικά δεδομένα. Αυτά τα pins βρίσκονται στην κορυφή του πίνακα μέσω female headers 0.1 ιντσών( 0,22 mm).

Το Arduino Nano και το Arduino-Compatible Bare Bones Board και Boarduino Board ενδέχεται να παρέχουν male headers pins στο κάτω μέρος του board προκειμένου να συνδέονται σε Breadboards. Υπάρχουν πολλά boards προερχόμενα από Arduino boards. Κάποιες είναι λειτουργικά ισάξιες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά. Το βασικό Arduino με την προσθήκη καινοτόμων output drivers, χρησιμοποιείται για την σχολική μόρφωση και την κατασκευή των μικρών robot.

Το πρωτότυπο υλικολογισμικό του Arduino κατασκευάζεται από την ιταλική εταιρεία Smart Projects. Κάποιες εκδοχές του Arduino Hardware που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι τώρα :

1. Το Serial Arduino, προγραμματισμένο με μία σειριακή DE-9 σύνδεση χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8.
2. Το Arduino Extreme, με ένα USB interface για προγραμματισμό χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8.
3. Το Arduino Mini, μία εκδοχή μινιατούρας του Arduino χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega168.
4. Το Arduino Nano, ένα ακόμα πιο μικρό, USB τροφοδοτούμενη εκδοχή του Arduino χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega328.
5. Το Arduino Uno, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία ATmega328.

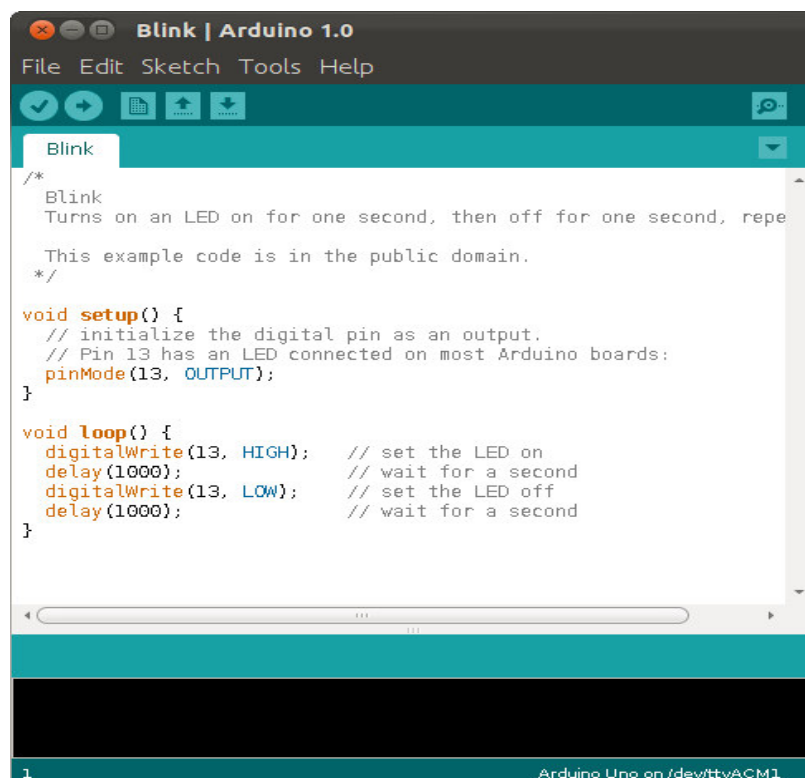
### 4.1.1 Λογισμικό Arduino

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μια εφαρμογή Java, που λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες και προέρχεται από το IDE για την γλώσσα προγραμματισμού Processing και το σχέδιο Wiring. Έχει σχεδιαστεί για να εισαγάγει στον προγραμματισμό τους καλλιτέχνες και τους νέους που δεν είναι εξοικειωμένοι με την ανάπτυξη λογισμικού. Περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα με χαρακτηριστικά όπως είναι η επισήμανση σύνταξης και ο συνδυασμός αγκυλών και είναι επίσης σε θέση να μεταγλωττίζει και να φορτώνει προγράμματα σε ένα περιβάλλον γραμμής εντολών. Ένα πρόγραμμα ή κώδικας που γράφτηκε για Arduino ονομάζεται σκίτσο (sketch). Τα Arduino προγράμματα είναι γραμμένα σε C ή C++. Το Arduino IDE έρχεται με μια βιβλιοθήκη λογισμικού που ονομάζεται Wiring γεγονός που καθιστά πολλές κοινές λειτουργίες εισόδου/εξόδου πολύ πιο εύκολες. Οι χρήστες πρέπει μόνο να ορίσουν δύο λειτουργίες για να κάνουν ένα πρόγραμμα κυκλική εκτέλεσης :

-`setup()` : μια συνάρτηση που τρέχει μια φορά στην αρχή του προγράμματος η οποία αρχικοποιεί τις ρυθμίσεις

-`loop()` : μια συνάρτηση που καλείται συνέχεια μέχρι η πλακέτα να απενεργοποιηθεί

Ένα τυπικό πρώτο πρόγραμμα για έναν μικροελεγκτή είναι να αναβοσβήνει απλά ένα LED.



```
Arduino IDE - Blink | Arduino 1.0
File Edit Sketch Tools Help
Blink
/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
 * This example code is in the public domain.
 */

void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:
  pinMode(13, OUTPUT);
}

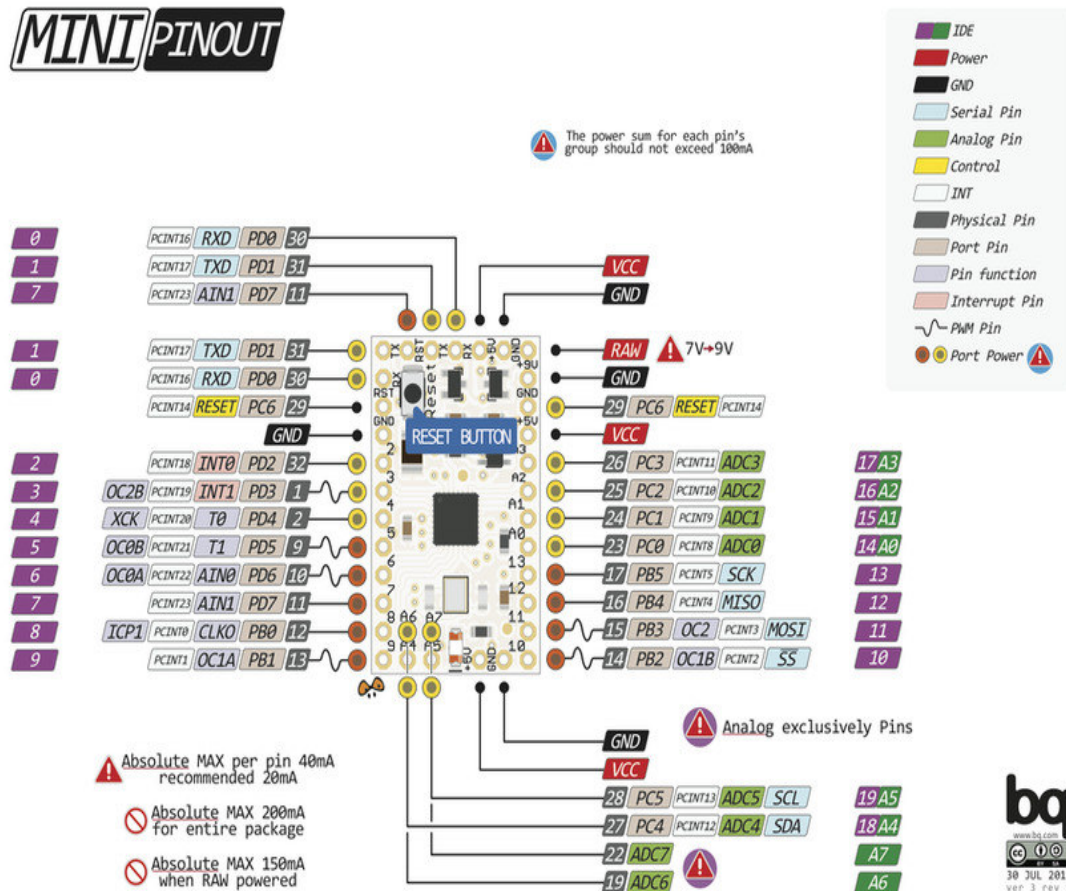
void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on
  delay(1000);             // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW);  // set the LED off
  delay(1000);            // wait for a second
}

1 Arduino Uno on /dev/ttyACM1
```

Εικόνα 6: Sketch Arduino[6]

## 4.2 Χρήση του Arduino για το σχεδιασμό

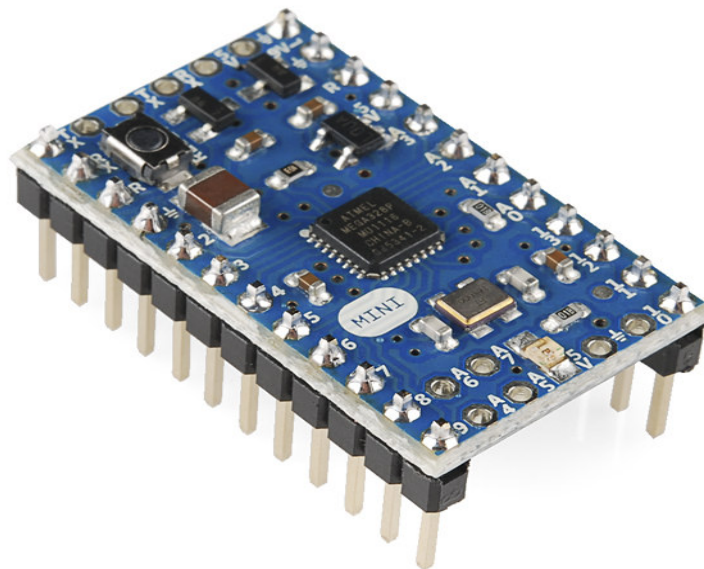
Για την παρούσα πτυχιακή χρησιμοποιήθηκε η πλακέτα Arduino Mini 05. Είναι μια μικρή πλακέτα της τεχνολογίας Arduino και έχουν σχεδόν τα ίδια χαρακτηριστικά με το Arduino Uno. Το μοντέλο Mini 05 της οικογένειας Arduino είναι διαδομένο και συμβατό με πλήθος αισθητήρων και επεκτάσεων. Βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega328 της Amtel αλλά εξαιρείται από πάνω της το chip που επιτρέπει την USB επικοινωνία με τον υπολογιστή. Αναλυτικά η πλακέτα διαθέτει 14 ψηφιακές εισόδους ή εξόδους, 8 αναλογικές εισόδους και τέλος το κουμπί reset της πλακέτας. Ο μικροελεγκτής είναι συγχρονισμένος στους 16 μεγακύκλους( Crystal 16MHz). Η μνήμη Flash του Arduino Mini 05 που μπορείτε να αποθηκεύσετε το πρόγραμμα(sketch) είναι 32KB, ικανή να δεχτεί τα περισσότερα προγράμματα. Λειτουργεί σε χαμηλή τάση χωρίς να υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας. Εξαιτίας του γεγονότος ότι η πλακέτα Arduino είναι ραμμένη πάνω στο ρούχο με ενδιάφερε να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Γι αυτό τον λόγο επιλέχθηκε η συγκεκριμένη πλακέτα. Επίσης διαθέτει 4 αναλογικές εισόδους που δεν διαθέτουν pin για να συνδεθούν στη Breadboard και απαιτείται να συνδεθούν καλώδια στις τρύπες τους. Δύο από αυτές χρησιμοποιούνται για την I2C επικοινωνία με κάποιον αισθητήρα πράγμα το οποίο διευκόλυνε την υλοποίηση του ρούχου με την χρήση αισθητήρα.



Εικόνα 7: Arduino Mini 05 Pinout[7]

Για να χρησιμοποιηθεί η πλακέτα απαιτούνται κάποιες απαραίτητες ενέργειες :

- Επειδή η πλακέτα δεν διαθέτει chip USB για την επικοινωνία με τον υπολογιστή απαραίτητη είναι η ύπαρξη Mini USB Adapter.
- Power: Τροφοδοτείται 5V από το pin του Mini USB Adapter VCC στο pin 5V του Arduino.
- TX/RX : Αυτά τα pin χρησιμοποιούνται για να γίνει το ανέβασμα ενός καινούριο sketch στην πλακέτα και να γίνει η επικοινωνία με τον υπολογιστή.
- Reset : Όποτε το pin είναι συνδεδεμένο με την γείωση (Ground), το Arduino Mini κάνει reset. Εάν δεν συνδεθεί πουθενά θα κάνει reset τυχαία.
- LED : Συνδέοντας ένα LED μπορώ να δω αν η πλακέτα μου δουλεύει. Το pin 13 διαθέτει 1KB αντίσταση οπότε μπορώ να συνδέσω εκεί ένα LED ανάμεσα από αυτό και την γείωση.

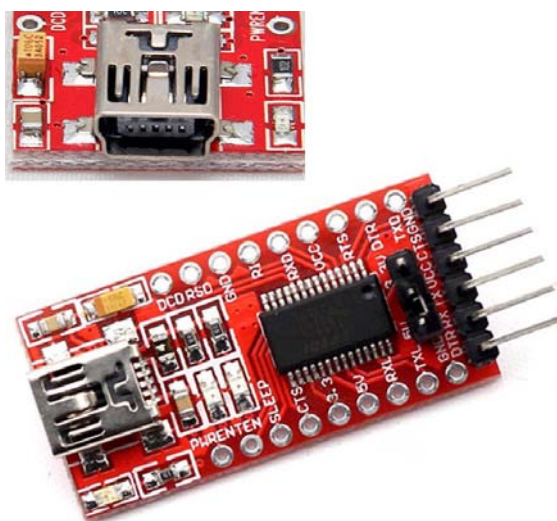


*Εικόνα 8: Arduino Mini 05 Πλακέτα[8]*

### 4.2.1 Σύνδεση Arduino Mini και Mini USB Adapter

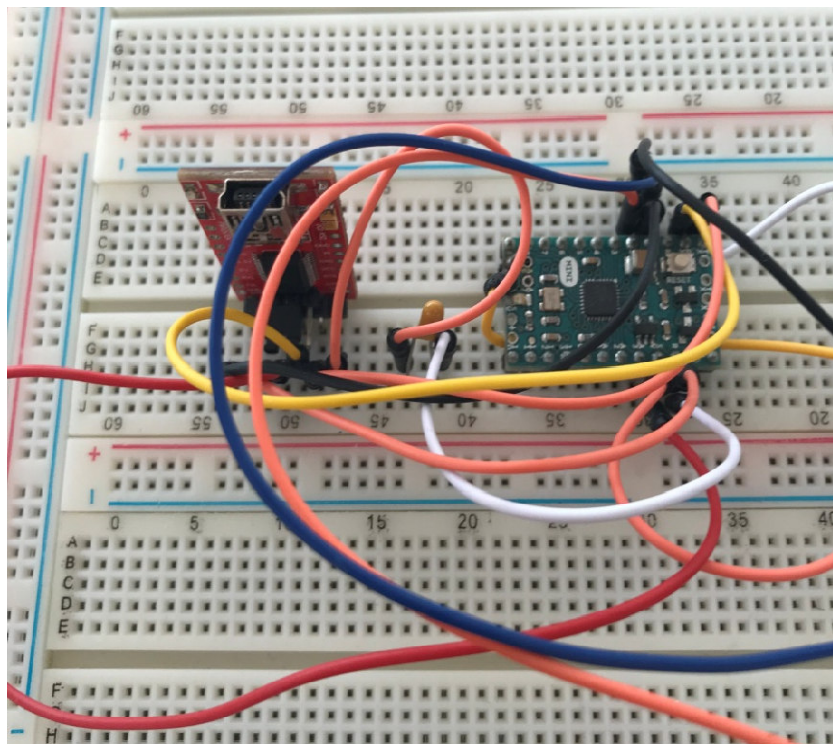
Το Arduino Mini χρειάζεται απαραίτητα έναν σειριακό ανάπτορα για την επικοινωνία με τον υπολογιστή. Ο σειριακός ανάπτορας που χρησιμοποίησα είναι ο FT232RL FTDI. Για την επικοινωνία με τον υπολογιστή πρέπει να βρεθούν και να εγκατασταθούν στον υπολογιστή οι απαραίτητοι drivers. Η συνδεσμολογία του ανάπτορα με την πλακέτα Arduino είναι η εξής :

- Το pin Tx του ανάπτορα πρέπει να συνδεθεί με καλώδιο στο pin Rx της πλακέτας Arduino.
- Το pin Rx του ανάπτορα πρέπει να συνδεθεί με καλώδιο με το pin Tx της πλακέτας Arduino.
- Το pin GND του ανάπτορα όπου είναι η γείωση πρέπει να συνδεθεί με το pin GND της πλακέτας Arduino.
- Για να μην χρειάζεται να πατάω συνέχεια το κουμπί reset που έχει το Arduino συνδέω το DTR του ανάπτορα στο ένα πόδι ενός πυκνωτή και το άλλο πόδι του πυκνωτή το συνδέω με καλώδιο με το reset της πλακέτας Arduino.



*Εικόνα 9: USB Adapter[9]*

Όταν γίνεται το ανέβασμα ενός σκίτσου στο Arduino τα λαμπάκια από το Rx και το Tx αναβοσβήνουν συγχρονισμένα. Αυτό σημαίνει ότι έχει αναγνωριστεί από τον υπολογιστή ο σειριακός αντάπτορας και θα μεταφερθούν τα δεδομένα από τον υπολογιστή στην πλακέτα Arduino. Ο σειριακός αντάπτορας διαθέτει μια θύρα USB όπου με καλώδιο USB συνδέεται με τον υπολογιστή. Χωρίς τους κατάλληλους drivers δεν θα αναγνωριστεί από τον υπολογιστή ο αντάπτορας με αποτέλεσμα να μπορούν να μεταφερθούν τα δεδομένα και να μην γίνει το upload του sketch. Είναι πολύ χρήσιμος για την υλοποίηση καθώς η πλακέτα δεν διαθέτει θύρα USB.



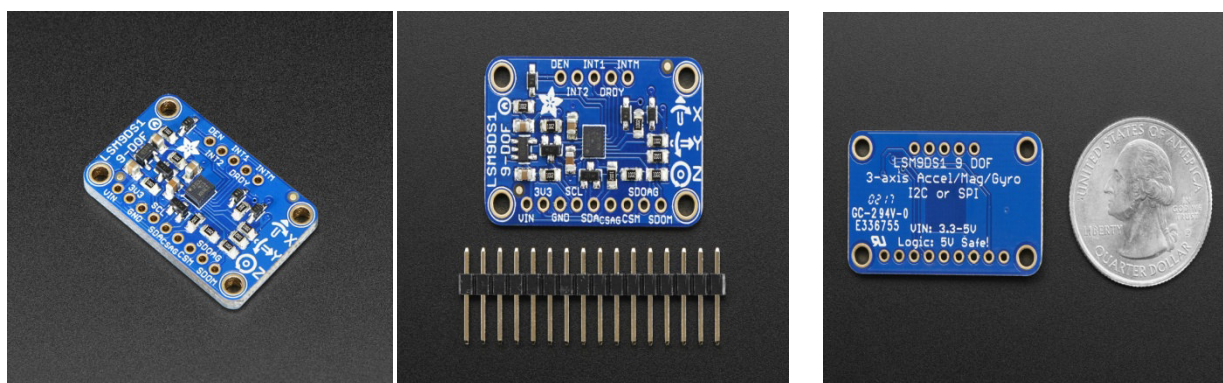
*Εικόνα 10: Σύνδεση USB Adapter με Arduino.*



### 4.3 Τεχνολογίες ανίχνευσης της κίνησης

Η ανίχνευση της κίνησης είναι μια διαδικασία, η οποία αναγνωρίζεται με τη χρήση ειδικών αισθητήρων και βασίζεται στην αλλαγή της θέσης ενός αντικειμένου σε σχέση με το περιβάλλον του. Για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας μελετήθηκαν δύο διαφορετικές τεχνολογίες αισθητήρων ανίχνευσης της κίνησης. Η πρώτη βασίζεται στον αισθητήρα Adafruit LSM9DS1, ενώ η δεύτερη στον αισθητήρα GY-521 MPU6050.

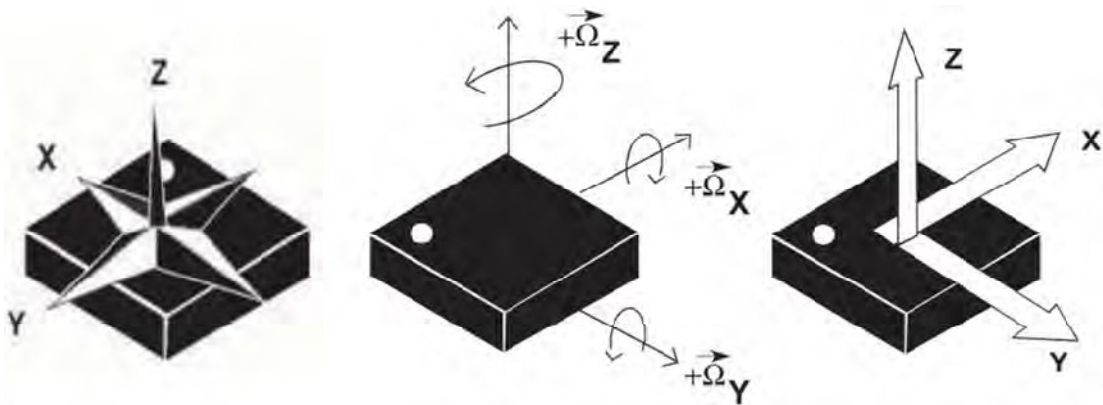
#### 4.3.1 Η τεχνολογία του LSM9DS1



Εικόνα 11: Αισθητήρας LSM9DS1[10]

Όπως αναφέρθηκε πριν, με τον αισθητήρα LSM9DS1 all-in-one μπορεί κανείς να προσθέσει ανίχνευση κίνησης, κατεύθυνσης και προσανατολισμού στο Arduino project του. Στο εσωτερικό του chip υπάρχουν τρεις αισθητήρες. Στην ουσία συνδυάζονται τρεις αισθητήρες σε έναν. Ένας μια ηλεκτρονική συσκευή που καταγράφει την βαρυτική δύναμη, την γωνιακή επιτάχυνση και το μαγνητικό πεδίο γύρω από ένα σώμα. Για να το επιτύχει αυτό χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό επιταχυνσιόμετρων, γυροσκοπίων και μαγνητομέτρων. Η βασική αρχή λειτουργίας του είναι απλή. Ανιχνεύει την γραμμική επιτάχυνση του σώματος χρησιμοποιώντας ένα ή περισσότερα επιταχυνσιόμετρα και το ρυθμό περιστροφής του με την χρήση των γυροσκοπίων. Ο ρόλος του μαγνητόμετρου είναι για να ανιχνεύει αλλαγές στο heading του σώματος. Ο αισθητήρας που χρησιμοποιήσαμε διαθέτει ένα επιταχυνσιόμετρο, ένα γυροσκόπιο και ένα μαγνητόμετρο για να μετρούν την γωνία που έχει το σώμα στους άξονες pitch, roll, yaw αντίστοιχα. Ο αισθητήρας είναι μια

καλή επιλογή για την μέτρηση γωνιών περιστροφής σε ρομποτικές εφαρμογές αλλά και γενικότερα. Η ευκολία στη χρήση του και ο συνδυασμός των αισθητήρων σε έναν, το καθιστούν αρκετά δημοφιλή για μια πληθώρα εφαρμογών όπως οδικά συστήματα παρακολούθησης, κινούμενα ρομπότ και πολλά άλλα. Το βασικό τους μειονέκτημα, ωστόσο, είναι ότι το σφάλμα του συσσωρεύεται είναι δηλαδή προσθετικό. Για να υπολογιστεί η ταχύτητα και η θέση του σώματος ο αισθητήρας ολοκληρώνει συνεχώς την επιτάχυνση ως προς το χρόνο τα οποία έχει σαν αποτέλεσμα τα σφάλματα, οσοδήποτε μικρά, να συσσωρεύονται με την πάροδο του χρόνου. Αυτό οδηγεί σε μια διαρκώς αυξανόμενη διαφορά μεταξύ της θέσης που το μετρητικό σύστημα νομίζει ότι βρίσκεται το σώμα και της πραγματικής του θέσης. Για την διόρθωση του σφάλματος αυτού μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστήματα παρακολούθησης θέσης όπως συσκευές πλοήγησης (GPS) οι οποίες χρησιμοποιούν φίλτρα Kalman για να μειώσουν τη διαφορά μεταξύ της μετρούμενης και της πραγματικής θέσης.



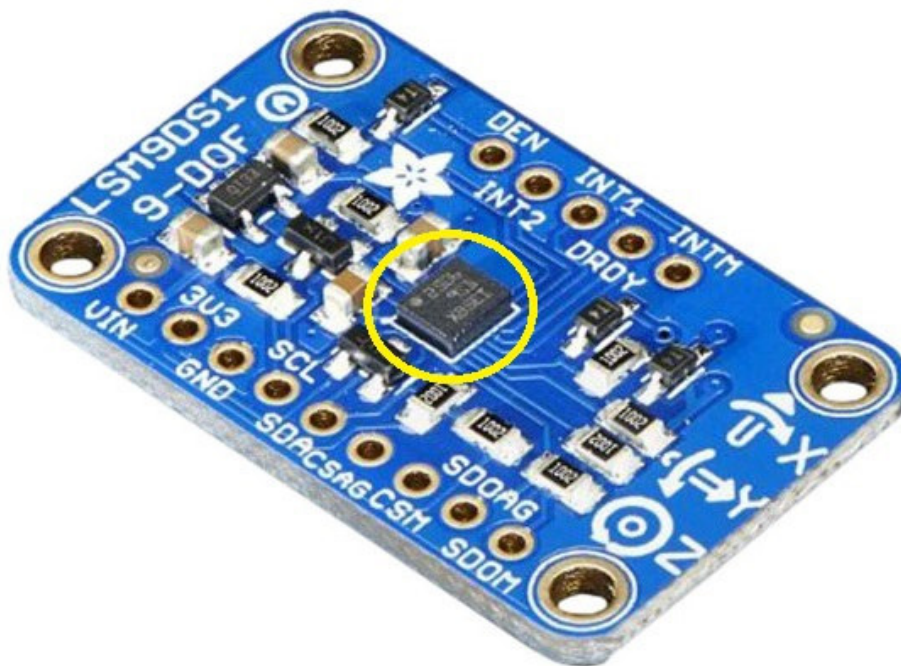
*Εικόνα 12: Ανάλυση κίνησης επιταχυνσίόμετρου, γυροσκοπίου και μαγνητόμετρου[11].*

### 4.3.1.1 LSM9DS1 Hardware

Για τις ανάγκες της εργασίας χρησιμοποιήσαμε το μετρητικό σύστημα 9Dof sensor stick της Adafruit το οποίο είναι ένα IMU εννέα βαθμών ελευθερίας. Το stick αυτό χρησιμοποιεί το ολοκληρωμένο motion-sensing-chip LSM9DS1. Διαθέτει ένα επιταχυνσιόμετρο, ένα γυροσκόπιο και ένα μαγνητόμετρο τριών βαθμών ελευθερίας το καθένα, άρα συνολικά εννέα βαθμών. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του που το διακρίνει από τα υπόλοιπα πέραν του πολύ μικρού μεγέθους του, είναι η δυνατότητά του να μπορεί να μετρήσει επιτάχυνση, γωνιακή ταχύτητα και heading το καθένα στις τρεις διαστάσεις, χρησιμοποιώντας ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Τα υλικά κομμάτια που συνθέτουν τον αισθητήρα LSM9DS1 είναι :

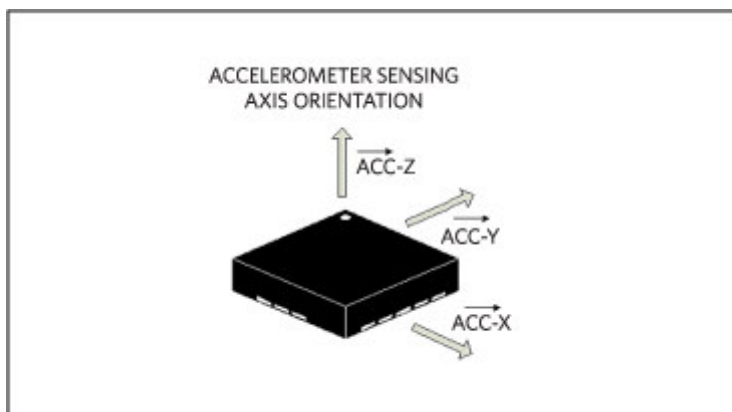
- Ένα επιταχυνσιόμετρο.
- Ένα γυροσκόπιο.
- Ένα μαγνητόμετρο.



Εικόνα 13: Chip του LSM9DS1[12]1.

### ➤ *Επιταχυνσιόμετρο*

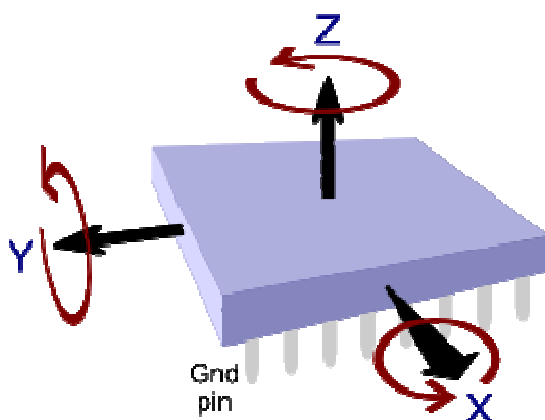
Το επιταχυνσιόμετρο, μας επιτρέπει να μετρήσουμε την επιτάχυνση (acceleration) ενός σώματος στις τρεις διαστάσεις (άξονες x/y/z) και να έχουμε την γραφική απεικόνισή της σε σχέση με τον χρόνο ή με τιμές που μας δίνουν άλλοι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε. Ο αισθητήρας αυτός έχει κλίμακες  $\pm 2/\pm 4/\pm 8/\pm 16$  g.



Εικόνα 14: Ανάλυση του επιταχυνσιόμετρου[13].

### ➤ *Γυροσκόπιο*

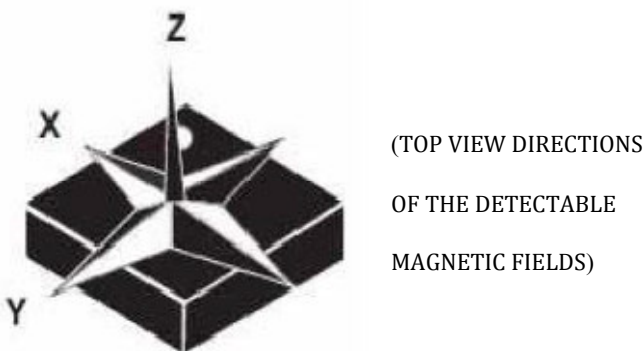
Το γυροσκόπιο είναι μια συσκευή η οποία μπορεί να διατηρεί σταθερό τον προσανατολισμό της μέσω της περιστροφής μερών της και της αρχής διατήρησης της στροφορμής. Το γυροσκόπιο έχει κλίμακες  $\pm 245/\pm 500/\pm 2000$  dps. Ανάλογα με τις τιμές που προκύπτουν μπορώ να καταλάβω την περιστροφή που έχει γίνει στο ανθρώπινο σώμα. Ανιχνεύει τον ρυθμό περιστροφής (angular rotation) και υπολογίζει την γωνιακή ταχύτητα και στις τρεις διαστάσεις (άξονες x/y/z).



Εικόνα 15: Ανάλυση του γυροσκοπίου[14].

### ➤ *Μαγνητόμετρο*

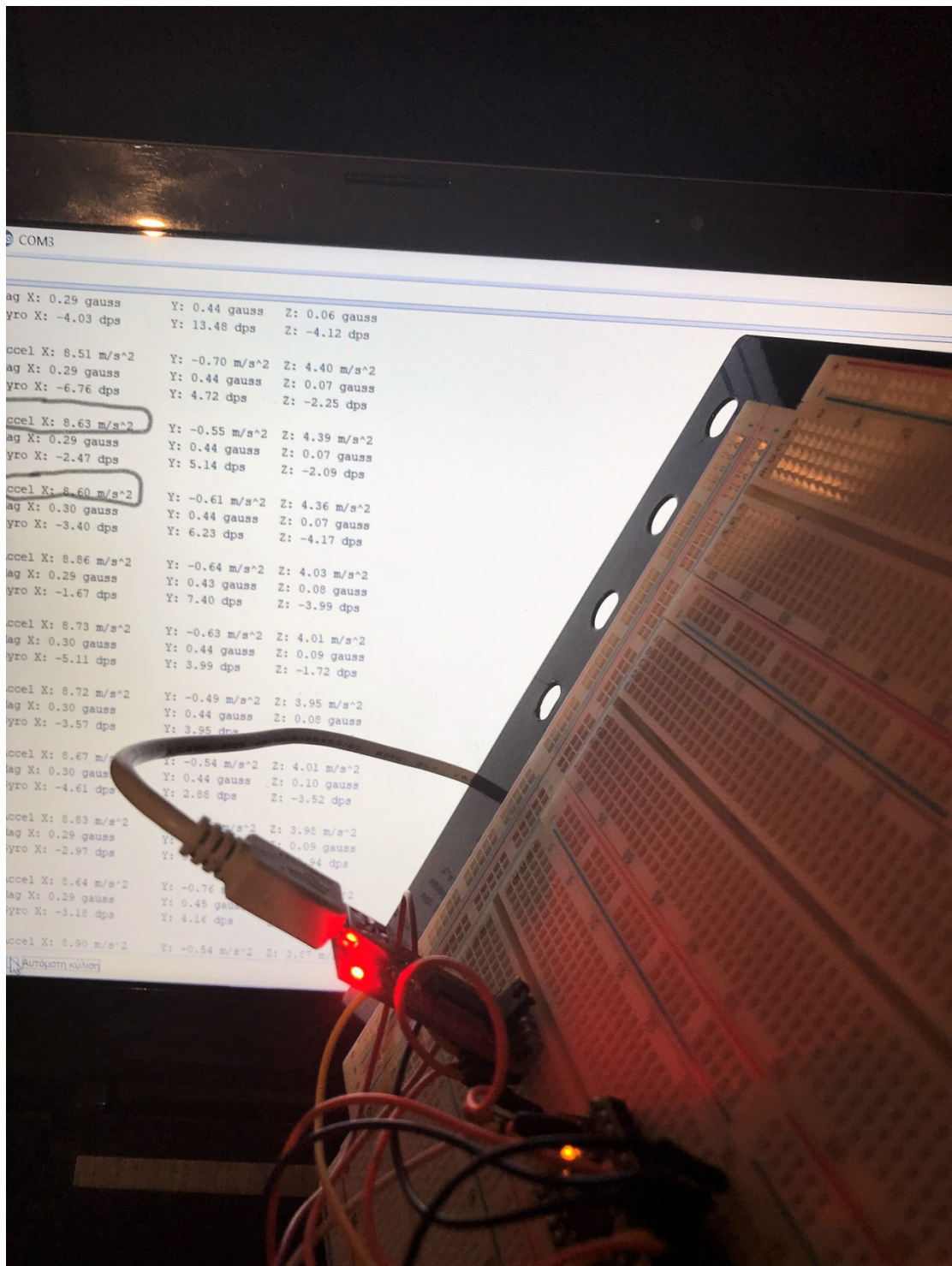
Το μαγνητόμετρο είναι κατάλληλο όργανο για την μέτρηση του γήινου μαγνητισμού. Μετράει και αναφέρει το μαγνητικό πεδίο που περιβάλλει το σώμα. Ανιχνεύει αλλαγές στο heading του σώματος και υπολογίζει την μαγνητική δύναμη (magnetic force) και στις τρεις διαστάσεις (άξονες x/y/z). Ταο μαγνητόμετρο έχει κλίμακα  $\pm 4/\pm 8/\pm 12/\pm 16$  gauss.



*Εικόνα 16: Ανάλυση του μαγνητόμετρου[15].*

#### **4.3.1.2. Λογισμικό του LSM9DS1**

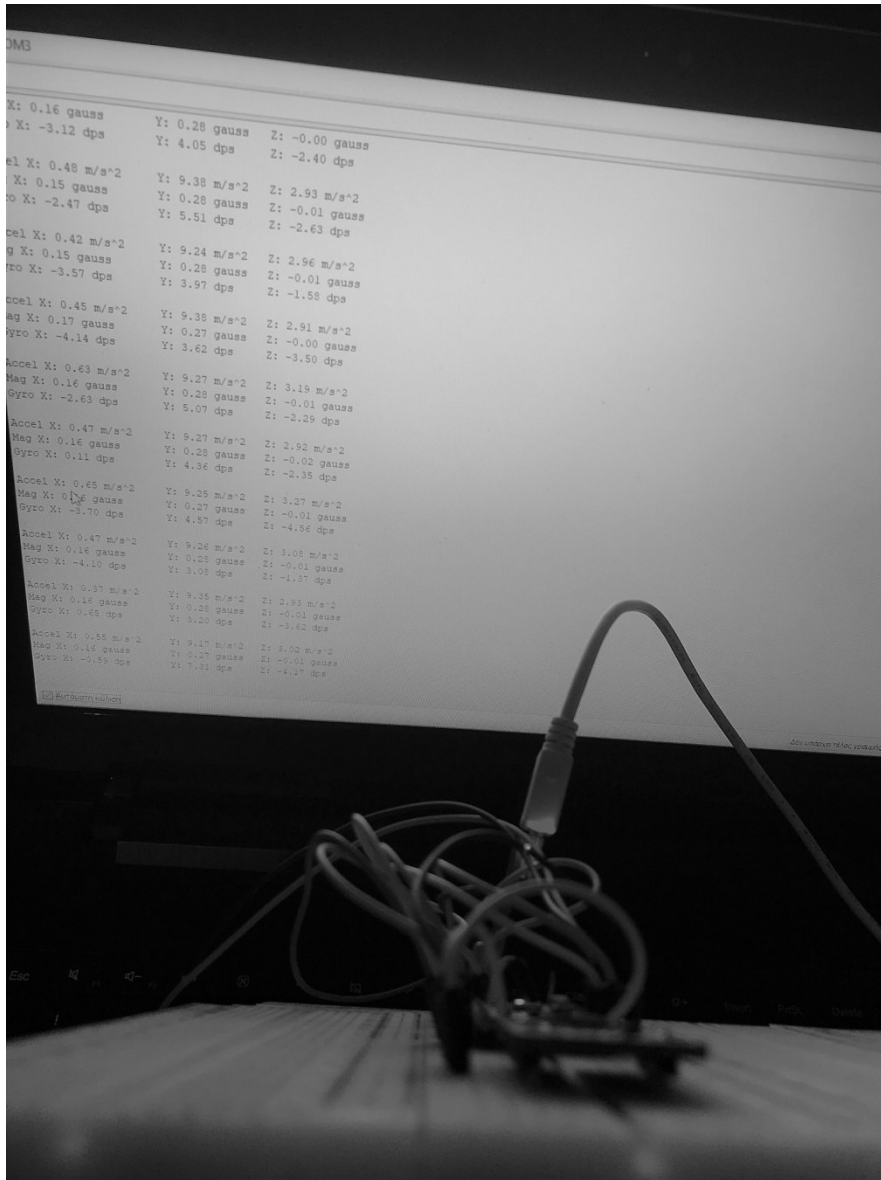
Για να γίνει ανάγνωση των δεδομένων του αισθητήρα, θα χρειαστεί να γίνει λήψη της βιβλιοθήκης του αισθητήρα. Απαραίτητο είναι το λογισμικό του Arduino όπου εκεί γίνεται το ανέβασμα του προγράμματος (sketch). Πρέπει να γίνει συγχρονισμός της βιβλιοθήκης του αισθητήρα με το λογισμικό Arduino. Το λογισμικό παρέχει κάποιες τιμές του επιταχυνσιόμετρου, του γυροσκοπίου και το μαγνητόμετρο σε τρεις διαστάσεις (άξονας x/y/z). Με τις τιμές αυτές μπορεί να γίνει αντιληπτή η κίνηση που θα κάνει ο ασθενής μελετώντας τις τιμές. Ανάλογα την κίνηση που θα πραγματοποιήσει θα μεταβληθεί και η κατάλληλη τιμή. Πιο συγκεκριμένα εξηγείται κουνώντας την πλακέτα που είναι συνδεδεμένος ο αισθητήρας με την πλακέτα Arduino κουνώντας διαφορετικά την πλακέτα κάθε φορά με ανάλογες κινήσεις που μπορεί να κάνει το ανθρώπινο σώμα και συγκεκριμένα η μέση του ανθρώπου.



*Εικόνα 17: Τιμές που προκύπτουν από το επιταχυνσιόμετρο.*

Κουνώντας την πλακέτα αριστερά παρατηρώ πως μεταβάλλεται η τιμή του επιταχυνσιόμετρου Accel X όπου η τιμή που λαμβάνει είναι από 0 μέχρι 10  $m/s^2$  το μέγιστο. Καθώς γυρνάμε την πλακέτα αριστερά αυξάνεται η τιμή η οποία είναι πάντα θετική. Η τιμή του πηγαίνει προς τα αρνητικά αν κουνήσω την πλακέτα προς τα δεξιά. Θα φτάσει μέχρι το μηδέν και μετά θα πάρει αρνητικές τιμές μέχρι το -10

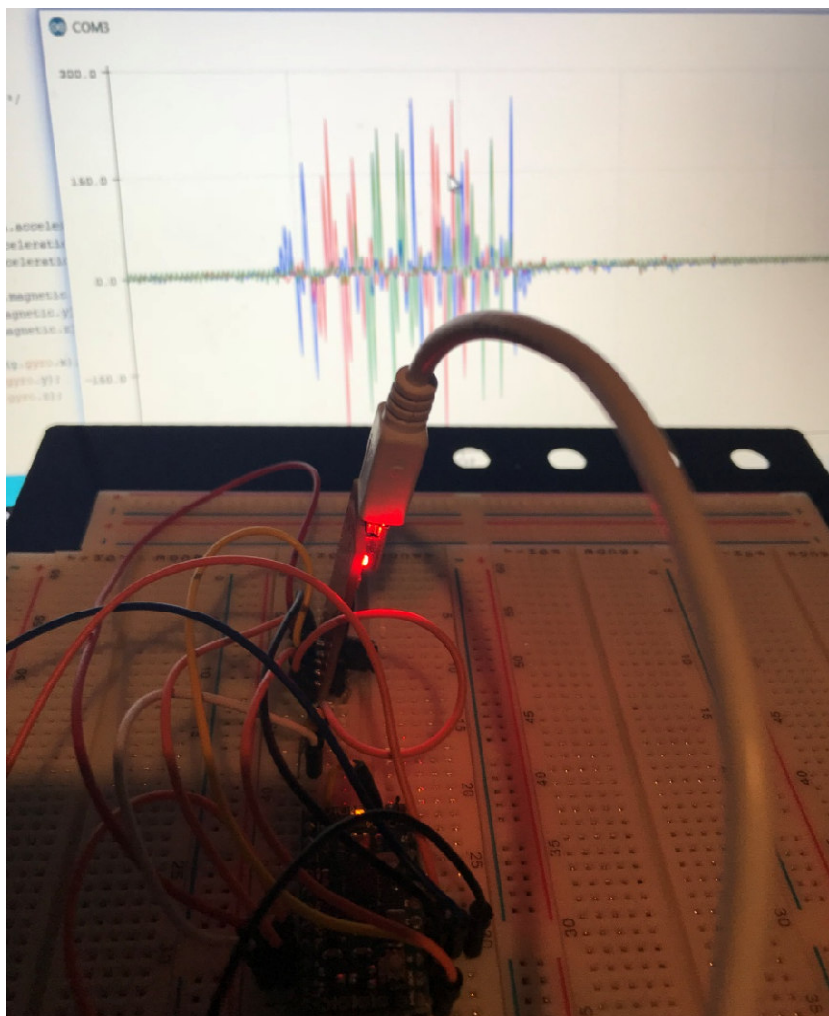
m/s<sup>2</sup>. Κουνώντας την πλακέτα πάνω και κάτω παρατηρώ ότι μεταβάλλεται η τιμή του Accel Y. Αν κουνήσω την πλακέτα προς τα πάνω παρατηρώ ότι λαμβάνει αρνητικές τιμές ενώ αν την κουνήσω προς τα κάτω παρατηρώ ότι παίρνει θετικές τιμές. Αντίστοιχα οι τιμές που λαμβάνονται είναι από -10 m/s<sup>2</sup> μέχρι 10 m/s<sup>2</sup>.



**Εικόνα 18: Τιμές κουνώντας την πλακέτα.**

Οι τιμές που λαμβάνει το μαγνητόμετρο μεταβάλλονται κουνώντας την πλακέτα αριστερά και δεξιά. Οι τιμές του μαγνητόμετρου είναι στον άξονα X όταν κουνάω την πλακέτα προς τα αριστερά παίρνει θετικές τιμές ενώ όταν κουνάω την πλακέτα προς τα δεξιά παίρνει αρνητικές τιμές. Στον άξονα Y παίρνει πάντα θετικές τιμές και μεταβάλλεται όταν κουνάω την πλακέτα πάνω και κάτω. Προς τα πάνω οι τιμές αυξάνονται ενώ προς τα κάτω οι τιμές μειώνονται. Έτσι μελετώντας αυτές τις τιμές μπορώ να καταλάβω την κίνηση που έκανε ο ασθενής καθώς ο αισθητήρας καταγράφει αυτές τις κινήσεις. Ωστόσο για την καλύτερη κατανόηση της κίνησης

υπάρχει μια γραφική παράσταση που ανάλογα με την κίνηση που κάνεις καταγράφει με χρώμα συγκεκριμένες κινήσεις. Συγκεκριμένα :



*Εικόνα 19: Γραφική παράσταση του LSM9DS1*

- Η γραφική αναπαράσταση χρώματος μπλε συμβολίζει την κίνηση της πλακέτας πάνω και κάτω. Όταν σηκώνω την πλακέτας προς τα πάνω εμφανίζεται μπλε και καταλαβαίνω πως η κίνηση είναι προς τα πάνω διότι βρίσκεται πάνω από την άξονα στο (0,0). Αντίστοιχα όταν την κουνάω προς τα κάτω και κάνω την αντίθετη κίνηση είναι πάλι μπλε η γραφική παράσταση αλλά είναι κάτω από τον άξονα (0,0).
- Η γραφική παράσταση χρώματος κόκκινου συμβολίζει την κίνηση της πλακέτα όταν την στρέφω δεξιά και αριστερά. Όταν την στρέφω δεξιά εμφανίζεται η κόκκινη γραμμή προς τα κάτω δηλαδή κάτω από τον άξονα(0,0). Αντίστοιχα όταν την στρέψω προς τα αριστερά εμφανίζεται πάλι κόκκινη γραμμή αλλά είναι πάνω από τον άξονα(0,0).



- Η γραφική παράσταση χρώματος πράσινου συμβολίζει την κίνηση της πλακέτας όταν την γυρνάω αριστερά και δεξιά. Όταν την γυρνάω αριστερά εμφανίζεται πράσινη γραμμή και είναι πάνω από τον άξονα(0,0) ενώ όταν την στρέφω δεξιά είναι πάλι πράσινη γραμμή με διαφορά ότι η γραφική παράσταση είναι κάτω από τον άξονα(0,0).

### 4.3.1.3. Διεπαφή επικοινωνίας coolterm.

Το coolterm είναι μια διεπαφή επικοινωνίας με σκοπό την καταγραφή των δεδομένων από την πλακέτα Arduino στον υπολογιστή. Όλες οι τιμές που λαμβάνονται ως έξοδος από το Arduino καταγράφονται στο coolterm με συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα. Έτσι μπορεί να κρατηθεί σαν μιας μορφής ιστορικό για τον ασθενή και να συγκριθεί με επόμενες θεραπείες για την πρόοδο του ασθενή. Η ύπαρξη του είναι πολύ σημαντική διότι αν δεν καταγραφόταν οι τιμές σε αυτό το σύστημα οι τιμές θα χανόταν. Έτσι σε μια δεύτερη εξέταση οι τιμές αυτές δεν θα υπήρχαν. Επίσης σημαντικό είναι το ότι ο ασθενής μπορεί να φορέσει το ρούχο να κάνει τις απαραίτητες φυσικοθεραπευτικές ασκήσεις και να μετά να το βγάλει και να το μελετήσει ο ειδικός. Αυτό είναι σημαντικό διότι ο ειδικός θα έχει χρόνο να μελετήσει τις κινήσεις σώματος χωρίς να πρέπει να βγάλει το πόρισμα εκείνη την στιγμή.

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια	
2017-12-20	13:52:15		Accel X: -4.79 m/s <sup>2</sup>	Y: -1.61 m/s <sup>2</sup>	Z: 8.71 m/s <sup>2</sup>
2017-12-20	13:52:15		Mag X: 0.06 gauss	Y: 0.31 gauss	Z: -0.36 gauss
2017-12-20	13:52:15		Gyro X: -32.58 dps	Y: 7.53 dps	Z: -38.50 dps
2017-12-20	13:52:15		Accel X: -5.22 m/s <sup>2</sup>	Y: -1.39 m/s <sup>2</sup>	Z: 8.70 m/s <sup>2</sup>
2017-12-20	13:52:15		Mag X: 0.06 gauss	Y: 0.29 gauss	Z: -0.36 gauss
2017-12-20	13:52:15		Gyro X: -35.38 dps	Y: 0.73 dps	Z: -11.80 dps
2017-12-20	13:52:15		Accel X: 4.47 m/s <sup>2</sup>	Y: -0.84 m/s <sup>2</sup>	Z: 10.35 m/s <sup>2</sup>
2017-12-20	13:52:15		Mag X: 0.04 gauss	Y: 0.27 gauss	Z: -0.33 gauss
2017-12-20	13:52:15		Gyro X: -4.71 dps	Y: -6.56 dps	Z: 34.30 dps
2017-12-20	13:52:16		Accel X: 3.50 m/s <sup>2</sup>	Y: -1.67 m/s <sup>2</sup>	Z: 9.65 m/s <sup>2</sup>
2017-12-20	13:52:16		Mag X: 0.03 gauss	Y: 0.29 gauss	Z: -0.33 gauss
2017-12-20	13:52:16		Gyro X: 29.66 dps	Y: 7.02 dps	Z: -5.38 dps
2017-12-20	13:52:16		Accel X: 2.77 m/s <sup>2</sup>	Y: -1.59 m/s <sup>2</sup>	Z: 8.61 m/s <sup>2</sup>
2017-12-20	13:52:16		Mag X: 0.03 gauss	Y: 0.29 gauss	Z: -0.33 gauss
2017-12-20	13:52:16		Gyro X: 22.07 dps	Y: 6.81 dps	Z: -16.36 dps
2017-12-20	13:52:16		Accel X: -0.58 m/s <sup>2</sup>	Y: -3.80 m/s <sup>2</sup>	Z: 6.82 m/s <sup>2</sup>
2017-12-20	13:52:16		Mag X: 0.04 gauss	Y: 0.37 gauss	Z: -0.35 gauss
2017-12-20	13:52:16		Gyro X: -104.71 dps	Y: -13.24 dps	Z: 18.79 dps
2017-12-20	13:52:17		Accel X: -0.65 m/s <sup>2</sup>	Y: -2.11 m/s <sup>2</sup>	Z: 9.17 m/s <sup>2</sup>
2017-12-20	13:52:17		Mag X: 0.02 gauss	Y: 0.32 gauss	Z: -0.33 gauss
2017-12-20	13:52:17		Gyro X: -55.27 dps	Y: -24.81 dps	Z: -10.02 dps
2017-12-20	13:52:17		Accel X: -0.11 m/s <sup>2</sup>	Y: -2.18 m/s <sup>2</sup>	Z: 10.42 m/s <sup>2</sup>
2017-12-20	13:52:17		Mag X: 0.02 gauss	Y: 0.30 gauss	Z: -0.34 gauss
2017-12-20	13:52:17		Gyro X: -53.92 dps	Y: -8.72 dps	Z: -14.31 dps
2017-12-20	13:52:17		Accel X: 0.61 m/s <sup>2</sup>	Y: -1.81 m/s <sup>2</sup>	Z: 10.88 m/s <sup>2</sup>
2017-12-20	13:52:17		Mag X: 0.02 gauss	Y: 0.29 gauss	Z: -0.33 gauss
2017-12-20	13:52:17		Gyro X: -52.02 dps	Y: 16.40 dps	Z: -13.35 dps

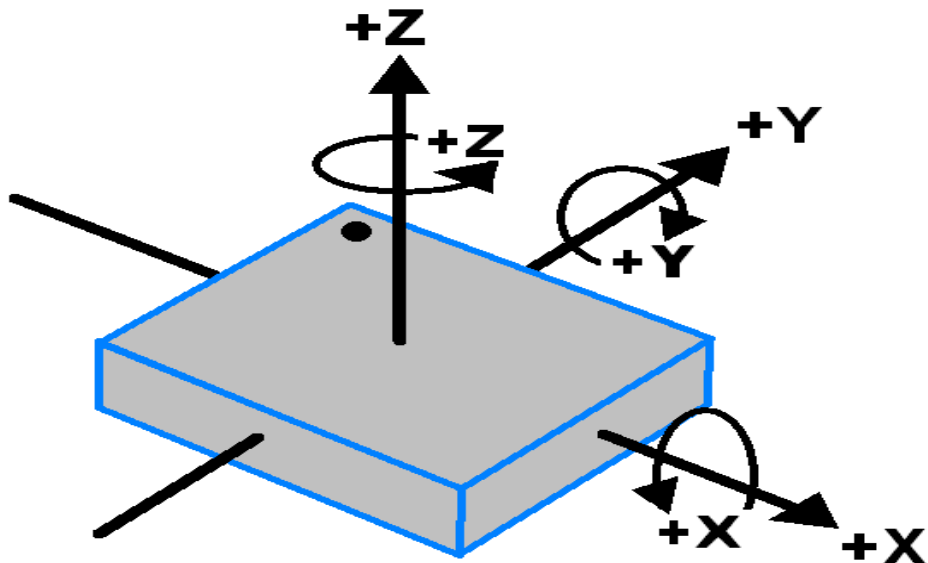
Εικόνα 20: Καταγραφή των τιμών.

## 4.3.2 Η τεχνολογία του GY-521 MPU6050.

### 4.3.2.1 MPU6050 Hardware.

Τα εξαρτήματα MPU-6050 είναι οι πρώτες συσκευές ανίχνευσης κίνησης παγκοσμίως σχεδιασμένες για τις απαιτήσεις χαμηλής κατανάλωσης, χαμηλού κόστους και υψηλών επιδόσεων των smartphones, των tablet και φορητών αισθητήρων. Ο αισθητήρας MPU-6050 περιέχει ένα επιταχυνσιόμετρο και ένα γυροσκόπιο σε ένα ενιαίο τσίπ. Είναι πολύ ακριβής, καθώς περιέχει ψηφιακό υλικό μετατροπής 16 ψηφίων για κάθε κανάλι. Συνεπώς καταγράφει ταυτόχρονα τιμές σε τρεις άξονες x,y,z. Ο αισθητήρας χρησιμοποιεί το δίαυλο I2C για διασύνδεση με το Arduino. Ο αισθητήρας διαθέτει έναν ψηφιακό επεξεργαστή κινήσεων(DMP) ο οποίος ονομάζεται επίσης ψηφιακή μονάδα επεξεργασίας κίνησης. Αυτό το DMP μπορεί να προγραμματιστεί με firmware και είναι σε θέση να κάνει σύνθετους υπολογισμούς με τις τιμές των αισθητήρων. Τα υλικά κομμάτια που συνθέτουν τον αισθητήρα MPU-6050 είναι:

- 1) *Επιταχυνσιόμετρο*
- 2) *Γυροσκόπιο*

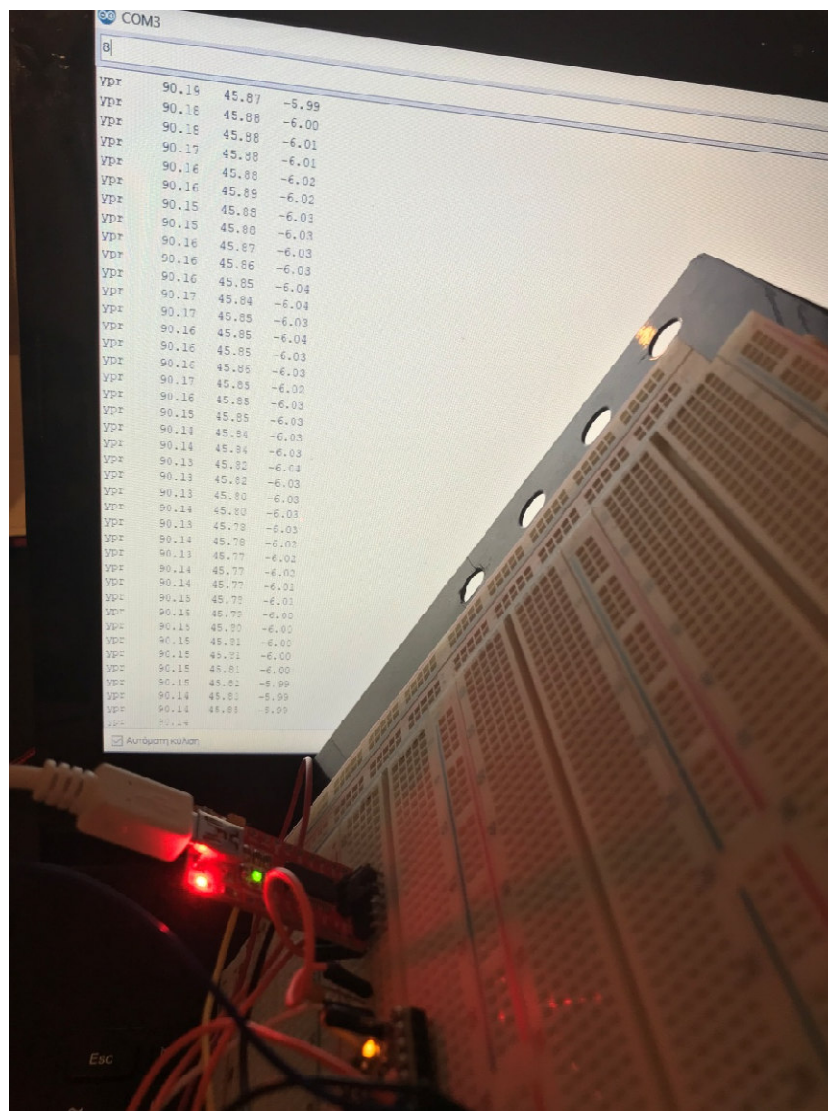


### **MPU-6050 Orientation & Polarity of Rotation**

Εικόνα 21: Ανάλυση του γυροσκοπίου και το επιταχυνσιόμετρο του MPU-6050[16].

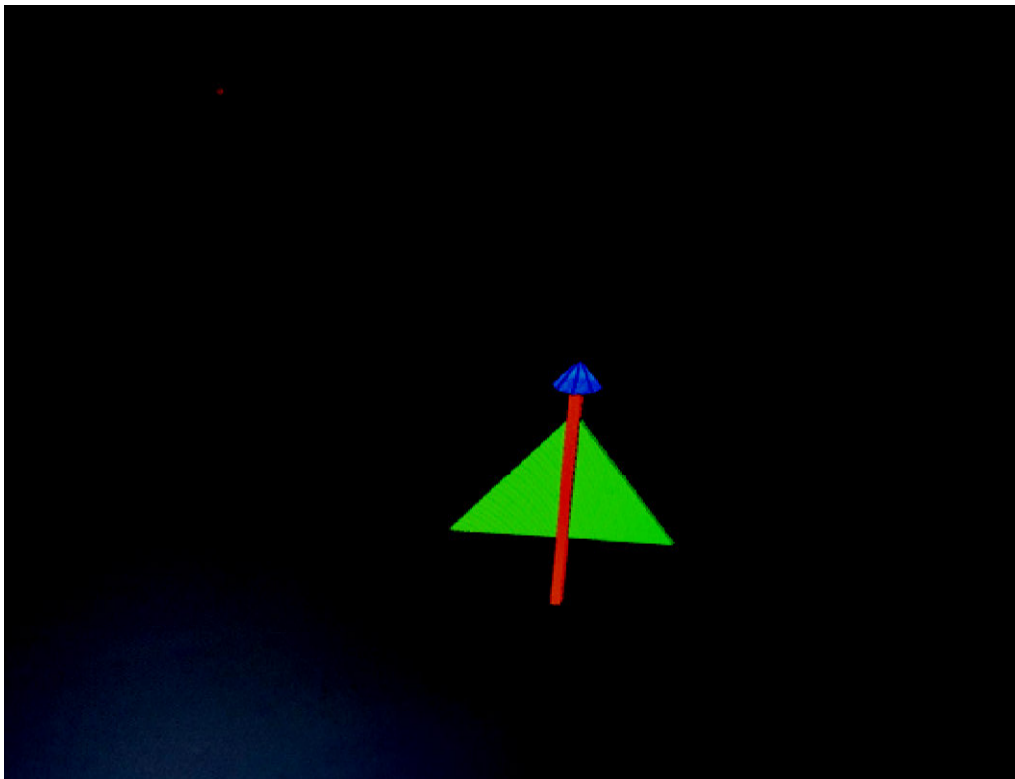


- Η πρώτη στήλη αφορά την περιστροφή της πλακέτας. Η αρχική τιμή μετά το calibration είναι το 80.00. Αν περιστρέψω την πλακέτα αριστερά μειώνεται η τιμή και παίρνει και αρνητικές τιμές. Αν την περιστρέψω δεξιά αυξάνεται και παίρνει μόνο θετικές τιμές και φτάνει μέχρι την τιμή 179,99.
- Η δεύτερη στήλη αφορά το στρέψιμο της πλακέτας. Αρχικά η τιμή είναι μηδέν. Αν την στρέψω αριστερά παίρνει θετικές τιμές και φτάνει μέχρι το 85. Αν την στρέψω δεξιά παίρνει αρνητικές τιμές και φτάνει μέχρι το -85.
- Η τρίτη στήλη αφορά το στρέψιμο της πλακέτας πάνω και κάτω. Αν στρέψω την πλακέτα προς τα κάτω παίρνει αρνητικές τιμές μέχρι το -89,9. Αν την στρέψω προς τα πάνω παίρνει θετικές τιμές και φτάνει μέχρι το 89,9.



*Εικόνα 23: Ανάλυση των τιμών.*

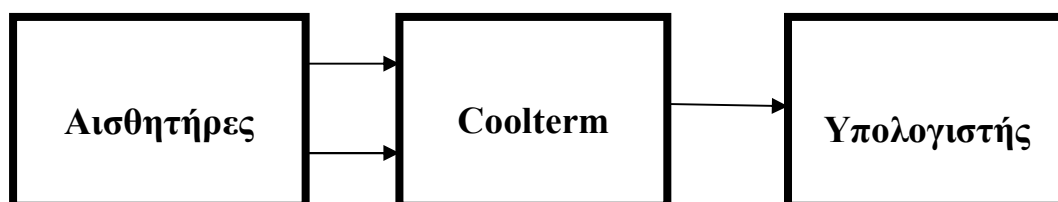
Πέρα από τις τιμές όπως αναφέρθηκε υπάρχει και ένα τρισδιάστατο μοντέλο το οποίο δημιουργείται μέσω του processing που υποστηρίζει ο συγκεκριμένος αισθητήρας. Είναι ένα βέλος το οποίο κινείται τρισδιάστατα στο χώρο. Χάρης την μεγάλη ακρίβεια που έχει ο συγκεκριμένος αισθητήρας το τρισδιάστατο βελάκι καταγράφει την οποιαδήποτε κίνηση κάνει ο ασθενής. Ο ειδικός που θα χειρίζεται το έξυπνο ρούχο δεν μπορεί να εξηγήει την κίνηση που κάνει ο ασθενής καθώς αυτό και χρόνο. Για την καλύτερη και εύκολη διάγνωση του ειδικού σχεδιάστηκε αυτό το τρισδιάστατο βελάκι ώστε να βλέπει και σε εικονική μορφή σε ζωντανή μετάδοση την κίνηση που θα κάνει ο ασθενής.



*Εικόνα 24: Τρισδιάστατο μοντέλο.*

### 4.3.2.3 Διεπαφή Επικοινωνίας.

Όπως και στον LSM9DS1 έτσι και στον MPU-6050 μπορώ να καταγράψω τις τιμές στο πρόγραμμα coolterm μέσω του Arduino. Το πρόγραμμα διαβάζει την σειριακή θύρα του Arduino και μεταφέρει όλα τα δεδομένα που προκύπτουν, μέσα σε αυτό το πρόγραμμα. Έτσι έχω καταγράψει την κάθε κίνηση με συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα, πράγμα το οποίο βοηθάει στην καλύτερη και γρηγορότερη αποθεραπεία του ασθενή. Στην ουσία μπορεί να θεωρηθεί σαν ιστορικό του ασθενή και να συγκρίνεται στο μέλλον για να βλέπουμε την πρόοδό του. Η τρισδιάστατη δομή δεν μπορεί να καταγραφεί κάπου αλλά οι τιμές που είναι εύκολο να μελετηθούν και να κατανοηθούν. Η διεπαφή αυτή μπορεί να βοηθήσει τόσο τον ασθενή όσο και τον ειδικό στην αποθεραπεία του. Ο ειδικός δεν χρειάζεται να βγάλει κάποιο πόρισμα εκείνη την στιγμή καθώς με την καταγραφή των δεδομένων μετά την εξέταση και τις θεραπευτικές ασκήσεις μπορεί να μελετήσει τις τιμές που προέκυψαν από την κίνηση του ασθενή. Όλες οι τιμές έχουν καταγραφεί στο πρόγραμμα χωρίς να χαθεί κάποια κίνηση. Μέσω του προγράμματος αυτού θα μπορεί να δει και ο ασθενής ότι με τις κατάλληλες θεραπευτικές κινήσεις βελτιώνεται και ο ίδιος.



*Εικόνα 25: Επικοινωνία με coolterm.*

## 5. Υλοποίηση του έξυπνου ρούχου.

### 5.1 Πρόγραμμα Processing

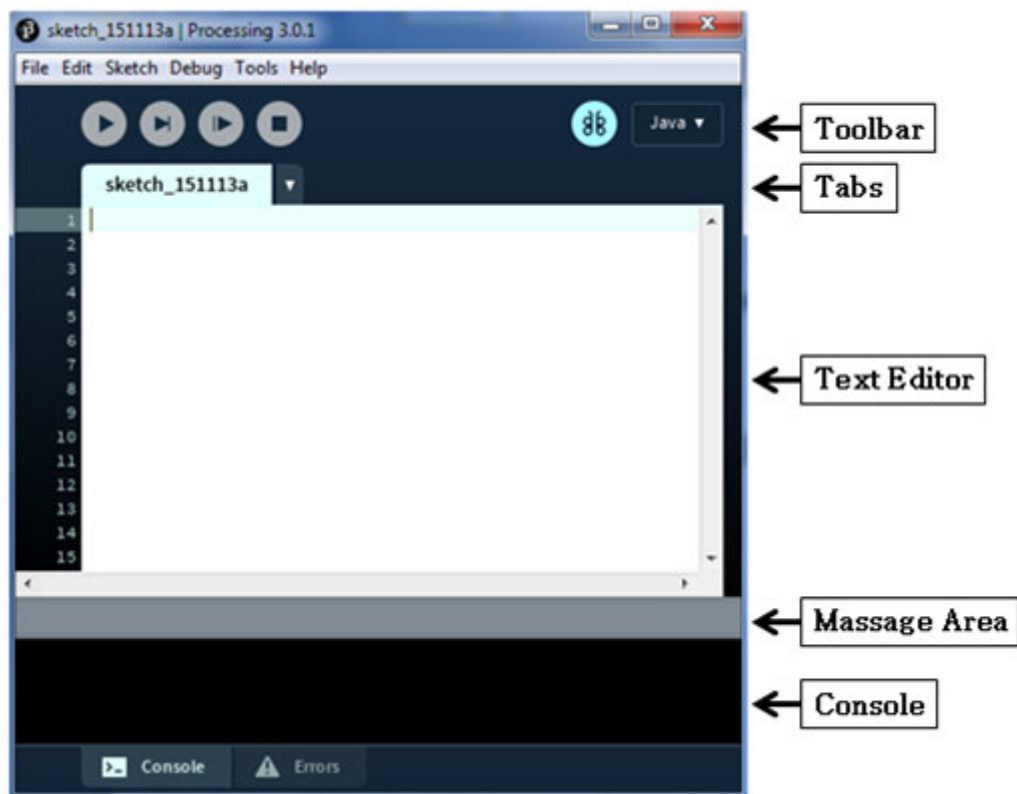
Το Processing είναι μια γραφική βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα και ενός ολοκληρωμένου περιβάλλοντος ανάπτυξης (IDE) που δημιουργήθηκε για τις ηλεκτρονικές τέχνες, την τέχνη των νέων μέσων μέσω και τις κοινότητες οπτικής σχεδίασης, με σκοπό την διδασκαλία των θεμελιωδών στοιχείων του προγραμματισμού σε ένα οπτικό πλαίσιο. Το Processing χρησιμοποιεί την γλώσσα Java, με πρόσθετες απλουστεύσεις, όπως πρόσθετες κλάσεις και αλλοιωμένες μαθηματικές λειτουργίες. Εκτός από αυτό έχει επίσης μια γραφική διεπαφή χρήστη για την απλή επίλυση του σταδίου σύνταξης και εκτέλεσης. Η γλώσσα Processing και IDE ήταν ο πρόδρομος σε πολλά έργα, κυρίως σε Arduino αλλά και Wiring και P5.js.



*Εικόνα 26: Πρόγραμμα Processing[17].*

Το processing περιλαμβάνει ένα sketchbook, μια εναλλακτική λύση σε ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) για την οργάνωση έργων. Κάθε sketchbook στο Processing είναι στην πραγματικότητα μια υποκατηγορία του ενσωματωμένου Applet της Java, η οποία υλοποιεί τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά της γλώσσας processing. Κατά τον προγραμματισμό στο Processing, όλες οι πρόσθετες κλάσεις που ορίζονται θα αντιμετωπίζονται ως εξωτερικές εσωτερικές τάξεις ο κώδικας μεταφράζεται σε καθαρή Java πριν από την σύνταξη. Αυτό σημαίνει ότι η χρήση στατικών μεταβλητών και μεθόδων στις τάξεις

απαγορεύεται εκτός αν αναφέρεται σε κώδικα σε καθαρή λειτουργία Java. Επίσης επιτρέπει σε χρήστες να δημιουργούν τις δικές τους κλάσεις μέσα στο σκίτσο PApplet. Αυτό επιτρέπει σύνθετους τύπους δεδομένων που μπορεί να περιλαμβάνουν οποιοδήποτε μεταβλητή και αποτρέπει τους περιορισμούς χρησιμοποιώντας τυπικούς τύπους δεδομένων όπως : int (integer), char (χαρακτήρας), float (πραγματικός αριθμός) και χρώμα ( RGB, RGBA, hex).



*Εικόνα 27: Sketch στο Processing[18].*

Το Processing έχει δημιουργήσει ένα έργο το Wiring όπου χρησιμοποιεί το IDE με μια συλλογή από βιβλιοθήκες γραμμένες στη γλώσσα προγραμματισμού C++ με σκοπό να διδάξει πώς να προγραμματίζονται οι μικροελεγκτές. Υπάρχουν δύο ξεχωριστά έργα υλικού, το Wiring και το Arduino. Σαφώς το Processing μπορεί να επικοινωνήσει με τα δεδομένα και τις βιβλιοθήκες του Arduino. Το τρισδιάστατο μοντέλο δημιουργήθηκε μέσω του Processing.

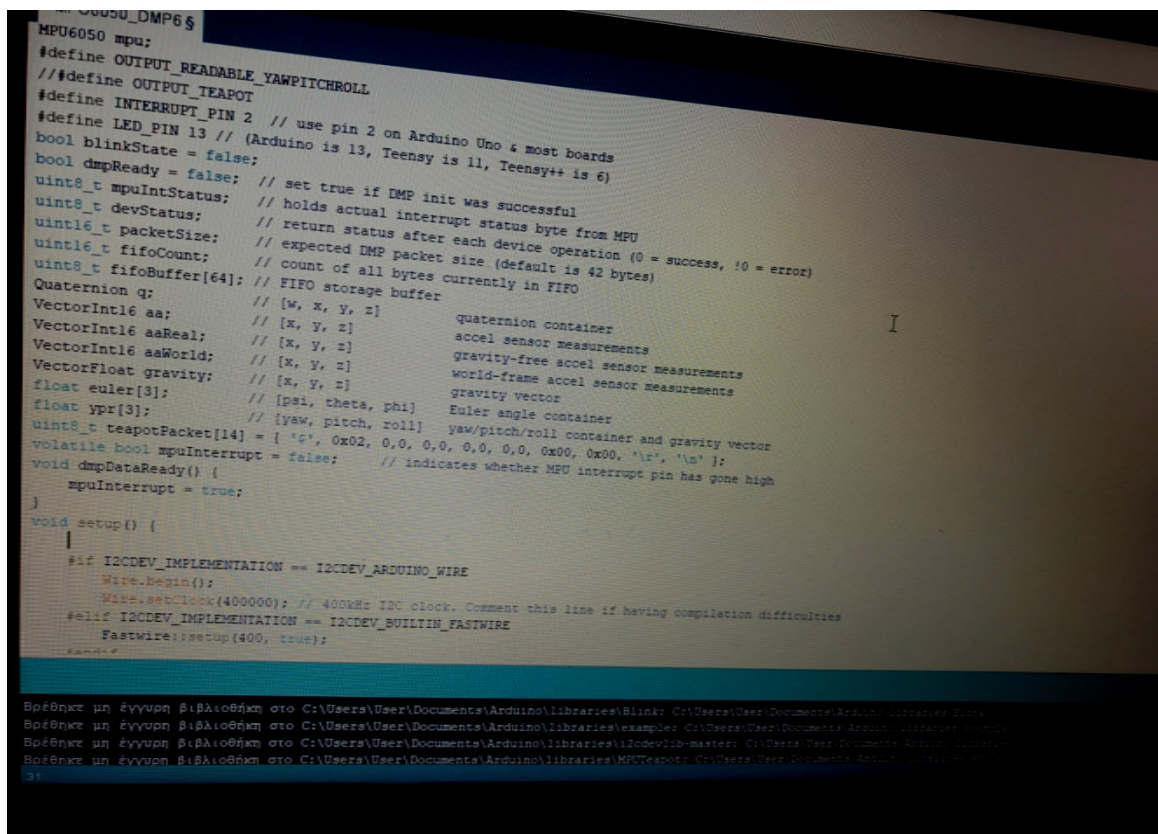


## 5.2 Βήματα Υλοποίησης.

Στη συγκεκριμένη ενότητα θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα βήματα που πραγματοποιήθηκαν για την υλοποίηση του τρισδιάστατου μοντέλου. Θα γίνει αναλυτική αναφορά σε όλα τα στάδια της υλοποίησης.

### 5.2.1 Επικοινωνία με το Arduino.

Στην παρούσα πτυχιακή χρησιμοποιώ τον αισθητήρα MPU-6050 οπότε έχω την βιβλιοθήκη του στο οργανωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) που βρίσκεται στο Arduino και από το οποίο παίρνω τις τιμές. Η επικοινωνία μεταξύ του Processing και του Arduino γίνεται σειριακά δηλαδή μέσω της σειριακής θύρας που συνδέεται το Arduino με τον υπολογιστή. Στην βιβλιοθήκη του processing υπάρχει ο κώδικας όπου θα μου δώσει το τρισδιάστατο μοντέλο που θέλω. Αρχικά θα πρέπει να κάνω upload στην πλακέτα μου τον κώδικα για τον αισθητήρα μου ώστε ελέγχοντας την σειριακή θύρα να μου βγάζει τις τιμές. Αυτό γίνεται έχοντας αποθηκεύσει την βιβλιοθήκη στον υπολογιστή και ανεβάζοντάς την στο πρόγραμμα του Arduino.

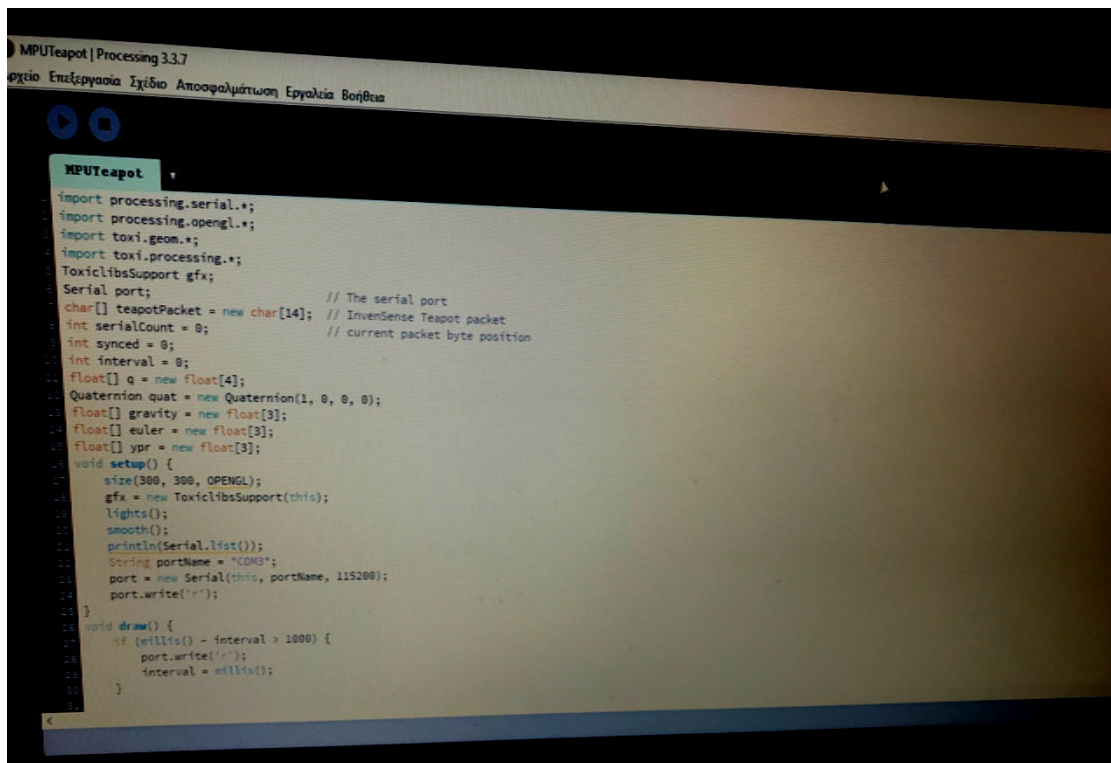


```
MPU6050_DMP6 $
MPU6050 mpu;
#define OUTPUT_READABLE_YAWPITCHROLL
// #define OUTPUT_TEAPOT
#define INTERRUPT_PIN 2 // use pin 2 on Arduino Uno & most boards
#define LED_PIN 13 // (Arduino is 13, Teensy is 11, Teensy++ is 6)
bool blinkState = false;
bool dmpReady = false; // set true if DMP init was successful
uint8_t mpuIntStatus; // holds actual interrupt status byte from MPU
uint8_t devStatus; // return status after each device operation (0 = success, != 0 = error)
uint16_t packetSize; // expected DMP packet size (default is 42 bytes)
uint16_t fifoCount; // count of all bytes currently in FIFO
uint8_t fifoBuffer[64]; // FIFO storage buffer
Quaternion q; // [w, x, y, z] quaternion container
VectorInt16 aa; // [x, y, z] accel sensor measurements
VectorInt16 aaReal; // [x, y, z] gravity-free accel sensor measurements
VectorInt16 aaWorld; // [x, y, z] world-frame accel sensor measurements
VectorFloat gravity; // [x, y, z] gravity vector
float euler[3]; // [psi, theta, phi] Euler angle container
float ypr[3]; // [yaw, pitch, roll] yaw/pitch/roll container and gravity vector
uint8_t teapotPacker[14] = { 'c', 0x02, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0x00, 0x00, '\r', '\n' };
volatile bool mpuInterrupt = false; // indicates whether MPU interrupt pin has gone high
void dmpDataReady() {
  mpuInterrupt = true;
}
void setup() {
  #if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
    Wire.begin();
    Wire.setClock(400000); // 400kHz I2C clock. Comment this line if having compilation difficulties
  #elif I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_BUILTIN_FASTWIRE
    FastWire::setup(400, true);
  #endif
}
```

Ερέθηκε μη έγκυρη βιβλιοθήκη στο C:\Users\User\Documents\Arduino\libraries\Blink: C:\Users\User\Documents\Arduino\libraries\Blink  
Ερέθηκε μη έγκυρη βιβλιοθήκη στο C:\Users\User\Documents\Arduino\libraries\exampler: C:\Users\User\Documents\Arduino\libraries\exampler  
Ερέθηκε μη έγκυρη βιβλιοθήκη στο C:\Users\User\Documents\Arduino\libraries\i2cdevlib-master: C:\Users\User\Documents\Arduino\libraries\i2cdevlib-master  
Ερέθηκε μη έγκυρη βιβλιοθήκη στο C:\Users\User\Documents\Arduino\libraries\MPU6050: C:\Users\User\Documents\Arduino\libraries\MPU6050

Εικόνα 28: Κώδικας του MPU στο Arduino.

Αν γίνει το upload έτσι τότε αν ελέγξω την σειριακή μου τότε θα δω ότι σαν έξοδο ο αισθητήρας έχει τις τιμές. Για να εμφανιστεί στο Processing το τρισδιάστατο μοντέλο αυτό που πρέπει να κάνω είναι στην αρχή του κώδικα να κάνω σχόλιο το define OUTPUT\_READABLE\_YAWPITCHROLL γιατί αυτή η εντολή θα μου δώσει τις τιμές και μετά να βγάλω από σχόλιο την εντολή #define OUTPUT\_TEAPOT. Το output teapot είναι ο κώδικας που έχω ονομάσει για το Processing. Αφού κάνω upload αυτόν τον κώδικα τότε θα πρέπει να ανοίξω το Processing. Τον κώδικα teapot που είναι για το τρισδιάστατο μοντέλο τον έχω και αυτόν στον υπολογιστή μου απλά στην βιβλιοθήκη του Processing και όχι του Arduino. Έτσι θα γίνει η επικοινωνία μεταξύ τους.



```
MPUteapot | Processing 3.3.7
σχεδιο Επεξεργασία Σχεδιο Αποσφαλμάτωση Εργαλεία Βοήθεια

MPUteapot
import processing.serial.*;
import processing.opengl.*;
import toxi.geom.*;
import toxi.processing.*;
ToxiclibsSupport gfx;
Serial port;
char[] teapotPacket = new char[14]; // InvenSense Teapot packet
int serialCount = 0; // current packet byte position
int synced = 0;
int interval = 0;
float[] q = new float[4];
Quaternion quat = new Quaternion(1, 0, 0, 0);
float[] gravity = new float[3];
float[] euler = new float[3];
float[] ypr = new float[3];
void setup() {
  size(300, 300, OPENGL);
  gfx = new ToxiclibsSupport(this);
  lights();
  smooth();
  println(Serial.list());
  String portName = "COM3";
  port = new Serial(this, portName, 115200);
  port.write("");
}
void draw() {
  if (millis() - interval > 1000) {
    port.write("");
    interval = millis();
  }
}
```

**Εικόνα 29: Κώδικας του MPU στο Processing.**

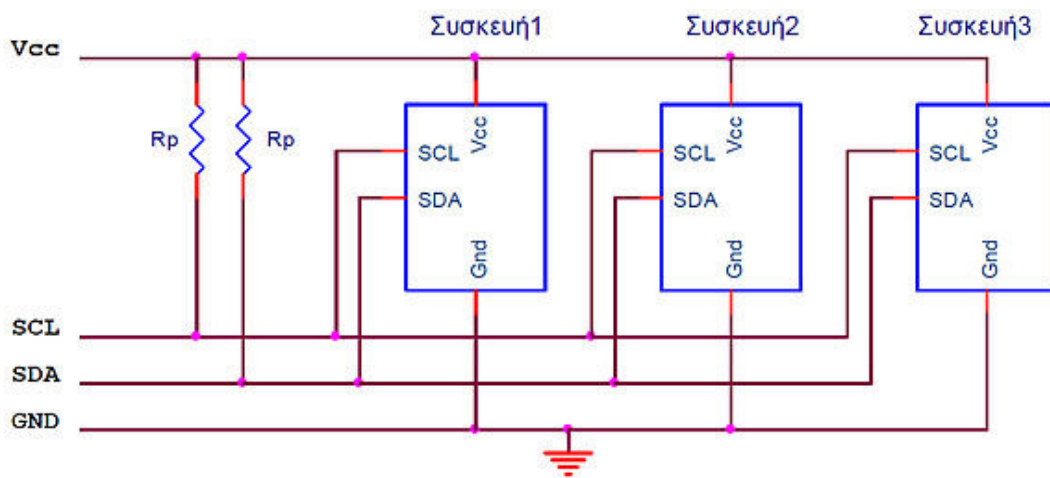
Πατώντας εκτέλεση του κώδικα θα επικοινωνήσει το Processing με τον κώδικα του Arduino μέσω της σειριακής θύρας και θα εμφανιστεί το τρισδιάστατο μοντέλο που είναι το βέλος. Στην ουσία απεικονίζονται σε τρισδιάστατη δομή οι τιμές που έχει ο αισθητήρας ως έξοδο. Το βέλος αυτό που θα εμφανιστεί θα καταγράφει κάθε κίνηση που θα κάνει ο ασθενής. Αν θέλω να πάρω τις τιμές θα πρέπει να κάνω σχόλιο το output teapot καθώς αυτό μου εμφανίζει μόνο το τρισδιάστατο μοντέλο.

## 5.2.2 Συνδεσμολογία Αισθητήρα με Arduino.

Η συνδεσμολογία του αισθητήρα με την πλακέτα Arduino έγινε μέσω καλωδίων. Πέραν την συνδεσμολογία του αισθητήρα με την πλακέτα υπάρχει και η συνδεσμολογία της πλακέτας με τον αντίστοιχο USB ώστε να καταγράφονται τα δεδομένα στον υπολογιστή.

### 5.2.2.1 I2C Επικοινωνία.

Ο αισθητήρας MPU-6050 διαθέτει την I2C επικοινωνία με την πλακέτα Arduino. Ο διάυλος I2C είναι ένα σειριακός διάυλος που δημιουργήθηκε από τη Phillips και χρησιμοποιείται για την σύνδεση περιφερειακών μικρής ταχύτητας σε μητρικές πλακέτες (motherboards), ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems), κινητά τηλέφωνα ή άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Ο διάυλος I2C δεν χρησιμοποιείται μόνο για την επικοινωνία συσκευών που βρίσκονται πάνω σε ένα τυπωμένο κύκλωμα, αλλά και για την επικοινωνία συσκευών που συνδέονται με καλώδια.



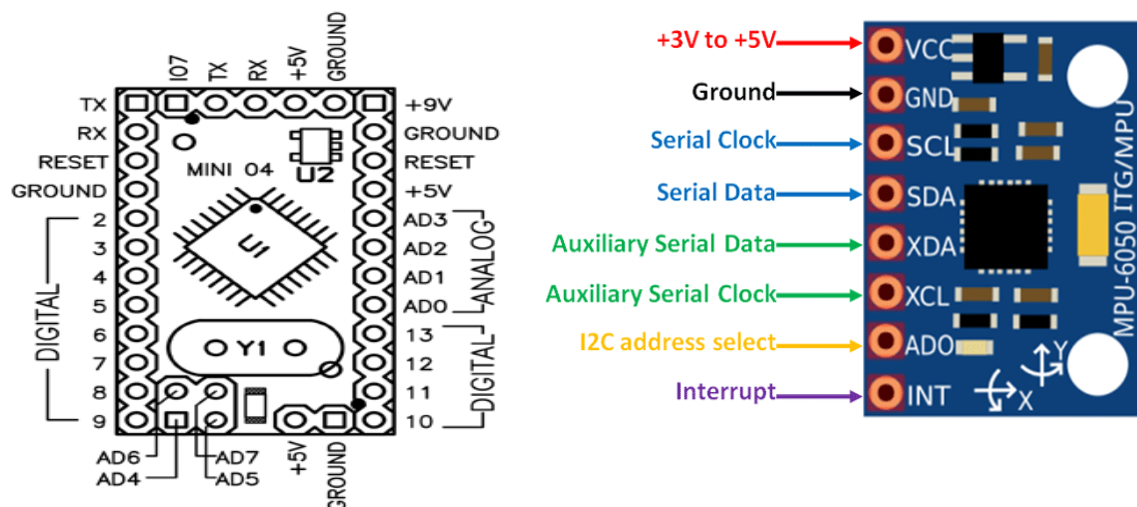
Εικόνα 30: Κύκλωμα της I2C Επικοινωνίας[19].

Η εικόνα αυτή μας δείχνει ένα παράδειγμα διαύλου I2C. Όπως φαίνεται για την μεταφορά των δεδομένων (0 ή 1) χρησιμοποιεί μόνο 2 καλώδια τα SCL και SDA. Η γραμμή SCL είναι η γραμμή ρολογιού ενώ η SDA είναι η γραμμή δεδομένων. Οι γραμμές αυτές συνδέονται σε όλες τις συσκευές, που υπάρχουν στον διάυλο I2C. Προφανώς εκτός από τα παραπάνω καλώδια που μεταφέρουν δεδομένα, απαιτείται και ένα τρίτο καλώδιο το οποίο είναι η γείωση. Επίσης μπορεί να υπάρχει

προαιρετικά και ένα τέταρτο καλώδιο το οποίο είναι η γραμμή τροφοδοσίας με την οποία τροφοδοτούνται με ισχύ οι διάφορες συσκευές που συνδέονται στο δίαυλο. Τυπικές τάσεις που τροφοδοτούνται στο δίαυλο είναι 5V ή 3,3V. Όταν μια Master συσκευή επιθυμεί να επικοινωνήσει με μια Slave συσκευή, ξεκινά στέλνοντας στον δίαυλο μια ακολουθία έναρξης. Η ακολουθία έναρξης είναι μια από τις δύο ειδικές ακολουθίες που ορίζονται στο δίαυλο I2C. Η άλλη είναι η ακολουθία λήξης. Οι ακολουθίες έναρξης και λήξης διαφέρουν στο ότι είναι οι μοναδικές περιπτώσεις στις οποίες επιτρέπεται να αλλάζει η γραμμή δεδομένων (SDA), ενόσω η γραμμή ρολογιού (SCL) είναι σε κατάσταση λογικού 1 (high). Όταν μεταφέρονται δεδομένα, η γραμμή SDA πρέπει να παραμένει σταθερή και να μην αλλάζει όσο η γραμμή ρολογιού είναι high. Οι ακολουθίες έναρξης και λήξης σημαδεύουν την έναρξη και την λήξη μιας μεταφοράς με μια slave συσκευή. Δηλαδή ο δίαυλος θεωρείται ότι είναι απασχολημένος, μετά από μια ακολουθία έναρξης και ελεύθερος λίγο χρόνο μετά την ακολουθία λήξης.

Η πλακέτα Arduino Mini 05 υποστηρίζει τον δίαυλο I2C μέσω του οποίου επικοινωνεί με τον αισθητήρα μου MPU-6050. Η πλακέτα διαθέτει 2 pin για αυτήν την επικοινωνία. Αυτά είναι το A4 και το A5. Τα 2 αυτά pin είναι αναλογικά και η σύνδεση με τον αισθητήρα έχει ως εξής :

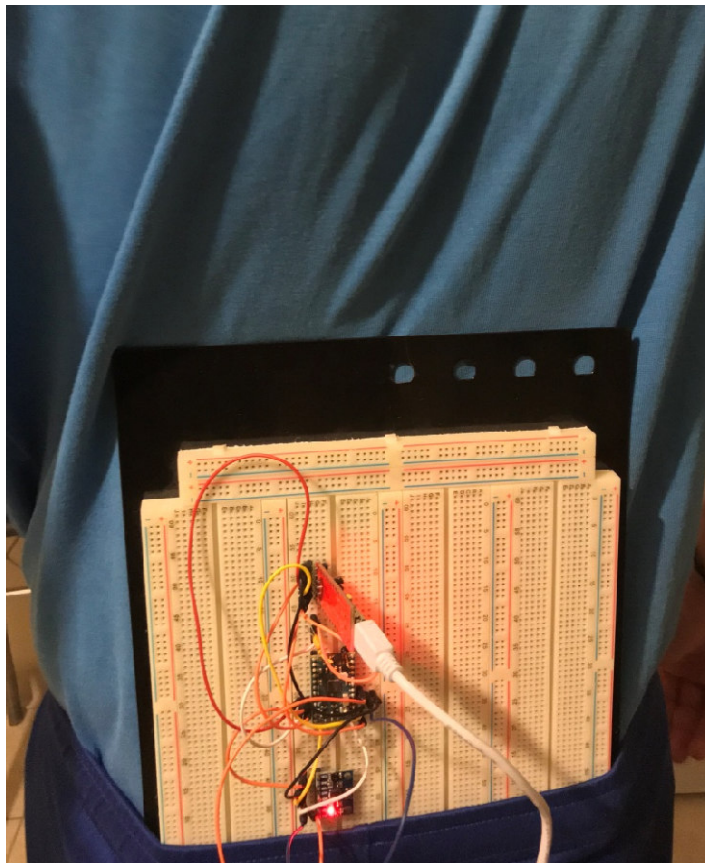
- Το A4 από την πλακέτα Arduino συνδέεται με το SDA του αισθητήρα.
- Το A5 από την πλακέτα Arduino συνδέεται με το SCL του αισθητήρα.
- Το INT του αισθητήρα συνδέεται με ένα pin της πλακέτας του Arduino το οποίο είναι ψηφιακό και όχι αναλογικό.
- Το ADO του αισθητήρα συνδέεται με την γείωση (GND) της πλακέτας.
- Το GND του αισθητήρα με το GND της πλακέτας για την γείωση.
- Το VCC του αισθητήρα με +5V με την πλακέτα Arduino για την τροφοδοσία.



Εικόνα 31: MPU-6050[20]

## **6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΕΞΥΠΝΟΥ ΡΟΥΧΟΥ.**

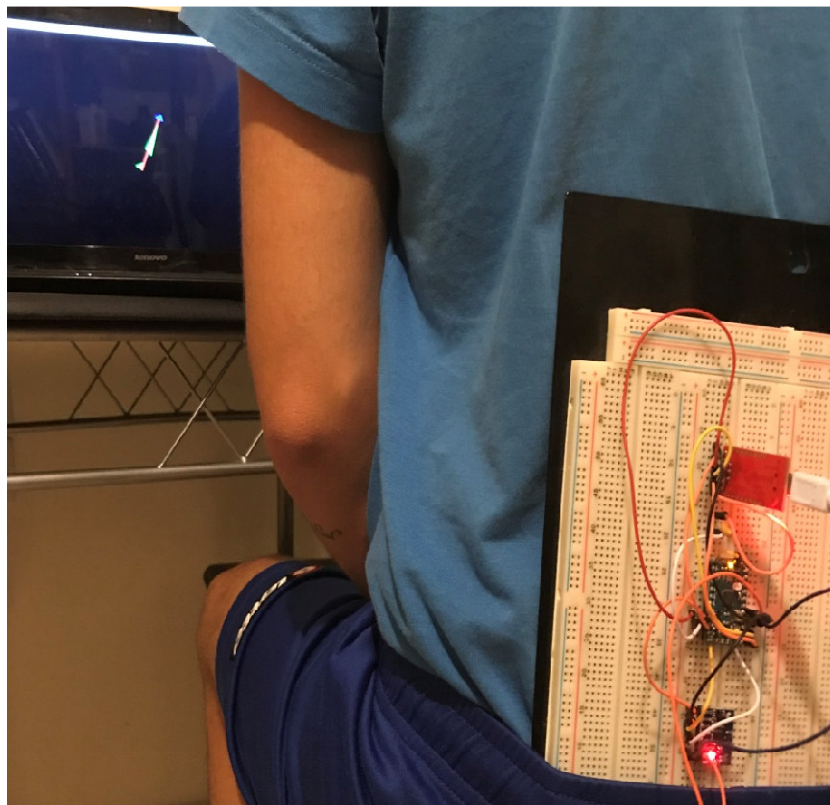
Η χρήση του συστήματος πραγματοποιήθηκε με επιτυχία. Η πλακέτα τοποθετήθηκε στην περιοχή της μέσης σε άτομα για να δούμε αν η λειτουργία των αισθητήρων είναι ακριβής και αν μπορούν να καταγράψουν την οποιαδήποτε κίνηση που κάνει η μέση του σώματος. Επιλέχθηκαν κάποια άτομα τα οποία αντιμετωπίζουν πρόβλημα με την μέση τους για να δούμε αν λειτουργεί.



*Εικόνα 32: Τοποθέτηση της πλακέτας με τον αισθητήρα στην μέση.*

Για να γίνει η αξιολόγηση η πλακέτα τοποθετήθηκε στην μέση του σώματος. Πέραν από τις τιμές που έχουν καταγραφεί θα παρουσιαστεί η τρισδιάστατη απεικόνιση της κίνησης. Μελετήθηκε η κάθε κίνηση που μπορεί να κάνει ο ασθενής με την μέση του χρησιμοποιώντας την πλακέτα και βλέποντας σε τρισδιάστατη απεικόνιση την κίνηση. Η πλακέτα κρατιέται σταθερή με αποτέλεσμα να μην έχω κάποια απώλεια ούτε σε τιμές αλλά ούτε και σε τρισδιάστατη μορφή. Όπως βλέπουμε η πλακέτα είναι συνδεδεμένη με τον υπολογιστή οπότε καταγράφονται όλα τα δεδομένα ταυτόχρονα με την κίνηση.

Παρακάτω θα παρουσιαστούν φωτογραφίες από την κίνηση του σώματος των ασθενών. Θα μελετηθούν τριών ειδών κινήσεις που μπορεί να κάνει ο ασθενής.



*Εικόνα 33: Αρχική θέση του ασθενή.*

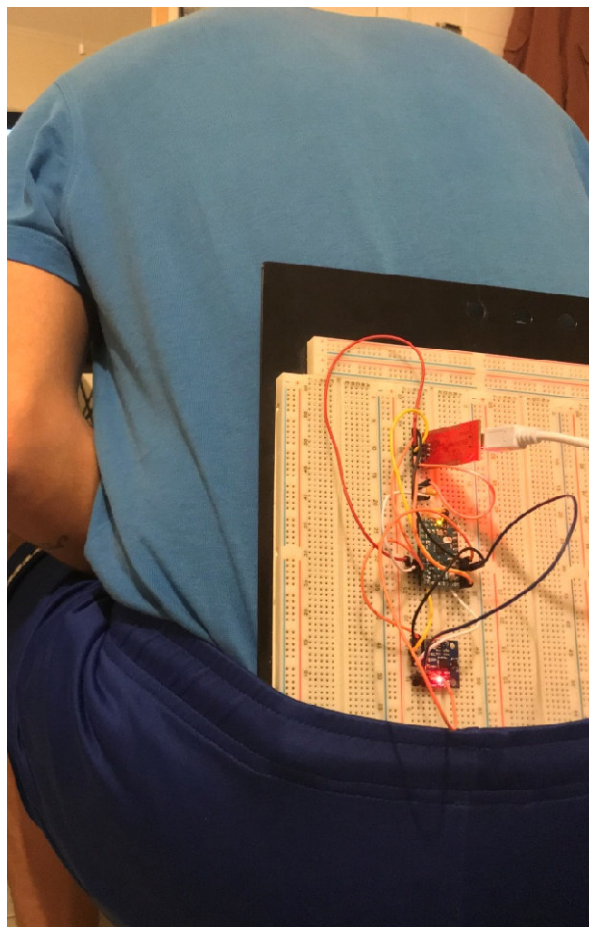
Σε αυτήν την θέση ο ασθενής δεν κάνει κάποια κίνηση. Κάθεται στην καρέκλα και του έχουν τοποθετηθεί στην μέση οι αισθητήρες. Βλέπουμε ποια είναι η αρχική θέση που έχει το βέλος της τρισδιάστατης μορφής. Η πλακέτα είναι σηκωμένη προς τα πάνω γι αυτό και το βέλος δείχνει προς τα πάνω. Ο ασθενής από την θέση που βρίσκεται αλλά και όρθιος θα εκτελέσει κάποιες κινήσεις ώστε να παρατηρηθεί αν το βέλος θα κουνιέται ταυτόχρονα με την μέση του ασθενή. Οι κινήσεις που θα κάνει ο ασθενής και θα παρουσιαστούν παρακάτω είναι οι εξής : κάμψη κορμού, πλάγια κάμψη του κορμού και έκταση κορμού. Ο ασθενής θα κάνει αυτές τις κινήσεις και ταυτόχρονα θα ελέγχεται η τρισδιάστατη μορφή για να δούμε αν μπορεί να ανιχνεύσει τις κινήσεις και να τις εμφανίσει στην τρισδιάστατη μορφή.

## **6.1 Αξιολόγηση των κινήσεων.**

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο ασθενής θα κάνει κάποιες κινήσεις του σώματος που πραγματοποιούνται από την μέση του σώματος για την καλύτερη αξιολόγηση.

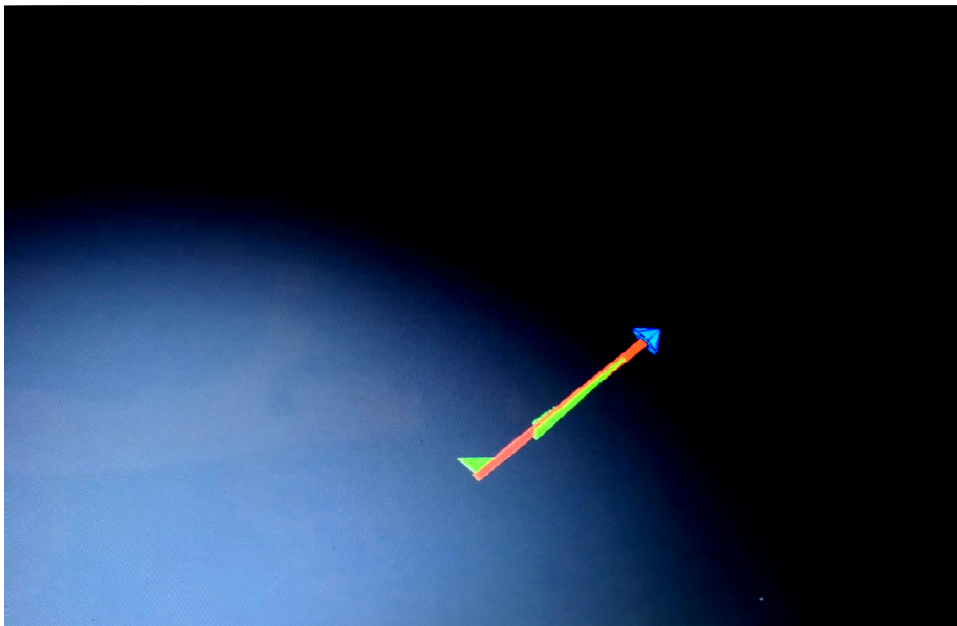
### **6.1.1 Κάμψη Κορμού.**

Η πρώτη κίνηση που μελετήθηκε είναι η κάμψη του κορμού. Η κίνηση αυτή παίζει σημαντικό ρόλο στην κίνηση της μέσης. Πάρα πολλές δραστηριότητες στην καθημερινότητα του μέσου ανθρώπου γίνονται με κάμψη κορμού. Έτσι είναι επόμενο, πολλές φορές να είναι και η αιτία του τραυματισμού σε συνεργασία με άλλους παράγοντες.



*Εικόνα 34: Μελέτη της κάμψης κορμού.*

Ο ασθενής παραπάνω εκτελεί την κάμψη κορμού. Αφού κουνήθηκε προς τα μπροστά κουνήθηκε και η πλακέτα και στην ουσία και οι αισθητήρες. Συνεπώς θα πρέπει να κουνηθεί και το βέλος στην τρισδιάστατη μορφή ανάλογα με την κίνηση που εκτελεί. Για να είναι σωστή η αξιολόγηση θα πρέπει το σχήμα της τρισδιάστατης μορφής να είναι διαφορετικό από την αρχική στάση που είχε ο ασθενής. Κατά την διάρκεια της κίνησης τα δεδομένα στέλνονται στον υπολογιστή και μελετώνται παράλληλα. Η παρακάτω φωτογραφία μου δείχνει την απεικόνιση που βλέπω στον υπολογιστή.



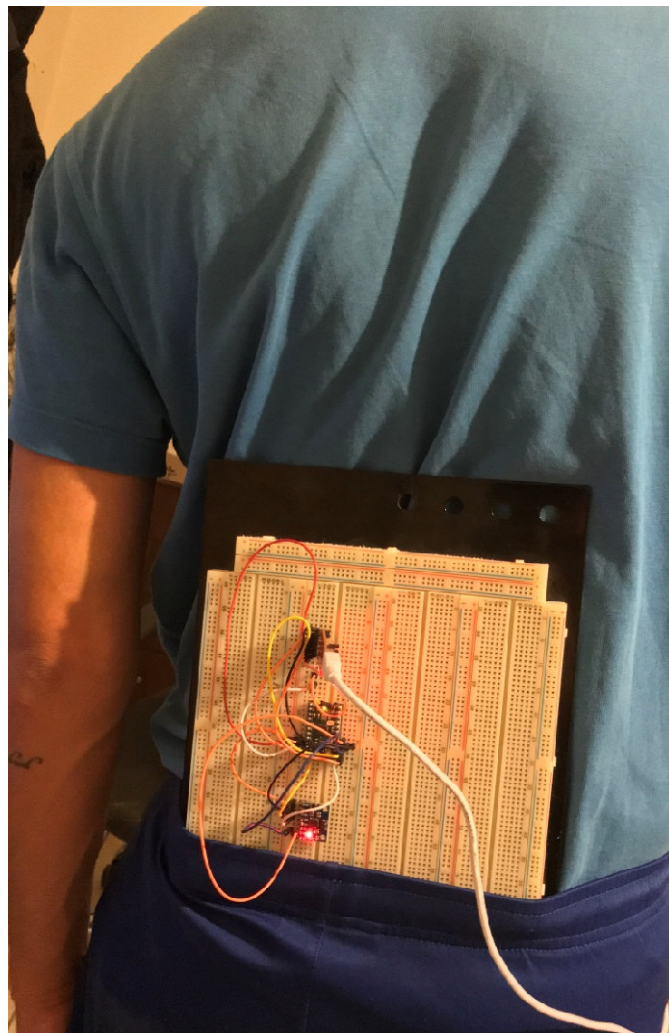
***Εικόνα 35: Το τρισδιάστατο μοντέλο κατά την κάμψη κορμού από τον ασθενή.***

Παρατηρώ ότι ο ασθενής εκτελεί την κίνηση και το βελάκι έχει κατέβει με την κίνηση που έκανε. Αυτό το συμπέρασμα βγαίνει συγκρίνοντας αυτή την φωτογραφία με την αρχική που ήταν ακίνητος ο ασθενής. Το βέλος στην συγκεκριμένη θέση έχει μείνει ακίνητο καθώς ο ασθενής δεν εκτελεί κάποια κίνηση. Με το πρόβλημα στην μέση που έχει μπορεί να φτάσει μέχρι εκείνο το σημείο. Έτσι με κατάλληλες φυσικοθεραπευτικές κινήσεις σκοπός είναι να καταφέρει να φτάσει πιο κάτω. Καταγράφεται μέχρι που μπορεί να φτάσει ο ασθενής και στην συνέχεια μετά από θεραπείες συγκρίνεται αν έχει βελτιωθεί η κατάστασή του.



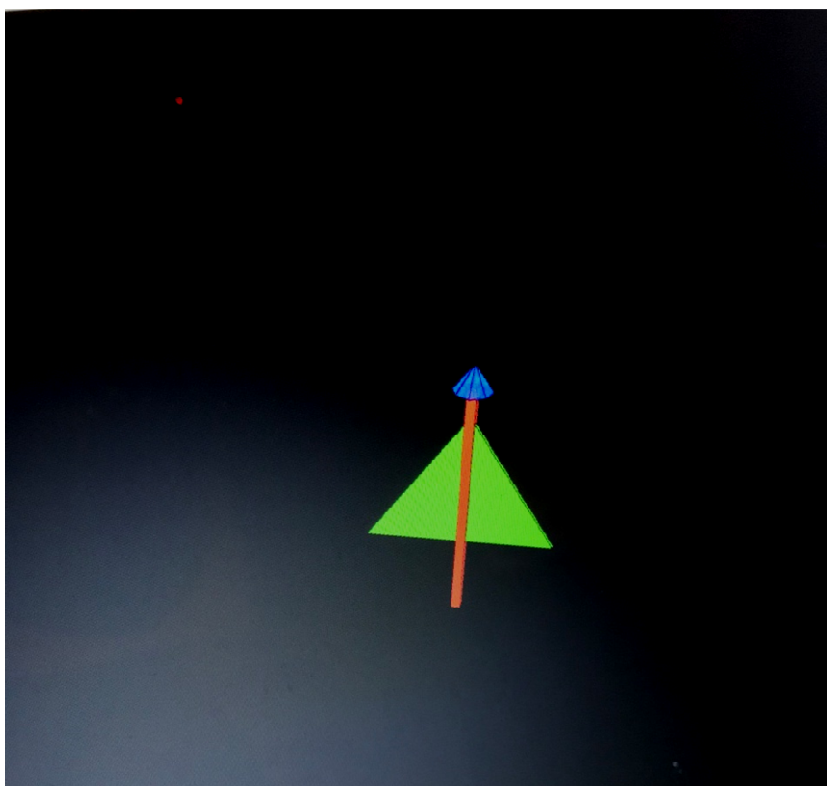
### **6.1.2 Πλάγια Κάμψη Κορμού.**

Η πλάγια κάμψη του κορμού επίσης παίζει σημαντικό ρόλο στην κίνηση της σπονδυλικής στήλης. Η ενέργεια αυτής της κίνησης είναι ότι κάμπτει τον κορμό πλάγια και τον στρέφει ομοπλαγίως. Στην παρακάτω φωτογραφία ο ασθενής εκτελεί την κίνηση της πλάγιας κάμψης.



*Εικόνα 36: Πλάγια κάμψη κορμού.*

Η κίνηση αυτή που κάνει ο ασθενής στην ουσία έχει μικρό εύρος καθώς η πλακέτα στρέφεται ελάχιστα. Ωστόσο χάρη στο γυροσκόπιο που διαθέτει ο αισθητήρας είναι σε θέση να καταγράψει την κίνηση αυτή όπως παρουσιάζεται παρακάτω.



*Εικόνα 37: Απεικόνιση της πλάγιας κάμψης μέσω τρισδιάστατου μοντέλου.*

Ο ασθενής έχει γυρίσει στο πλάι ώστε να φαίνεται καθαρά το βέλος. Παρατηρώ ότι το βέλος έχει στραφεί προς τα αριστερά, όπως και η κίνηση που έκανε ο ασθενής. Το βέλος θα έπρεπε να ήταν ίσιο και προς τα πάνω αν ο ασθενής δεν έκανε αυτήν την πλάγια κάμψη. Η κίνηση που έκανε ο ασθενής είχε σχετικά μικρό εύρος. Αυτό έγινε επί σκοπού ώστε να αποδειχθεί ότι και την μικρή κίνηση που θα κάνει ο ασθενής που θα αφορά την σπονδυλική στήλη ο αισθητήρας μπορεί να το καταγράψει και να το εμφανίσει στο τρισδιάστατο μοντέλο. Αν το εύρος της κίνησης ήταν μεγαλύτερο το βέλος θα είχε μετακινηθεί σε μεγαλύτερο βαθμό και θα ήταν αντιληπτή η κίνηση που έκανε ο ασθενής. Εξαιτίας της απόλυτης ακρίβειας που έχει το γυροσκόπιο που είναι ενσωματωμένο στον αισθητήρα, μπορεί να ανιχνευθεί η παραμικρή κίνηση και η απεικόνισή της στο τρισδιάστατο μοντέλο.

### **6.2.3 Έκταση Κορμού.**

Η έκταση του κορμού παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην κίνηση της σπονδυλικής στήλης. Είναι η αντίθετη κίνηση από την έκταση του κορμού. Αυτή η κίνηση χρησιμοποιείται και για διάταση αν έχει προκληθεί πόνος στην μέση. Στην παρακάτω φωτογραφία ο ασθενής εκτελεί αυτή την κίνηση.



***Εικόνα 38: Έκταση κορμού από τον ασθενή.***

Παρακάτω προβάλλεται το τρισδιάστατο μοντέλο που προκύπτει από την κάμψη κορμού που κάνει ο ασθενής. Έχοντας σαν αρχικό πρότυπο πως είναι το βέλος όταν ο ασθενής είναι ακίνητος, χωρίς να εκτελεί κάποια κίνηση μπορεί εύκολα να συγκριθεί με την απεικόνιση μετά την κίνηση.



*Εικόνα 39: Απεικόνιση της έκτασης κορμού στο τρισδιάστατο μοντέλο.*

Παρατηρώ ότι το βέλος έχει κάνει μια κίνηση προς τα πίσω οπότε μπορώ εύκολα εξαιτίας αυτής της απεικόνισης να καταλάβω την κίνηση που έχει κάνει ο ασθενής. Αν ο ασθενής ήταν όρθιος και δεν έκανε κάποια θα ήταν όρθιο το βελάκι ενώ εδώ παρατηρώ ότι έχει κλίση προς τα πίσω. Έτσι μπορώ να βγάλω εύκολα συμπέρασμα για την κίνηση και το εύρος της κίνησης όπου μπορεί να φτάσει ο ασθενής. Το βέλος έχει φτάσει μέχρι εκεί καθώς ο ασθενής μπορούσε να φτάσει μέχρι αυτό το εύρος της κίνησης.

## 6.2 Πίνακας Αξιολόγησης

Ημερομηνία	Κίνηση Πλακέτας	Τιμές
20-09-2018	Προς τα πάνω	Θετικές: 63,8(Τρίτη στήλη)
20-09-2018	Προς τα κάτω	Αρνητικές: -46,7(Τρίτη στήλη)
21-09-2018	Στρέφω αριστερά	Θετικές: 73,6(Δεύτερη στήλη)
21-09-2018	Στρέφω δεξιά	Αρνητικές: -65,9 (Δεύτερη στήλη)
21-09-2018	Περιστρέφω αριστερά	Θετικές και αρνητικές:45,4(Πρώτη στήλη)
21-09-2018	Περιστρέφω δεξιά	Θετικές: 125,1(Πρώτη στήλη)

### *Πίνακας 1: Πίνακας τιμών*

Οι τιμές που προέκυψαν ήταν αξιόπιστες και σωστές σε κάθε δοκιμή χωρίς να υπάρχουν τυχόν αποκλίσεις. Ήταν ακριβείς και απόλυτα αντιληπτές. Έγιναν πολλές δοκιμές ώστε να αποφασιστεί ότι λειτουργεί σωστά.

## **7. Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις**

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τον σχεδιασμό και την υλοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας. Επιπλέον, θα διατυπωθούν κάποιες σκέψεις και στόχοι για μελλοντική επέκταση της λειτουργίας του έξυπνου ρούχου.

### **7.1 Συμπεράσματα**

Ακολούθως παρουσιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την υλοποίηση αυτή του έξυπνου ρούχου.

Αρχικά, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση πραγματοποιήθηκε ώστε ο χρήστης να μπορεί να αλληλεπιδρά με το σύστημα με τρόπο απλό, εύκολο και ευέλικτο, δίχως να απαιτούνται κάποιες γνώσεις σε κάποιον συγκεκριμένο κλάδο και εξειδίκευση. Ο ειδικός που το χρησιμοποιεί δεν χρειάζεται να έχει κάποια συγκεκριμένη εκπαίδευση. Επιπλέον, λόγω της τεχνολογίας του αισθητήρα αλλά και του προγράμματος Processing μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω. Γενικά, προσφέρεται η δυνατότητα ενσωμάτωσης και αλληλεπίδρασης με το τρισδιάστατο μοντέλο που βοηθάει την δουλειά του ειδικού τόσο στην γνωμάτευση όσο και στην γρήγορη και εύκολη αποθεραπεία του ασθενή. Το έξυπνο ρούχο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να τον φοράν οι χρήστες και να εφαρμόζει στην μέση του σώματος. Οι κινήσεις που θα κάνει ο ασθενής φορώντας αυτό το έξυπνο ρούχο καταγράφονται όλες με αποτέλεσμα την εύκολη μελέτη των κινήσεων από τον ειδικό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ακρίβεια των κινήσεων που κάνει ο ασθενής όποια και αν είναι αυτή εφόσον αφορά την μέση του σώματος. Οι κινήσεις που έχουν οριστεί να κάνει ο ασθενής είναι απλές και ανάλογα με το πρόβλημα που υπάρχει ορίζεται και το κατάλληλο εύρος της κίνησης.

### **7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις**

Το έξυπνο ρούχο που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασία αποτελεί βάση και κύριο άξονα για επιπλέον εμπλούτιση και επέκταση. Μελλοντικός στόχος είναι οι αισθητήρες να ραφτούν πάνω σε ύφασμα ώστε οι αισθητήρες να βρίσκονται σχεδόν πάνω στο σώμα για καλύτερη ακρίβεια των κινήσεων. Το μέγεθος του αισθητήρα είναι μικρό οπότε μπορεί να εφαρμοστεί πάνω σε ύφασμα. Στόχος είναι η δημιουργία ενός πρότυπου ολοκληρωμένου κυκλώματος μέσω αγωγίμων κλωστών όπου μέσω αυτών θα γίνεται η μεταφορά των δεδομένων χωρίς να χρειάζονται πολλά καλώδια. Στην ουσία είναι μια άλλη πλακέτα που εφαρμόζονται πάνω της οι αισθητήρες και το μέγεθος της είναι πολύ μικρό. Αυτό ράβεται πάνω στο ρούχο και

αφού έχει προγραμματιστεί κατάλληλα είναι έτοιμο για χρήση. Βάση του συστήματος που αναπτύχθηκε μπορούμε να πούμε πως η τεχνολογία αυτή μπορεί να βοηθήσει πολύ στις μέρες μας καθώς είναι κάτι πρωτοπόρο και στοχεύει στην καλυτέρευση της ζωής των ανθρώπων.



*Εικόνα 40: Έξυπνο ρούχο με αισθητήρες.*

## Βιβλιογραφία

[ E. Max, «[www.flickr.com](http://www.flickr.com),» 30 07 2018. [Ηλεκτρονικό].

1

]

[ «[www.mysep.gr](http://www.mysep.gr),» 30 07 2018. [Ηλεκτρονικό].

2

]

[ «[www.synapse.com](http://www.synapse.com),» 30 07 2018. [Ηλεκτρονικό].

3

]

[ «[www.pixabay.com](http://www.pixabay.com),» 30 07 2018. [Ηλεκτρονικό].

4

]

[ Seven\_au, «[www.pixabay.com](http://www.pixabay.com),» 05 08 2018. [Ηλεκτρονικό].

5

]

[ «[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org),» 15 08 2018. [Ηλεκτρονικό].

6

]

[ «[www.pinoutguide.com](http://www.pinoutguide.com),» 17 08 2018. [Ηλεκτρονικό].

7

]

[ <<[www.store.arduino.cc/arduino-mini-05](http://www.store.arduino.cc/arduino-mini-05)>> 01 08 2018.[Ηλεκτρονικό]

8

]

[ <<[www.iefimerida.gr](http://www.iefimerida.gr),>> 04 08 2018 [Ηλεκτρονικό]

9

]

[ <<<https://learn.adafruit.com/adafruit-lsm9ds1-accelerometer-plus-gyro-plus-magnetometer-9-dof-breakout/overview>>> 21 07 2018 [Ηλεκτρονικό]

0

]



[  
1  
1 <<<https://os.mbed.com/components/LSM9DS1-IMU/>>> 27 07 2018 [Ηλεκτρονικό]  
1  
]

[ <<[www.github.com](http://www.github.com)>> 28 07 2018 [Ηλεκτρονικό]  
1  
2  
1  
]

[ << <https://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050>>> 03 08 2018  
1  
3  
1  
]

[ <<<https://www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/>>> 12 08  
1 2018 [Ηλεκτρονικό]  
4  
1  
]

[ <<<https://www.ftdichip.com>>> 01 07 2018 [Ηλεκτρονικό]  
1  
5  
1  
]

[ <<<http://www.3dvision.gr/3dmodels/>>> 05 07 2018 [Ηλεκτρονικό]  
1  
6  
1  
]

[ <<<https://www.maxmag.gr/tehnologia/exyprna-roycha-erchontai-gia-na-kanoun-ti-zoi-eykoloteri/>>> 20 08 2018 [Ηλεκτρονικό]  
1  
7  
1  
]

[ <<<http://www.documentonews.gr/article/exyprna-royxa-deite-to-yfasma-poy-exei-myes>>> 20 08 2018 [Ηλεκτρονικό]  
1  
8  
1  
]

[ <<<http://www.tovima.gr/2014/12/10/science/royxa-toy-mellontos-me-noimosyni/>>> 24  
1 07 2018 [Ηλεκτρονικό]  
9  
]

]

[ «www.wikimedia.org,» 25 08 2018. [Ηλεκτρονικό].

2

0

]

[ S. L. Pfleeger, Software Engineering: Theory and Practice, Pearson Education Inc., 2001.

2

1

]

[ Μ. Νικολαΐδου, «Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο - Τμήμα πληροφορικής και τηλεματικής,»

2 [Ηλεκτρονικό]. Available:

2 <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](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). [Πρόσβαση 5 01 2018].

[ E. Max, «<https://www.flickr.com>,» 30 07 2018. [Ηλεκτρονικό].

2

3

]

[ «www.mysep.gr,» 30 07 2018. [Ηλεκτρονικό].

2

4

]

[ <<<http://www.mononews.gr/health/news-ygeia-body-exipno-esoroucho-prostatevi-apo-ton-pono-sti-mesi-vinteo>>> 15 08 2018. [Ηλεκτρονικό].

5

]

