



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**«Ανάπτυξη συστήματος κινητικής διάδρασης ανθρώπου-
υπολογιστή. Μελέτη εφαρμογών του συστήματος σε άτομα με
προβλήματα κίνησης λόγω νευρολογικών αιτιών»**

Νάκος Γρηγόρης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επιβλέπων Καθηγητής
Κακαρούντας Αθανάσιος**

Λαμία, 2019



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE

«Development of a human-computer mobility - based interaction system. Case study of people with mobility problems due to neurological causes»

Nakos Grigoris

MASTER THESIS

**Supervisor
Kakarountas Athanasios**

Lamia, 2019



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ
«ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑ»**

«Ανάπτυξη συστήματος κινητικής διάδρασης ανθρώπου-υπολογιστή. Μελέτη εφαρμογών του συστήματος σε άτομα με προβλήματα κίνησης λόγω νευρολογικών αιτιών»

Νάκος Γρηγόρης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επιβλέπων
Κακαρούντας Αθανάσιος**

Λαμία, 2019

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «Ανάπτυξη συστήματος κινητικής διάδρασης ανθρώπου-υπολογιστή. Μελέτη εφαρμογών του συστήματος σε άτομα με προβλήματα κίνησης λόγω νευρολογικών αιτιών» αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο ΔΗΛΩΝ

Ημερομηνία: 29/1/2019

Υπογραφή

«Ανάπτυξη συστήματος κινητικής διάδρασης ανθρώπου-υπολογιστή. Μελέτη εφαρμογών του συστήματος σε άτομα με προβλήματα κίνησης λόγω νευρολογικών αιτιών»

ΝΑΚΟΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ

Τριμελής Επιτροπή:

Κακαρούντας Αθανάσιος, Επίκουρος Καθηγητής (επιβλέπων)

Ιωάννης Αναγνωστόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Βασίλειος Δρακόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής

Περίληψη

Τα σοβαρά παιχνίδια έχουν έναν τελείως διαφορετικό σκοπό από την ψυχαγωγία, προορίζονται να εκπαιδεύσουν και στην περίπτωση της παρούσας διπλωματικής, να βοηθήσουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με την κινητική λειτουργία του σώματος. Αυτή η διπλωματική εργασία υποστηρίζει ασθενείς και ηλικιωμένους να ανακάμψουν από την ασθένεια και τις αναπηρίες τους. Στόχος των παιχνιδιών αυτών είναι να βοηθήσουν τους ασθενείς στην επίλυση των κινητικών τους προβλημάτων μέσω διαδραστικών και διασκεδαστικών δραστηριοτήτων. Τα παιχνίδια αυτά θα πρέπει να έχουν ωφέλιμη επίδραση στους παίκτες, παρέχοντας τους αισθητή πρόοδο δίνοντας τους το κίνητρο να συνεχίσουν την θεραπεία για το χρονικό διάστημα που απαιτείται.

Στόχος μας ήταν να αναπτύξουμε ένα σοβαρό παιχνίδι για ασθενείς με νόσο Πάρκινσον. Σε αυτή τη διπλωματική διερευνάται η χρήση σοβαρών παιχνιδιών και τεχνολογιών που βοηθούν αυτούς τους ασθενείς, βελτιώνοντας τον τρόπο ζωής τους, καθυστερώντας ή μειώνοντας τη χρήση φαρμάκων και παράλληλα βελτιώνοντας τη λειτουργία του σώματος. Περιγράφουμε επίσης την ασθένεια και τις συνήθεις θεραπείες σε σύγκριση με την προτεινόμενη λύση μας.

Η μεθοδολογία μας βασίζεται σε ένα σοβαρό παιχνίδι που αναπτύχθηκε με βάση τον μικροελεγκτή Arduino, χρησιμοποιώντας αισθητήρες κίνησης, όπου οι παίκτες πρέπει να εκτελέσουν μια σειρά σημαντικών προκλήσεων μέσω ενός προσομοιωτή σκι που στοχεύουν στα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Λέξεις κλειδιά: Νόσος του Πάρκινσον, κινητικές δυσκολίες, σοβαρά παιχνίδια, εικονική πραγματικότητα, μικροελεγκτής Arduino, αισθητήρες κίνησης, προσομοιωτής παιχνιδιού σκι.

Abstract

The serious games have a perfectly different aim from the entertainment, they are intended to educate, and in the case of this thesis, to help in the process of decision-making with regard to the kinetic operation of the body. This diplomatic work assists patients and elder people to recover from illness and their disabilities. The objective of these games is to help the patients in the resolution of their kinetic problems through interactive and amusing activities. These games should have a beneficial effect on the players, providing for them perceptible progress giving them the motivation to continue the treatment for the time required.

Our objective was to develop a serious game for patients with the illness Parkinson. In this diplomatic the use of serious games and technologies that help these patients is investigated, improving their way of life, delaying or decreasing the use of medicines and at the same time improving the function of the body. We also describe the illness and the usual treatments compared to our proposed solution.

Our methodology is based on a serious game that was developed, based on the microcontroller Arduino, using sensors of movement, where the players should execute a line of important challenges via a ski simulator that aims at the advantages that were previously.

Key words: Parkinson's disease, kinetic difficulties, serious games, virtual reality, Arduino microcontroller, motion sensors, ski gaming simulator.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους. Αρχικά ευχαριστώ πολύ τον καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Κακαρούντα για την εμπιστοσύνη, την καθοδήγηση και τη πολύτιμη βοήθειά του. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Μπράλιου και τους υπόλοιπους καθηγητές του τμήματος. Ιδιαίτερα όμως την κα Αδάμ που με την αυστηρή στάση της με έκανε να πεισμώσω και να συνεχίζω ακόμα πιο δυναμικά.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και να αφιερώσω την παρούσα εργασία στην οικογένειά μου για την στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Περιεχόμενα

Περίληψη	i
Abstract	ii
Ευχαριστίες	iii
Ευρετήριο Εικόνων	vii
1. Εισαγωγή.....	1
2. Η νόσος του Parkinson.....	2
2.1 Ορισμός.....	2
2.2 Συμπτώματα της νόσου.....	2
2.3 Μη κινητικά συμπτώματα.....	3
2.4 Κινητικά συμπτώματα	3
2.5 Στάδια της νόσου	4
2.6 Αξιολόγηση ασθένειας.....	5
2.7 Θεραπεία	6
2.8 Φαρμακευτική χορήγηση	6
2.9 Φυσική μέθοδος αποκατάστασης	6
2.10 Χειρουργική επέμβαση	7
2.11 Μη φαρμακευτική μέθοδος.....	7
3. Σοβαρά Παιχνίδια	9
3.1 Η ιστορία του serious gaming.....	9
3.2 Ορισμός.....	9
3.3 Ανάπτυξη των Serious Games	11
3.3.1 Ανάπτυξη των Serious Games στον Τομέα της Έρευνας.....	11
3.3.2 Ανάπτυξη των Serious Games στη βιομηχανία	12
3.4 Στοιχεία των Serious Games.....	13
3.4.1 Δραστηριότητα.....	13
3.4.2 Περιβάλλον παιχνιδιού	13
3.4.3 Αλληλεπίδραση.....	14
3.5 Αποκατάσταση.....	14
3.6 Παιχνίδια αποκατάστασης	15
3.6.1 Αποκατάσταση με χρήση του Nintendo Wii	15

3.6.2 Microsoft Kinect	18
4. Απαιτήσεις συστήματος	20
4.1 Αξιολόγηση ποιότητας.....	20
4.2 Εξαγωγή Απαιτήσεων	23
4.3 Λειτουργικές απαιτήσεις.....	23
4.4 Μη λειτουργικές απαιτήσεις	24
5. Σχεδίαση συστήματος	26
5.1 Υλικό.....	26
5.2 Τοποθέτηση.....	26
5.3 Εφαρμογή Arduino στο χρήστη	27
5.4 Κίνηση χρήστη.....	28
5.4.1 System calibration.....	28
5.4.2 Κίνηση χρήστη μέσω του αισθητήρα Gyro-1 MPU 6050	28
5.4.3 Κίνηση χρήστη μέσω του αισθητήρα Gyro-2 MPU-6050.....	30
6. Υλοποίηση συστήματος.....	31
6.1 Γενικά για το Arduino.....	31
6.2 Πλεονεκτήματα	31
6.3 Arduino Leonardo	32
6.4 Arduino IDE (Integrated Development Environment)	33
6.5 IMU & MPU 6050	34
6.5.1 Επιταχυνσιόμετρο (Accelerometer).....	36
6.5.2 Γυροσκόπιο (Gyroscope)	37
6.5.3 Διάυλος επικοινωνίας I ² C	39
6.6 Σύνδεση Arduino με το MPU-6050.....	40
6.7 Ολοκληρωμένο σύστημα Arduino με δυο MPU-6050 sensors	42
6.7.1 Χρήση και λειτουργία του συστήματος.....	43
6.7.2 Επικοινωνία του συστήματος με τον υπολογιστή.....	43
6.7.3 Setup() και loop() συναρτήσεις.....	43
6.8 Ο κώδικας του συστήματος	44
7. Αξιολόγηση Συστήματος	50
7.1 Αξιολόγηση υλοποίησης σε υλικό	50
7.1.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις.....	51

7.1.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις	51
7.2 Αξιολόγηση προσαρμογής υλικού στο χρήστη	52
7.2.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις	53
7.2.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις	54
7.3 Σενάρια αξιολόγησης	55
7.3.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις	57
7.3.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις	58
7.4 Μέτρηση απόκρισης	58
7.4.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις	59
7.4.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις	60
8. Συμπεράσματα	61
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	62
Κώδικας του συστήματος	62
Βιβλιογραφία	67

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Ορισμός των σοβαρών παιχνιδιών.	11
Εικόνα 2: Αύξηση των δημοσιεύσεων για το serious gaming στις ψηφιακές βιβλιοθήκες των ACM και IEEE.	12
Εικόνα 3: Αύξηση των serious games στη βιομηχανία.	12
Εικόνα 4: Μπούλινγκ.	16
Εικόνα 5: Τένις.	17
Εικόνα 6: FOG.	19
Εικόνα 7: Το μοντέλο αξιολόγησης ποιότητας του McCall.	22
Εικόνα 8: Προτεινόμενο σύστημα.	27
Εικόνα 9: Σημεία τοποθέτησης Gyro MPU πάνω στον χρήστη.	28
Εικόνα 10: Κίνηση δεξιά.	29
Εικόνα 11: Κίνηση αριστερά.	29
Εικόνα 12: Επιβράδυνση.	30
Εικόνα 13: Κίνηση χεριών για επιτάχυνση.	30
Εικόνα 14: Χαρακτηριστικά Arduino Leonardo.	33
Εικόνα 15: Arduino IDE.	34
Εικόνα 16: MPU-6050.	35
Εικόνα 17: MPU-6050 pins.	36
Εικόνα 18: Λειτουργία επιταχυνσιόμετρου.	37
Εικόνα 19: Ταχύτητα περιστροφής γυροσκοπίου σε X,Y,Z άξονες.	38
Εικόνα 20: Κατασκευή τύπου πηρουνιού.	38
Εικόνα 21: Δίαυλος I ² C.	40
Εικόνα 22: Σύνδεση Arduino με MPU-6050 μέσω analog pin.	40
Εικόνα 23: Σύνδεση Arduino με MPU-6050 μέσω SDA και SCL pin.	41
Εικόνα 24: Σύνδεση Arduino με 2 MPU-6050.	42
Εικόνα 25: Ολοκληρωμένη κατασκευή τελικού συστήματος Arduino Leonardo με 2 MPU-6050.	43
Εικόνα 26: Συναρτήσεις setup() και loop().	44
Εικόνα 27: Σύστημα με πλατφόρμα Arduino Leonardo.	50
Εικόνα 28: Αισθητήρες MPU-6050 στη ζώνη και στο χέρι.	52
Εικόνα 29: Φορετό σύστημα σε χρήστη.	53
Εικόνα 30: Κίνηση χρήστη-προσομοιωτή με κλίση δεξιά.	55
Εικόνα 31: Κίνηση χρήστη-προσομοιωτή με κλίση αριστερά.	56
Εικόνα 32: Κίνηση κορμού χρήστη προς τα πίσω.	56
Εικόνα 33: Κίνηση κορμού χρήστη προς τα εμπρός.	57
Εικόνα 34: Απόκριση συστήματος σε πραγματικό χρόνο.	59

1. Εισαγωγή

Η νόσος του Πάρκινσον είναι μια νευροεκφυλιστική διαταραχή που χαρακτηρίζεται κυρίως από την κλινική τετράδα της βραδυκινησίας, της δυσκαμψίας, της αστάθειας και του τρόμου. Μπορεί να επιφέρει σημαντική αναπηρία και νοσηρότητα σε εκατομμύρια ασθενείς που έχουν προσβληθεί. Η νόσος αυτή επηρεάζει κυρίως άτομα μεγάλης ηλικίας, περιορίζοντας την κινητικότητα τους και κατά περιόδους, την ικανότητά τους να διατηρούν ανεξάρτητη τη διαβίωση τους.

Τα άτομα με νόσο του Πάρκινσον μπορούν να ζήσουν πλήρη και ενεργή ζωή, περνώντας όμως αρκετό χρόνο σε κλινικές θεραπείες που περιλαμβάνουν τη σωματική άσκηση, την άσκηση των κινήσεων και την πρακτική ομιλίας τους. Η ασθένεια του Πάρκινσον μπορεί να καταστήσει ορισμένες δραστηριότητες δύσκολες προς τους ανθρώπους αυτούς, για τον λόγο αυτό πρέπει να καταβάλουν προσπάθεια να διατηρήσουν την κοινωνική τους επαφή και να συνεχίσουν να αλληλοεπιδρούν με άλλους ανθρώπους χωρίς καμία ανησυχία για τον εαυτό τους και την εμφάνισή τους. Κάποιος που είναι ανοιχτός και ειλικρινής για τη νόσο του Πάρκινσον δεν έχει κανένα λόγο να αισθάνεται ανήσυχος όταν βρίσκεται έξω στο κοινό ή στην οικογένεια και τους φίλους του.

Είναι σημαντικό οι άνθρωποι που αγωνίζονται καθημερινά με τη νόσο, να αυξάνουν την αίσθηση αυτοπεποίθησης και ανεξαρτησίας τους, επιτυγχάνοντας μικρούς στόχους κάθε φορά ώστε να βελτιώνονται μέρα με την μέρα, ενώ βρίσκονται σπίτι τους και γύρω από αγαπημένα πρόσωπα. Αυτή την άνεση την παρέχουν τα σοβαρά παιχνίδια και αυτός είναι ένας από τους λόγους ύπαρξης αυτής της εργασίας.

Η παρούσα εργασία έχει δομηθεί ως εξής. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η νόσος του Πάρκινσον, ο ορισμός της, αναλύονται τα συμπτώματα και τα κινητικά προβλήματα καθώς και οι μέθοδοι αποκατάστασης, με σκοπό την κατανόηση της ασθένειας και το πως εμείς μπορούμε να επέμβουμε ώστε να βελτιωθεί η κατάσταση των ασθενών. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μία λεπτομερής παρουσίαση των σοβαρών παιχνιδιών, της ανάπτυξης τους στον τομέα της έρευνας και της βιομηχανίας, το απαραίτητο περιβάλλον για αλληλεπίδραση και τέλος, τη μέθοδο της αποκατάστασης στους ασθενείς με δυο παραδείγματα. Στο κεφάλαιο 4 γίνεται εξαγωγή των απαιτήσεων του συστήματος, προκειμένου να καθοριστούν οι στόχοι της σχεδίασης. Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η σχεδίαση του συστήματος, το υλικό που απαιτείται, η τοποθέτηση του και η εφαρμογή του στον χρήστη. Στο κεφάλαιο 6 γίνεται αναλυτική παρουσίαση της υλοποίησης του συστήματος με αναφορά στην συνδεσμολογία της συσκευής αλλά και στον κώδικα. Στο κεφάλαιο 7 αναλύονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του συστήματος και αναφέρονται οι μελλοντικές προεκτάσεις και τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα. Τέλος στο παράρτημα Α παρατίθεται ο κώδικας της συσκευής της παρούσας εργασίας.

2. Η νόσος του Parkinson

2.1 Ορισμός

Η νόσος του Πάρκινσον (Parkinson's Disease – PD) είναι μια νευροεκφυλιστική πάθηση η οποία επηρεάζει τα νευρικά κύτταρα του εγκεφάλου που ελέγχουν την κίνηση του σώματος. Πιο συγκεκριμένα, το PD προκύπτει από την απώλεια των νευρώνων που παράγουν ντοπαμίνη σε μια περιοχή του εγκεφάλου υπεύθυνη για τον ομαλό και σκόπιμο συντονισμό των μυών του σώματος. Όταν τα νευρικά κύτταρα δεν μεταδίδουν σωστά τα μηνύματα του εγκεφάλου, η κίνηση δεν ελέγχεται πλέον ομαλά και εμφανίζονται τα συμπτώματα του PD [1].

Η ασθένεια πήρε το όνομά της από τον γιατρό James Parkinson, ο οποίος κατέγραψε και ανέφερε για πρώτη φορά τα συμπτώματα. Το PD είναι η δεύτερη πιο συνηθισμένη νευροεκφυλιστική διαταραχή που σχετίζεται με την ηλικία μετά τη νόσο του Alzheimer. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Σύνδεσμο Νόσων του Πάρκινσον (EPDA) [2], υπολογίζεται ότι 7 έως 10 εκατομμύρια άνθρωποι υποφέρουν από την ασθένεια παγκοσμίως. Τα συμπτώματα προχωρούν αργά και είναι μη αναστρέψιμα, έτσι ώστε τα τελευταία στάδια της νόσου να είναι περισσότερο εμφανή στους ηλικιωμένους (ηλικίας > 60 ετών), ενώ μόνο το 10% περίπου των ασθενών με PD είναι κάτω των 50 ετών. Η συχνότητα εμφάνισης της νόσου ή ο αριθμός των νεοδιαγνωσθέντων περιπτώσεων γενικά αυξάνεται με την ηλικία, αν και μπορεί να σταθεροποιηθεί σε άτομα ηλικίας άνω των 80 ετών. Οι άνδρες έχουν 1,5 φορές περισσότερες πιθανότητες να πάσχουν από PD από τις γυναίκες.

Η ασθένεια επηρεάζει την ποιότητα ζωής των ασθενών, καθιστά δυσκολότερη την κοινωνική αλληλεπίδραση και επιδεινώνει την οικονομική τους κατάσταση, λόγω των ιατρικών εξόδων που συνδέονται με την ασθένεια. Οι μελέτες σε ομάδες πληθυσμών σχετικά με τη συχνότητα εμφάνισης του PD είναι σημαντικές για την κατανόηση από τους επιστήμονες του ιστορικού της νόσου, την εξέλιξή της και των παραγόντων κινδύνου που συνδέονται με αυτήν. Πληροφορίες σχετικά με την επίπτωση σε διάφορες ηλικιακές ομάδες και φύλα μπορούν να βοηθήσουν τους ειδικούς της υγειονομικής περίθαλψης να σχεδιάσουν στρατηγικές για την κάλυψη των αναγκών των ασθενών [3].

2.2 Συμπτώματα της νόσου

Ο εγκέφαλός μας δεν είναι υπεύθυνος μόνο για την σκέψη και την λογική ικανότητα, αλλά και για τις κινήσεις μας και τις πράξεις όπως τροφή, το περπάτημα και το τρέξιμο. Το νευρικό σύστημα στέλνει μηνύματα στους μύες μέσω των νευροδιαβιβαστών, προκαλώντας όλες τις κινήσεις που μπορεί να κάνει το ανθρώπινο σώμα. Η ντοπαμίνη είναι ένας νευροδιαβιβαστής που δρα στον έλεγχο, τον συντονισμό της κίνησης και των σύνθετων ενεργειών που εκτελούμε καθημερινά.

Ένα πολύ καλό παράδειγμα αυτού είναι όταν οδηγούμε, οι οδηγοί δεν δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στις συγκεκριμένες ενέργειές τους, αλλά η οδήγηση είναι μια δραστηριότητα που απαιτεί μεγάλο συντονισμό, ακρίβεια και μυϊκή κίνηση, πράγμα που σημαίνει ότι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους ντοπαμινεργικούς νευρώνες.

Κατά τη διάρκεια της νόσου, τα πιο προφανή συμπτώματα σχετίζονται με την κίνηση και είναι άμεσα συνδεδεμένα με το PD. Αργότερα, μπορεί να προκύψουν προβλήματα σκέψης και συμπεριφοράς. Κανονικά, η εμφάνιση των συμπτωμάτων είναι αργή, αλλά ο ρυθμός εξέλιξης για κάθε ένα από αυτά είναι διαφορετικός σε κάθε περίπτωση. Η κοινότητα του Πάρκινσον αναγνωρίζει ότι υπάρχουν πολλά σημαντικά κινητικά και μη κινητικά συμπτώματα. Σε πρώιμα στάδια, η νόσος επηρεάζει συνήθως την κινητική λειτουργία, ενώ τα διανοητικά συμπτώματα συναντώνται συνήθως σε πιο προηγμένα στάδια [4].

2.3 Μη κινητικά συμπτώματα

Τα μη κινητικά συμπτώματα σχετίζονται κυρίως με προβλήματα σκέψης και συμπεριφοράς που μπορεί να προκύψουν.

Η άνοια εμφανίζεται συνήθως στα προχωρημένα στάδια της νόσου, ενώ η κατάθλιψη είναι το συνηθέστερο ψυχιατρικό σύμπτωμα. Άλλα συμπτώματα που περιλαμβάνονται είναι: αισθητηριακά προβλήματα, προβλήματα ύπνου και συναισθημάτων, καθώς και άγχος, αδυναμία μνήμης, ψευδαισθήσεις, ψυχώσεις, απάθεια, απώλεια οσμής, δυσκοιλιότητα ή ακόμη και αργή λογική.

2.4 Κινητικά συμπτώματα

Τα τέσσερα χαρακτηριστικά κινητικά συμπτώματα της νόσου είναι ο τρόμος (το τρέμουλο), η μυϊκή ακαμψία, η ακινησία (ή βραδυκινησία) και η ορθοστατική αστάθεια [5].

- Ο τρόμος είναι η ακούσια ρυθμική κίνηση των διαφόρων τμημάτων του σώματος ενός ασθενούς. Μπορεί να διακριθεί σε τρόπο σε ηρεμία και στοχαστικό τρόπο. Ο τρόμος στην ηρεμία είναι το πιο συνηθισμένο σύμπτωμα και εμφανίζεται στο 75% του πληθυσμού των ασθενών, καθιστώντας το το πιο χαρακτηριστικό και εύκολα αναγνωρισμένο σημάδι της νόσου, επειδή σχετίζεται με την κίνηση του σώματος ή με ελεγχόμενη στάση μπορεί εύκολα να διαγνωσθεί χωρίς άλλα συμπτώματα [6].
- Η μυϊκή ακαμψία είναι η δυσκαμψία των άκρων ή των αρθρώσεων του ασθενούς. Η δυσκαμψία περιγράφει την ανικανότητα των μυών των άκρων να χαλαρώσουν, παρουσιάζοντας υψηλή αντίσταση κατά τη διάρκεια της παθητικής κίνησης ενός άκρου. Σε πιο προχωρημένα στάδια, οι μύες των άκρων μπορούν να περιγραφούν ως δύσκαμπτοι και άκρως ανελαστικοί. Οι

ασθενείς μπορεί επίσης να υποφέρουν από πόνο λόγω της δυσκαμψίας, ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του PD [4].

- Η ορθοστατική αστάθεια είναι η έλλειψη ορθοστατικών αντανακλαστικών κατά τη διάρκεια της όρθιας στάσης, του περπατήματος ή της αλληλεπίδρασης με αντικείμενα και συνήθως απουσιάζει στα αρχικά στάδια του PD. Αυτό το σύμπτωμα εξαρτάται από τη σοβαρότητα και την πορεία της νόσου και συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τη συχνότητα των πτώσεων των ασθενών.
- Η ακινησία (ή βραδυκινησία) ως όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη μείωση της ταχύτητας κίνησης κατά την εκτέλεση της εργασίας ή η δυσκολία να ξεκινήσει αυθόρμητα η κίνηση. Η ακινησία είναι ένα από τα τρία βασικά χαρακτηριστικά του PD, είναι αισθητή η ενόχληση καθ' όλη τη διάρκεια της νόσου και επηρεάζει το 78-98% του πληθυσμού. Για την ανίχνευση της ακινησίας, οι ασθενείς συνήθως καλούνται να εκτελούν επανειλημμένες ταχείες κινήσεις.

Αυτά τα συμπτώματα συχνά αναπτύσσονται σε διαφορετικούς συνδυασμούς και έχουν ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση των καθημερινών δραστηριοτήτων, την ταλαιπωρία των κοινωνικών σχέσεων των ασθενών και τη μείωση της ποιότητας ζωής, ειδικά καθώς η ασθένεια εξελίσσεται. Η ορθοστατική αστάθεια σε συνδυασμό με ακινησία μπορεί να είναι ένας ιδιαίτερα επικίνδυνος συνδυασμός που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρούς τραυματισμούς [7][8].

2.5 Στάδια της νόσου

Το PD επηρεάζει τους ανθρώπους με διαφορετικούς τρόπους. Όλοι δεν θα βιώσουν όλα τα συμπτώματα του PD, και αν το κάνουν, δεν θα τα βιώσουν απαραίτητα με την ίδια σειρά ή με την ίδια ένταση. Υπάρχουν τυπικά πρότυπα εξέλιξης του PD τα οποία ορίζονται σταδιακά.

Πρώτο στάδιο, κατά τη διάρκεια αυτού του αρχικού σταδίου, το άτομο έχει ήπια συμπτώματα που γενικά δεν παρεμβαίνουν στις καθημερινές δραστηριότητες. Ο τρόμος (τρέμουλο) και άλλα συμπτώματα κίνησης εμφανίζονται μόνο στη μία πλευρά του σώματος. Παρουσιάζονται αλλαγές στην στάση του σώματος, στο περπάτημα και στις εκφράσεις του προσώπου.

Δεύτερο στάδιο, τα συμπτώματα αρχίζουν να χειροτερεύουν. Ο τρόμος, η ακαμψία και άλλα συμπτώματα κίνησης επηρεάζουν και τις δύο πλευρές του σώματος. Μπορεί να είναι εμφανή τα προβλήματα βάδισης και η κακή στάση του σώματος. Το άτομο είναι ακόμη σε θέση να ζήσει μόνο του, αλλά τα καθημερινά καθήκοντα είναι πιο δύσκολα και χρονοβόρα.

Τρίτο στάδιο, θεωρούμενο και μεσαίο στάδιο, είναι η απώλεια της ισορροπίας και η βραδύτητα των κινήσεων. Οι πτώσεις είναι πιο συχνό φαινόμενο. Το άτομο

εξακολουθεί να είναι πλήρως ανεξάρτητο, αλλά τα συμπτώματα δυσκολεύουν σημαντικά δραστηριότητες όπως το ντύσιμο και η κατανάλωση τροφής.

Τέταρτο στάδιο, σε αυτό το σημείο, τα συμπτώματα είναι σοβαρά και περιοριστικά. Είναι δυνατό να σταθεί χωρίς βοήθεια, αλλά η κίνηση μπορεί να απαιτήσει έναν φροντιστή. Το άτομο χρειάζεται βοήθεια με τις καθημερινές δραστηριότητες και δεν μπορεί να ζήσει μόνο του.

Πέμπτο στάδιο, αυτό είναι το πιο προηγμένο και εξουθενωτικό στάδιο. Η δυσκαμψία στα πόδια μπορεί να καταστήσει αδύνατη τη στάση ή το βάδισμα, ο ασθενής χρησιμοποιεί αναπηρική καρέκλα ή είναι καθηλωμένο, επίσης μπορεί να παρουσιάσει ψευδαισθήσεις και αυταπάτες. Για όλες τις δραστηριότητες απαιτείται περιστασιακή νοσηλευτική φροντίδα όλο το εικοσιτετράωρο [9].

2.6 Αξιολόγηση ασθένειας

Για να εκτιμηθεί η πρόοδος του PD αλλά και το επίπεδο αναπηρίας ενός ασθενή, χρησιμοποιούνται διάφορες κλίμακες αξιολόγησης. Αρχικά, οι Hoehn και Yahr πρότειναν μια απλή και εύχρηστη κλίμακα αξιολόγησης, η οποία αναγνωρίζει τρία στάδια πρακτικής ταξινόμησης το πρωτογενές, το δευτερογενές και το απροσδιόριστο (ασαφές). Η κλίμακα Hoehn και Yahr χρησιμοποιεί ένα σύστημα 5 βαθμίδων για την αξιολόγηση της σοβαρότητας της κατάστασης που κυμαίνεται από ασήμαντες κινητικές δυσλειτουργίες στο πρώτο στάδιο έως σοβαρές βλάβες στα τελευταία στάδια. Η κλίμακα επικεντρώνεται σε παρατηρήσεις όπως η έκφραση της ασθένειας καθώς και ο βαθμός της οσφυϊκής αντανάκλαστικής βλάβης. Έχουν προταθεί διάφορα πρόσθετα στάδια για την προσθήκη λεπτομερειών στην αρχική κλίμακα, αυτά τα στάδια περιλαμβάνουν μη κινητικές πτυχές της νόσου και περιγράφουν πιο συγκεκριμένα τις κινητικές πτυχές [10].

Η Ενιαία Κλίμακα Αξιολόγησης της νόσου του Πάρκινσον (Unified Parkinson's Disease Rating Scale - UPDRS) συνδυάζει στοιχεία από προηγούμενες κλίμακες για να συμπεριλαμβάνει και νέες πτυχές μη κινητικών συμπτωμάτων. Η κλίμακα UPDRS αποτελείται από τρία κύρια τμήματα τα οποία αξιολογούν σημαντικές περιοχές αναπηρίας, τη συμπεριφορά και διάθεση, τις δραστηριότητες καθημερινής ζωής και την λειτουργία κίνησης. Η κλίμακα συνοδεύεται και από ένα τέταρτο τμήμα που αξιολογεί τις επιπλοκές κατά την διάρκεια της θεραπείας. Το UPDRS είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη κλίμακα κλινικής αξιολόγησης και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την κλίμακα Hoehn και Yahr και την κλίμακα ADL που παρουσιάζει ένα χρήσιμο μέτρο για την ικανότητα του ατόμου να εκτελεί καθημερινές δραστηριότητες με αποτέλεσμα την ανεξαρτησία του ατόμου. Παρά το γεγονός ότι δεν έχει ανακαλυφθεί ακόμα θεραπεία για το PD, τα φάρμακα συνήθως βοηθούν στον έλεγχο των συμπτωμάτων και τη διατήρηση της λειτουργικότητας του σώματος σε λογικά επίπεδα κατά τη διάρκεια ζωής ενός ασθενούς [11].

2.7 Θεραπεία

Δεν υπάρχει θεραπεία για το PD. Ωστόσο, υπάρχουν πολύ αποτελεσματικές θεραπείες για τον έλεγχο των συμπτωμάτων των ασθενών.

2.8 Φαρμακευτική χορήγηση

Σύμφωνα με πληροφορίες της Αμερικανικής Ένωσης Νόσου Πάρκινσον (American Parkinson Disease Association - APDA) [12] προτείνονται έξι κατηγορίες φαρμάκων για τη θεραπεία της PD: λεβοντόπα, αγωνιστές ντοπαμίνης, αναστολείς MAO-B, αναστολέας COMT, αντιχολινεργικοί παράγοντες και αμανταδίνη. Η χορήγηση φαρμάκων δεν επιτυγχάνει αποτελεσματικές λύσεις, λόγω του ότι η πορεία και τα συμπτώματα της νόσου ποικίλλουν μεταξύ των ασθενών. Με βάση την τρέχουσα ιατρική θεραπεία, η λεβοντόπα θεωρείται ως το πιο αποτελεσματικό φάρμακο για τη βελτίωση των κινητικών συμπτωμάτων που σχετίζονται με το PD, αν και οι μεγάλες δόσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα έχουν συνδεθεί με παρουσίαση δυσκινησίας που επιδεινώνει περαιτέρω την λειτουργία βάρδισης. Οι πιο πρόσφατες πρακτικές ξεκινούν στους ασθενείς την αγωγή με αγωνιστές ντοπαμίνης, αναβάλλοντας τη λεβοντόπα για μεταγενέστερα στάδια όταν τα συμπτώματα του κινητικού συστήματος δεν ελέγχονται ικανοποιητικά. Σε πιο προχωρημένα στάδια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνδυασμοί λεβοντόπας, αγωνιστές ντοπαμίνης, αναστολείς COMT και MAO-B για τον έλεγχο των συμπτωμάτων και την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων [13].

2.9 Φυσική μέθοδος αποκατάστασης

Πέραν της ιατρικής περίθαλψης (και της φαρμακευτικής αγωγής), οι ασθενείς αναπτύσσουν σημαντικά σωματικά προβλήματα. Η φυσιοθεραπεία στοχεύει στο να επιτρέψει σε άτομα με PD να διατηρήσουν στο μέγιστο επίπεδο την κινητικότητα και την ανεξαρτησία τους μέσω παρακολούθησης της κατάστασής τους, παρέχοντας τους την κατάλληλη φυσική θεραπεία για τον έλεγχο των συμπτωμάτων της νόσου. Οι κλινικές εγκαταστάσεις που ασχολούνται με το PD παρέχουν οδηγίες για τη σωματική άσκηση, υποδεικνύοντας καθημερινές δραστηριότητες και καθήκοντα, ακόμη και προγράμματα διατροφής, επίσης παρέχουν αναλυτικές οδηγίες σχετικά με τον τρόπο της σωστής εκτέλεσης των σωματικών ασκήσεων. Οι ασκήσεις σε τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές δείχνουν ότι η σωματική άσκηση, όπως το τέντωμα των άκρων και το αερόμπικ (τέντωμα των ποδιών, μυϊκή δύναμη, ισορροπία και βάρδισμα) βελτιώνουν τη λειτουργικότητα της κίνησης και την ποιότητα ζωής.

Σε ένα πρόγραμμα κατάρτισης που διεξήχθη στα σπίτια ασθενών αντί σε μια κλινική χρησιμοποιήθηκαν ασκήσεις προσαρμοσμένες στην κατάσταση του κάθε ασθενούς, οι φυσιοθεραπευτές επισκέπτονταν ασθενείς σε εβδομαδιαία βάση, διατηρούσαν αρχεία γεγονότων πτώσης καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος. Η

ανάλυση αυτών των αρχείων αποκαλύπτει χαμηλότερα ποσοστά πτώσης για ασθενείς που ακολουθούσαν οικιακά προγράμματα άσκησης με λεπτομερή προετοιμασία και τεκμηρίωση σε σύγκριση με τους υπόλοιπους. Αυτές οι ασκήσεις βελτίωσαν τη σταθερότητα της στάσης του σώματος και ενίσχυσαν την εμπιστοσύνη στις ικανότητες των ασθενών με αποτέλεσμα την μειωμένη συχνότητα πτώσεων. Το πρόγραμμα περιλάμβανε ασκήσεις αποσταθεροποίησης και τον συντονισμό των ποδιών και των χεριών κατά το περπάτημα. Στην πραγματικότητα, τα οφέλη στη σταθερότητα της στάσης ως αποτέλεσμα αυτού του προγράμματος άσκησης διατηρήθηκαν για τουλάχιστον ένα μήνα μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος [13].

2.10 Χειρουργική επέμβαση

Οι χειρουργικές επεμβάσεις έχουν χρησιμοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα ως θεραπείες του PD, είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος για την εγκεφαλική διέγερση.

Σε αυτή τη διαδικασία, οι χειρουργοί τοποθετούν ηλεκτρόδια σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του εγκεφάλου, στέλνοντας ηλεκτρικούς παλμούς και δημιουργώντας τη δυνατότητα μείωσης ορισμένων συμπτωμάτων, όπως μείωση ή διακοπή της δυσκινησίας (ακούσιων κινήσεων), μείωση του τρόμου, μείωση της ακαμψίας και βελτίωση της βραδυκινησίας. Χρησιμοποιείται κυρίως και συνιστάται για ασθενείς που έχουν ασταθείς αντιδράσεις στη φαρμακευτική αγωγή (λεβοντόπα). Η βαθιά εγκεφαλική διέγερση δεν σταματά το PD και είναι πολύ δαπανηρή διαδικασία [13].

2.11 Μη φαρμακευτική μέθοδος

Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει μια τεράστια ποικιλία θεραπειών και συνηθειών για να ελαχιστοποιηθούν ορισμένα από τα συμπτώματα του PD. Δεν σταματούν την εξέλιξη των συμπτωμάτων (αν και μπορεί να επιβραδυνθούν), αλλά προκαλούν την παρακίνηση του ασθενούς να αντιμετωπίσει τις οργανικές και ψυχολογικές αλλαγές που οφείλονται στην κινητική δυσλειτουργία [14].

Τα μέτρα αυτά είναι:

- Εκπαίδευση

Κάθε ασθενής πρέπει να ενημερώνεται για τον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσεται η ασθένειά του, τις πιθανές αιτίες και ποια θεραπεία συνιστάται περισσότερο για τη συγκεκριμένη περίπτωσή του.

- Υποστήριξη

Η ψυχολογική και οικογενειακή υποστήριξη είναι κρίσιμη για να βοηθήσει τον ασθενή να αντιμετωπίσει την ασθένεια με τον πιο θετικό τρόπο. Αν δεν παρέχεται τέτοια υποστήριξη, είναι πιθανότερο οι ασθενείς να εμφανίσουν κατάθλιψη. Όταν δεν παρέχεται υποστηρικτική φροντίδα (για οποιονδήποτε λόγο), οι ασθενείς καλούνται να πάνε σε ομάδες υποστήριξης και / ή παρακολουθήσουν την επαγγελματική θεραπεία.

- Άσκηση

Η σωματική άσκηση δεν εμποδίζει την εξέλιξη της νόσου, αλλά συμβάλλει στη διατήρηση μιας επιθυμητής και καλής κατάστασης της μυϊκής λειτουργίας. Η δυσκαμψία και η βραδυκινησία είναι σοβαρές αναπηρίες, οι οποίες ευθύνονται για την περιορισμένη φυσική λειτουργία που επιδεινώνεται με την πάροδο του χρόνου. Η άσκηση επιτυγχάνεται με επαναλαμβανόμενες μιμούμενες κινήσεις και κάνει τον ασθενή να αισθάνεται πιο ενεργός και με καλή διάθεση.

- Διατροφή

Ο υποσιτισμός και η απώλεια βάρους εμφανίζονται επαναλαμβανόμενα στο PD. Όλοι οι ασθενείς πρέπει έχουν μια υγιεινή διατροφή, που αποτελείται από διάφορα τρόφιμα, πλούσια σε ασβέστιο και φυτικές ίνες, για την πρόληψη της οστεοπόρωσης κι άλλων ασθενειών. Επίσης σημαντικό, να είναι προσεκτικοί με την ποσότητα πρωτεΐνης που λαμβάνουν, καθώς μπορεί να παρεμβαίνει στην ουσία απορρόφηση της φαρμακευτικής αγωγής.

3. Σοβαρά Παιχνίδια

3.1 Η ιστορία του serious gaming

Υπάρχουν διάφορες έννοιες για τα "Σοβαρά Παιχνίδια" (Serious Games). Η πρώτη επίσημη έννοια φαίνεται να έχει εισαχθεί το 1970 από τον Abt, όπου μέσα από τα βιβλία του παρουσιάζει προσομοιώσεις και παιχνίδια για τη βελτίωση της εκπαίδευσης, τόσο μέσα όσο και έξω από την τάξη. Τα παραδείγματα του είναι είτε παιχνίδια βασισμένα σε υπολογιστή είτε παιχνίδια τύπου "στυλό και χαρτί", καθώς η βιομηχανία βιντεοπαιχνιδιών δεν είχε ακόμη δημιουργηθεί. Το 2002 η έννοια του serious game επαναπροσδιορίζεται αναβαθμισμένη από τον Sawyer, βασίζεται στην ιδέα της σύνδεσης ενός σοβαρού σκοπού με τη γνώση και τις τεχνολογίες της βιομηχανίας βιντεοπαιχνιδιών. Οι σχεδιαστές των Serious Games χρησιμοποιούν το ενδιαφέρον των ανθρώπων για τα βιντεοπαιχνίδια για να προσελκύσουν την προσοχή τους για διάφορους σκοπούς που ξεπερνούν την καθαρή ψυχαγωγία.

Για εμάς serious game είναι ένα βιντεοπαιχνίδι που έχει σχεδιαστεί για "σοβαρό" σκοπό πέραν αυτού της ψυχαγωγίας και αναφέρεται σε παιχνίδια που χρησιμοποιούνται από διάφορες βιομηχανίες όπως η άμυνα, η εκπαίδευση, η επιστημονική εξερεύνηση, η υγειονομική περίθαλψη και πολλά άλλα. Ένα σοβαρό παιχνίδι έχει ένα ρητό και μελετημένο εκπαιδευτικό σκοπό.

Η επιτυχία των παιχνιδιών για μάθηση και εκπαίδευση είναι αναγνωρισμένη σε μεγάλο βαθμό, καθώς αποτελεί ένα εξαιρετικό μέσο για την παροχή πολύπλοκων πληροφοριών. Προσφέρουν επίσης ευχαρίστηση και άμεση ανταμοιβή, η οποία είναι πολύ σημαντική για τη δημιουργία αίσθησης ικανοποίησης του παίκτη. Η τεχνολογία μπορεί να προσφέρει περισσότερα στη ζωή των ανθρώπων ικανοποιώντας την αποστολή της. Ένα serious game, είναι ένα παιχνίδι που μπορεί να μεταδώσει στον παίκτη ένα μήνυμα, μια γνώση ή μια δεξιότητα. Επιπλέον, μπορεί να βελτιώσει την πρακτική εμπειρία του παίκτη μέσω διαφορετικών μορφών αλληλεπίδρασης και σε διαφορετικά πλαίσια, όπως την υγεία και την εκπαίδευση.

Ο κύριος στόχος του serious gaming για την υγεία είναι η παροχή γνώσεων και η ενίσχυση των δεξιοτήτων των παικτών αλλά στην περίπτωση αυτή πρέπει να εξυπηρετεί ιατρικό σκοπό. Σοβαρά παιχνίδια χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς της υγείας, από παιχνίδια εξάσκησης έως προσομοιωτές χειρουργικής επέμβασης [15].

3.2 Ορισμός

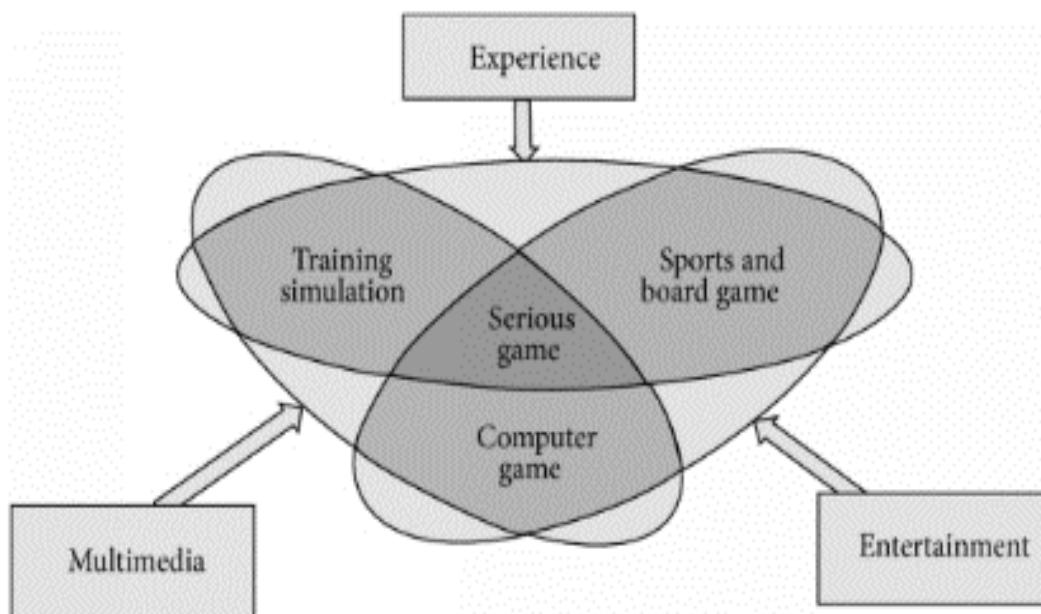
Αρχικά, ένα παιχνίδι ορίζεται ως ένας φυσικός ή διανοητικός διαγωνισμός που αναπαράγεται σύμφωνα με συγκεκριμένους κανόνες, με μοναδικό στόχο τη διασκέδαση ή την ψυχαγωγία του συμμετέχοντα. Από την άλλη πλευρά, ένα

βιντεοπαιχνίδι είναι ένας ειδικός τύπος παιχνιδιών όπου το παιχνίδι παίζεται με έναν υπολογιστή σύμφωνα με ορισμένους κανόνες με στόχο τη διασκέδαση, την αναψυχή ή τη νίκη ενός στοιχήματος.

Υπάρχουν αρκετές προοπτικές για τον ορισμό των σοβαρών παιχνιδιών όπως φαίνεται από τον ακαδημαϊκό κλάδο. Για παράδειγμα, ορισμένα στοιχεία της βιομηχανίας πιστεύουν ότι ένα σοβαρό παιχνίδι πρέπει να περιλαμβάνει ένα γνήσιο στοιχείο ψυχαγωγίας που συνδυάζεται φαινομενικά με μια πρακτική διάσταση. Μερικοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι όλα τα παιχνίδια έχουν σοβαρό σκοπό, όπως τα ηλεκτρονικά παιχνίδια περιπέτειας ή στρατηγικής. Σε αυτή την περίπτωση, ο όρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναφέρεται σε οποιαδήποτε εφαρμογή που παράγεται χρησιμοποιώντας λογισμικό ανάπτυξης από τη βιομηχανία ηλεκτρονικών παιχνιδιών, πράγμα που σημαίνει ότι η πλειονότητα των προσομοιωτών θα θεωρούνται σοβαρά παιχνίδια .

Πιθανότατα, ο συνηθέστερος ορισμός των σοβαρών παιχνιδιών είναι "παιχνίδια που δεν έχουν το στοιχείο της ψυχαγωγίας, της απόλαυσης ή της διασκέδασης ως πρωταρχικό σκοπό". Μετά από αυτόν τον ορισμό, τα σοβαρά παιχνίδια μπορούν να διακριθούν από τα βιντεοπαιχνίδια βάσει του σχεδιασμού τους, καθώς τα σοβαρά παιχνίδια έχουν άλλο πρωταρχικό σκοπό σχεδιασμού εκτός από την ψυχαγωγία. Ωστόσο, ο αρχικός ορισμός ενός σοβαρού παιχνιδιού ως προς τον σχεδιασμό είναι ένα πρόβλημα. Αυτό το πρόβλημα είναι ότι εάν κάποιος θέλει να αποφασίσει αν ένα συγκεκριμένο παιχνίδι είναι ένα σοβαρό ή όχι, θα χρειαζόταν απαραίτητα να γνωρίζει στους στόχους ή τις προθέσεις του σχεδιαστή.

Διαπιστώσαμε ότι οι περισσότεροι ορισμοί που συναντώνται είτε στην έρευνα είτε στη βιομηχανία συμφωνούν ότι τα σοβαρά παιχνίδια περιλαμβάνουν τη διάσταση ψυχαγωγίας. Ένα σοβαρό παιχνίδι έχει επίσης τη δυνατότητα να βελτιώσει την εμπειρία του χρήστη μέσω της πολυτροπικής αλληλεπίδρασης. Αυτό μπορεί να συμβεί σε διαφορετικά πλαίσια, όπως η εκπαίδευση, η κατάρτιση, η υγεία ή η διαπροσωπική επικοινωνία. Οι περισσότερες έρευνες συμφωνούν ότι τα σοβαρά ψηφιακά παιχνίδια περιέχουν διαφορετικά μέσα, τα οποία μπορεί να είναι ένας συνδυασμός κειμένου, γραφικών, κινούμενων εικόνων, ήχου, οπτικών, κ.ο.κ. Επιπλέον, πιστεύουμε ότι ο "σοβαρός" όρος στα σοβαρά παιχνίδια προέρχεται από το ρόλο του να μεταφέρουν κάποιο μήνυμα ή ερέθισμα, είτε είναι γνώση, δεξιότητα, είτε γενικά κάποιο περιεχόμενο στον παίκτη. Αυτό σημαίνει ότι ο παίκτης είναι εκτεθειμένος σε ένα περιβάλλον που του παρέχει τεχνογνωσία ή εμπειρία. Αυτή η εμπειρία σχετίζεται με το συγκεκριμένο πλαίσιο του σοβαρού παιχνιδιού όπως η ευημερία, η εκπαίδευση και η υγεία. Ως εκ τούτου, ορίζουμε τα σοβαρά παιχνίδια ως μια εφαρμογή τριών στοιχείων: εμπειρίας, ψυχαγωγίας και πολυμέσων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.

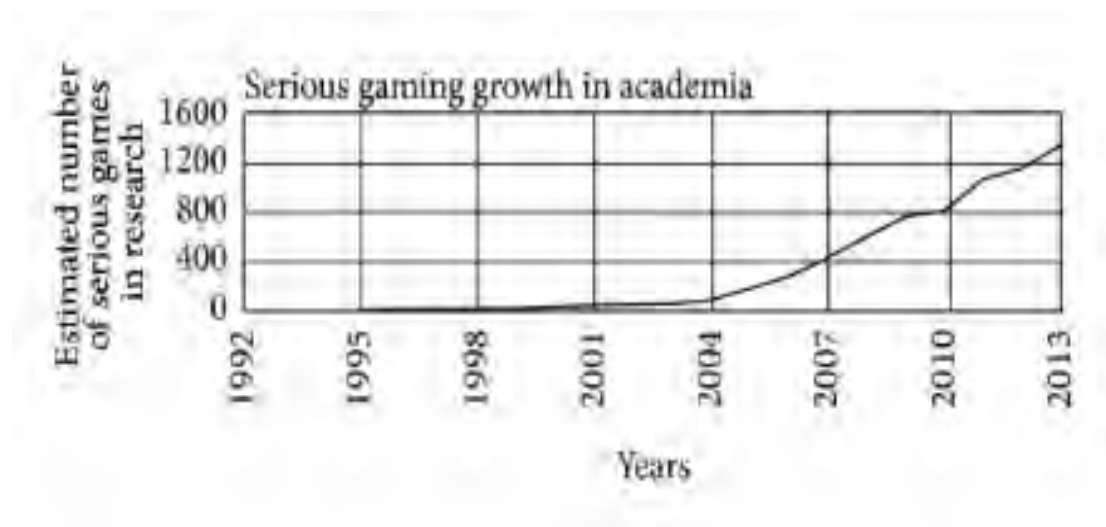


Εικόνα 1: Ορισμός των σοβαρών παιχνιδιών.

3.3 Ανάπτυξη των Serious Games

3.3.1 Ανάπτυξη των Serious Games στον Τομέα της Έρευνας

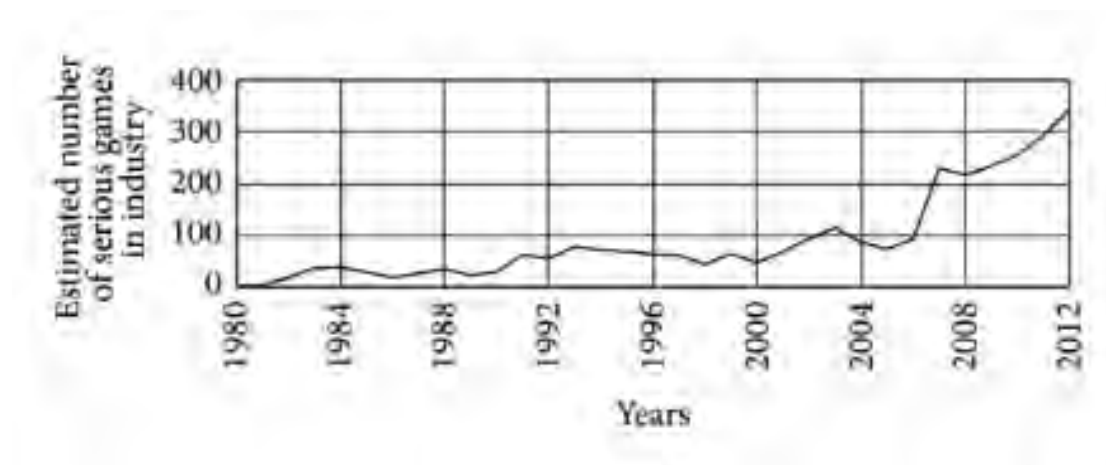
Το πεδίο των σοβαρών παιχνιδιών αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς εδώ και πάνω από μία δεκαετία. Για να εξεταστεί προσεκτικά η τάση της έρευνας σε αυτόν τον τομέα, πραγματοποιήθηκε μια έρευνα για δημοσιευμένα άρθρα σχετικά με τα Serious Game. Χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρονικά αρχεία, καλύπτοντας τα έτη από το 1995 έως το 2013, δύο μεγάλων εκδοτών: ο Σύνδεσμος Υπολογιστικών Μηχανών μέσω της Ψηφιακής Βιβλιοθήκης (ACM) και της Ψηφιακής βιβλιοθήκης του Ινστιτούτου των Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE). Τα ληφθέντα αποτελέσματα απεικονίζονται στο γράφημα της Εικόνα 2, η οποία παρέχει μια εκτίμηση του αριθμού των ερευνητικών άρθρων στον τομέα των σοβαρών παιχνιδιών για τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Το γράφημα στην Εικόνα 2, αποκαλύπτει μια εκθετική ανάπτυξη στον αριθμό των ερευνητικών εργασιών που δημοσιεύονται στον τομέα, ξεκινώντας από τα τέλη της δεκαετίας του '90 έως το 2013, η οποία δείχνει την αύξηση του ενδιαφέροντος της ερευνητικής κοινότητας σε σοβαρά παιχνίδια. Αυτή η αύξηση ακολουθεί παράλληλα τη σημαντική αύξηση στην βιομηχανία ηλεκτρονικών παιχνιδιών, όπως παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα.



Εικόνα 2: Αύξηση των δημοσιεύσεων για το serious gaming στις ψηφιακές βιβλιοθήκες των ACM και IEEE.

3.3.2 Ανάπτυξη των Serious Games στη βιομηχανία

Το γράφημα στην Εικόνα 3 αντλήθηκε από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από στατιστικά στοιχεία των serious games από τον κατάλογο βιομηχανιών Serious Games Association. Η Εικόνα 3 δείχνει ότι, όπως και στον τομέα της έρευνας, η ανάπτυξη της βιομηχανίας ήταν εκθετική κατά την τελευταία δεκαετία. Εκτιμάται επίσης ότι η αγορά των Serious Games θα συνεχίσει να αυξάνεται γρήγορα ώστε να φτάσει το ποσό των 17 δισ. Δολαρίων το 2023 [16].



Εικόνα 3: Αύξηση των serious games στη βιομηχανία.

3.4 Στοιχεία των Serious Games

Δεδομένου της αύξησης των σοβαρών παιχνιδιών και της αναμενόμενης μελλοντικής ανάπτυξης, πρέπει να αναγνωριστούν στοιχεία που τα συνθέτουν, όπως αυτά αναφέρονται στις πιο σημαντικές εργασίες σε αυτόν τον τομέα. Η επιτυχία των παιχνιδιών αυτών οφείλεται κυρίως στον σχεδιασμό τους. Από διάφορες μελέτες που σχετίζονται με την εφαρμογή των σοβαρών παιχνιδιών προτείνονται τα ακόλουθα στοιχεία.

3.4.1 Δραστηριότητα

Το πρώτο στοιχείο που ορίζεται ως προαπαιτούμενο του παιχνιδιού, είναι ο τύπος δραστηριότητας. Αυτή είναι η λειτουργία που εκτελείται από τη συσκευή αναπαραγωγής κατά την εισαγωγή στο παιχνίδι. Οι τύποι δραστηριοτήτων μπορεί να είναι για:

- Σωματική άσκηση, όπως παιχνίδια για ευημερία ή για την υγεία, καταπολέμηση της παιδικής παχυσαρκίας.
- Φυσιοθεραπευτική άσκηση, όπως αποκατάσταση ή για την ανίχνευση προβλημάτων υγείας.
- Ψυχική άσκηση, παιχνίδια για εκπαίδευση ή διαπροσωπική επικοινωνία.

3.4.2 Περιβάλλον παιχνιδιού

Αυτό το κριτήριο καθορίζει το περιβάλλον του ψηφιακού παιχνιδιού και μπορεί να είναι ένας συνδυασμός διαφόρων κριτηρίων.

- 2D / 3D: Το περιβάλλον του σοβαρού παιχνιδιού μπορεί να είναι είτε 2D (διδιάστατο) είτε 3D (τριδιάστατο) ή ένας συνδυασμός των δύο.
- Περιβάλλον εικονικής ή μικτής πραγματικότητας: η εικονική πραγματικότητα αναφέρεται σε έναν εντελώς συνθετικό κόσμο. Είναι ένα περιβάλλον που δημιουργείται από υπολογιστή, το οποίο μπορεί είτε να αντιπροσωπεύει τον πραγματικό κόσμο είτε να είναι καθαρά φανταστικό. Η εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιείται ευρέως σε σοβαρά παιχνίδια. Μια μικτή πραγματικότητα αναφέρεται σε ένα περιβάλλον που συνδυάζει πραγματικούς και ψηφιακούς κόσμους, επιτρέποντας σε αντικείμενα από κάθε κόσμο να αλληλεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο.
- Τοποθεσία: εξαρτάται από το αν το παιχνίδι επιτρέπει ή όχι τον προσδιορισμό της τρέχουσας θέσης του παίκτη.
- Διαδικτυακό: καθορίζει εάν το παιχνίδι εκτυλίσσεται μέσω ενός δικτύου υπολογιστών, συνήθως του Διαδικτύου.
- Κοινωνικό: εξαρτάται από το εάν το παιχνίδι είναι ατομικό ή με πολλούς παίκτες. Αυτό μπορεί να είναι ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη, έρευνες που διεξήχθησαν ειδικά για παιχνίδια άσκησης κατέληξαν στο

συμπέρασμα ότι τα παιχνίδια συνεργατικής άσκησης για πολλούς παίκτες είναι πιο ενθαρρυντικά και ελκυστικά από ό,τι τα παιχνίδια άσκησης ενός παίκτη.

3.4.3 Αλληλεπίδραση

Η αλληλεπίδραση στα παραδοσιακά παιχνίδια βασίζεται κυρίως σε ποντίκι και πληκτρολόγιο ή joysticks. Καθώς οι υπολογιστές μειώθηκαν σε μέγεθος και κόστος και αυξήθηκε η επεξεργαστική ισχύ τους, αναπτύχθηκαν νέες πλατφόρμες και αλληλεπιδράσεις. Η δυνατότητα δημιουργίας και αλληλεπίδρασης με τους εικονικούς κόσμους (Virtual Reality - VR) με τον ίδιο τρόπο που αλληλεπιδράμε με τα φυσικά αντικείμενα έχει παρακινήσει πολλούς ερευνητές να αναπτύξουν νέες τεχνολογίες. Κατά συνέπεια, αναπτύσσονται νέες τεχνολογίες που μπορούν να παρακολουθήσουν εγκεφαλικά κύματα, κίνηση των ματιών, κίνηση του σώματος κλπ.

Οι αισθητήρες κίνησης όπως το Microsoft Kinect ή το Nintendo Wii επιτρέπουν τη δημιουργία φυσικών διεπαφών. Μια φυσική διεπαφή δεν είναι μια διεπαφή που είναι φυσική εν γένει, αλλά κάνει τον χρήστη να αντιληφθεί ένα ερέθισμα και να χρησιμοποιήσει ένα χειριστήριο ως φυσικό μέσο. Δεν είναι χαρακτηριστικό ενός λογισμικού ή συσκευής να έχει μια φυσική διεπαφή αλλά ο χρήστης πρέπει να αλληλεπιδρά με φυσικό τρόπο μέσω της χρήσης αυτή της διασύνδεσης, δηλαδή χρησιμοποιώντας καθημερινές χειρονομίες και κινήσεις.

Τα βιντεοπαιχνίδια όπως το Wii Fit και το Kinect Sports έχουν ενσωματωθεί στη εργασία των φυσιοθεραπευτών. Ωστόσο, αυτά τα παιχνίδια δεν είναι κατασκευασμένα για θεραπεία ή αποκατάσταση και τα άτομα χρειάζονται προγράμματα φυσιοθεραπείας προσαρμοσμένα στις ανάγκες τους. Επίσης, αυτό το είδος παιχνιδιών θα πρέπει να έχει μεγαλύτερη ευελιξία ώστε να επιτρέπει την πιο εξατομικευμένη θεραπεία ανάλογα με την ικανότητα του ατόμου και για την αποφυγή τραυματισμών [17].

3.5 Αποκατάσταση

Η χρήση των σοβαρών παιχνιδιών για την αποκατάσταση της κίνησης έχει διερευνηθεί ευρέως και ορισμένες μελέτες εξετάζουν τη χρήση βιντεοπαιχνιδιών VR για την αποκατάσταση ασθενών με κινητικά προβλήματα. Η εκπαίδευση των ασθενών με χρήση VR φαίνεται να έχει μια σειρά πλεονεκτημάτων έναντι της συμβατικής φυσικής αποκατάστασης. Από μελέτες [18] που έγιναν για αποκατάσταση της κίνησης διαπιστώνεται ότι τα άτομα με αναπηρίες φαίνονται ικανά να αποκτήσουν κινητικές δεξιότητες εντός εικονικού περιβάλλοντος. Τα αποτελέσματα από την εξάσκηση κίνησης που πραγματοποιούνται στο εικονικό περιβάλλον μπορούν να μεταφερθούν στον πραγματικό κόσμο στις περισσότερες περιπτώσεις. Το VR έχει βρεθεί ωφέλιμο όσον αφορά τις κινητικές δεξιότητες σε

σύγκριση με την πραγματική φυσιοθεραπεία. Επιπλέον, δεν υπάρχουν αναφορές, αρνητικών συμπτωμάτων των συμμετεχόντων, σε διάφορες μελέτες.

Η εφαρμογή του VR στα πλαίσια αποκατάστασης των ασθενών προσφέρει ένα πιο ολοκληρωμένο, ευέλικτο και ασφαλέστερο περιβάλλον. Η φορητότητα της κονσόλας Wii αποτελεί ένα επιπλέον πλεονέκτημα στο ρόλο της ως πλατφόρμα αποκατάστασης, επιτρέποντας την πραγματοποίηση συνεδριών θεραπείας σε ένα ασφαλές και άνετο περιβάλλον. Μεταξύ αυτών των αισθητήρων και των πλατφόρμων παιχνιδιών, το Nintendo Wii και τα περιφερειακά του είναι αυτό που έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως, λόγω της δημοτικότητας του τίτλου του Wii Fit σε μελέτες αποκατάστασης.

Τέλος, διάφορες μελέτες [19] αναφέρουν ότι υπάρχει μια σύνδεση μεταξύ των παιχνιδιών και της απελευθέρωσης ντοπαμίνης, όπως συμβαίνει με κάθε είδους σωματική άσκηση. Επιπλέον, δείχνουν ότι εκτός από την απελευθέρωση της ντοπαμίνης, η σωματική δραστηριότητα δείχνει να βελτιώνει την ευημερία των ανθρώπων με PD στην καθημερινή ζωή, όπως η ανεξαρτησία και η λειτουργική κινητικότητα. Η χρήση των VR παιχνιδιών προωθεί το κίνητρο, ιδιαίτερα των ηλικιωμένων για συμμετοχή σε σωματικές δραστηριότητες και κοινωνική αλληλεπίδραση.

3.6 Παιχνίδια αποκατάστασης

3.6.1 Αποκατάσταση με χρήση του Nintendo Wii

Το Wii είναι κονσόλα βιντεοπαιχνιδιών έβδομης γενιάς που έχει δημιουργηθεί από τη Nintendo. Σε σύγκριση με άλλες κονσόλες όπως το PlayStation 3 και το Xbox 360, υστερεί σε γραφικά και άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά, διότι πρωταρχικός στόχος της είναι η ευκολία χειρισμού [20].

Ο χειρισμός γίνεται μέσω δύο τμημάτων: με το Remote, το οποίο μοιάζει με ένα απλό χειριστήριο και το Nunchuk, το οποίο είναι ένα κλασικό joystick. Αυτά τα δύο τμήματα συνδέονται με ένα καλώδιο μεταξύ τους. Το Wii Remote ενσωματώνει αισθητήρες κίνησης, οι οποίοι λαμβάνουν τις κινήσεις που κάνει ο παίκτης με τα χέρια του και μεταφέρονται στο παιχνίδι. Για παράδειγμα σε ένα παιχνίδι τένις, μπορείς να χρησιμοποιήσεις το Remote σαν ρακέτα. Άλλα παιχνίδια που προϋποθέτουν μεγαλύτερη ακρίβεια, χρειάζεται η χρήση του περιφερειακού Wii Motion Plus, τοποθετείται στο πίσω μέρος του Wii Remote και προσφέρει 1:1 κίνηση.

Το Nintendo Wii βάση μελέτης [21] έχει αποδειχθεί ως ένα βιντεοπαιχνίδι που βοηθά τους ασθενείς με PD να βελτιώσουν τις κινητικές τους ικανότητες. Οι ηλικιωμένοι μπορούν με αυτόν τον τρόπο να αντιμετωπίζουν τα συμπτώματα του PD και παράλληλα να διασκεδάζουν. Η κονσόλα Nintendo Wii βοηθά τους ασθενείς να βελτιώσουν το συντονισμό, τα αντανακλαστικά και άλλες κινητικές δεξιότητες.

Σε μια μελέτη όπου συμμετείχαν 20 ασθενείς για 45 έως 60 λεπτά, τρεις φορές την εβδομάδα, οι συμμετέχοντες έπαιζαν παιχνίδια πυγμαχίας, τένις και μπόουλινγκ στο Wii. Αυτά τα παιχνίδια επελέγησαν επειδή απαιτούσαν διμερείς κινήσεις, πρόκληση ισορροπίας, εμπλέκονταν σε γρήγορο ρυθμό και προκαλούσαν κάποια άσκηση.

Το κύριο ζητούμενο δεν ήταν ο αριθμός των παιχνιδιών που κέρδισαν, αλλά τα οφέλη σε κίνηση, ευελιξία, στις πιο πολύπλοκες κινητικές δεξιότητες και στα επίπεδα ενέργειας των ασθενών κατά την διάρκεια του παιχνιδιού. Αρχικά, κατά τη διάρκεια της μελέτης, οι συμμετέχοντες ολοκλήρωναν τη δραστηριότητα μέσα σε 20 με 30 λεπτά χρησιμοποιώντας και τις δύο πλευρές του σώματος, αν και δεν είχαν ακόμη σημαντικές διαταραχές στο βάδισμα. Στο μέσο της περιόδου αυτής της μελέτης, αρκετοί από τους συμμετέχοντες μπορούσαν ήδη να κερδίσουν το παιχνίδι πυγμαχίας στον πρώτο γύρο. Ο στόχος της μελέτης ήταν η διαδικασία να διαρκέσει 45 έως 60 λεπτά, έτσι οι ασθενείς είχαν τη δυνατότητα να συνεχίσουν να παίζουν οποιοδήποτε παιχνίδι της επιλογής τους και έδειξαν ιδιαίτερη προτίμηση στο μπόουλινγκ και στο τένις, όπως φαίνεται στις Εικόνα 4 και Εικόνα 5.



Εικόνα 4: Μπόουλινγκ.



Εικόνα 5: Τένις.

Το σημαντικό είναι ότι τα επίπεδα κατάθλιψης στους περισσότερους συμμετέχοντες μειώθηκαν στο μηδέν. Η κατάθλιψη επηρεάζει τουλάχιστον το 45% των ασθενών με PD.

Σύμφωνα με τον Dr. Herz, υπάρχουν πολλά άλλα παιχνίδια που θα μπορούσαν να ωφελήσουν κάποιον με PD, τα παιχνίδια αυτά αυξάνουν το καρδιαγγειακό ρυθμό και την άσκηση, όπως ο προσωπικός γυμναστής, ενώ επίσης πιστεύει ότι τα συστήματα παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας είναι το μέλλον της αποκατάστασης.

Οι περισσότεροι ασθενείς που διαγιγνώσκονται με PD, το επίπεδο ντοπαμίνης τους, που είναι ένας σημαντικός νευροδιαβιβαστής, έχει ήδη μειωθεί κατά 70 έως 80 τοις εκατό. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η άσκηση και τα βιντεοπαιχνίδια προκαλούν αύξηση της παραγωγής ντοπαμίνης, επομένως ο συνδυασμός αυτός άσκησης και παιχνιδιού «λειτουργεί καλά» στον πληθυσμό των ασθενών. Εκτός αυτού, υπάρχει μεγαλύτερο κίνητρο για τους ασθενείς να βελτιώσουν τις ικανότητές τους, σε ένα παιχνίδι που θέλουν να κερδίσουν.

Στη συνέχεια της μελέτης, μετά από ένα μήνα μη άσκησης του παιχνιδιού, στους 18 από τους 20 ασθενείς διαπιστώθηκε κάμψη στις κινητικές τους ικανότητες. Από την άλλη πλευρά, ένας από τους ασθενείς που αγόρασε ένα Wii για χρήση στο σπίτι βίωσε κάποιο πόνο χρησιμοποιώντας το Wii για τρεις ώρες συνεχόμενα, ενώ η

ρουτίνα του έλεγε μόνο για 45 έως 60 λεπτά χρόνο αναπαραγωγής τρεις φορές την εβδομάδα.

Το Wii και τα αντίστοιχα παιχνίδια αυτού του είδους μπορεί να είναι ο επόμενος οικονομικά αποδοτικός τρόπος να βοηθηθούν οι θεραπευτές και άλλοι στον ιατρικό τομέα για να υποστηρίξουν τα άτομα αυτά να ανακτήσουν την ανεξαρτησία τους.

3.6.2 Microsoft Kinect

Το Kinect είναι μια συσκευή εισόδου που ανιχνεύει κίνηση [22], το παρήγαγε η Microsoft για τις κονσόλες παιχνιδιών Xbox 360, Xbox One και για τους υπολογιστές Windows. Ουσιαστικά είναι ένας αισθητήρας κίνησης που μπορεί να μετρήσει την τρισδιάστατη κίνηση ενός ατόμου, το λογισμικό του σκελετικού εντοπισμού παρέχει αντίληψη για τη θέση 20 ανατομικών σημείων αναφοράς. Είναι βασισμένο σε ένα πρόσθετο περιφερειακό τύπου webcam, επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν και να αλληλεπιδρούν με την κονσόλα / υπολογιστή τους χωρίς την ανάγκη για ελεγκτή αλλά μέσω μιας φυσικής διεπαφής με τον χρήστη (user interface) να χρησιμοποιεί χειρονομίες και φωνητικές εντολές.

Μια εφαρμογή της συσκευή Kinect [23] δημοσιευμένη στο Journal of Disability and Rehabilitation: Assistive Technology από τους Dr Konstantinos Banitsas and PhD candidate Amin Amini Maghsoud Bigy παρέχει ένα σύστημα παρακολούθησης και ανίχνευσης "του παγώματος" της βόδισης (Freezing of gait - FOG) που βοηθά τα άτομα με PD ώστε να ξεπεράσουν τα κινητικά τους προβλήματα. Όταν παρατηρείται κάποιο περιστατικό FOG, ένα λέιζερ τοποθετεί οπτικά σημάδια στο πάτωμα σύμφωνα με την τοποθεσία των ασθενών, Εικόνα 6, βοηθώντας τους στην απελευθέρωση του βαδίσματος, μείωσης των συχνών πτώσεων και βελτίωσης της κίνησης και ανεξαρτησίας τους, όπως φαίνεται την εικόνα. Το σύστημα αυτό είχε σαν μελλοντικό σκοπό την τοποθέτηση του στα σπίτια των ασθενών.



Εικόνα 6: FOG.

4. Απαιτήσεις συστήματος

Η ανάλυση απαιτήσεων αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι για την ορθή ανάπτυξη ενός συστήματος. Οι απαιτήσεις περιγράφουν τη συμπεριφορά ενός συστήματος για κάθε χρήση, υπό οποιεσδήποτε συνθήκες λειτουργίας και περιγράφουν αναλυτικά τις απαιτήσεις που έχει ο σχεδιαστής από το προς υλοποίηση σύστημα. Συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις περιγράφουν τις δραστηριότητες του συστήματος και την κατάσταση της κάθε οντότητας του συστήματος πριν και μετά την εμφάνιση της δραστηριότητας. Λαμβάνονται επίσης υπόψη οι απαιτήσεις για εξατομικευμένα χαρακτηριστικά του χρήστη, καθώς και οι λειτουργίες/διεργασίες που έχουν σχέση με το χρήστη. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, διευκρινίζεται πως δεν πραγματοποιήθηκαν εξατομικευμένες εργασίες για αναγνώριση χρήστη ή αυθεντικοποίησή του. Γενικά, η ανάλυση των απαιτήσεων στοχεύει στην κατανόηση των αναγκών των χρηστών και τις εργασίες που εκτελούν ώστε η διεπαφή, το λογισμικό και το υλικό που θα αναπτυχθούν από το σχεδιαστή και τον προγραμματιστή (μηχανικό) να τις ικανοποιεί.

4.1 Αξιολόγηση ποιότητας

Ένα μεγάλο πρόβλημα της εξασφάλισης ποιότητας λογισμικού είναι η έλλειψη αυστηρά καθορισμένων μετρήσιμων στόχων και διαδικασιών μέτρησης. Ενώ για παράδειγμα είναι εφικτό και κατανοητό να μετρήσουμε το ύψος, το πλάτος και το μήκος ενός τετραγώνου δε μπορούμε να κάνουμε το ίδιο σε ένα προϊόν λογισμικού.

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η έννοια της ποιότητας λογισμικού είναι αρκετά αφηρημένη ως οντότητα για να κατανοηθεί και να μπορούν να τεθούν μετρήσιμοι στόχοι, οπότε δημιουργήθηκε η ανάγκη να επιμεριστεί η έννοια της ποιότητας σε χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά που αντικατοπτρίζουν την ποιότητα ενός προϊόντος ονομάζονται ποιοτικά χαρακτηριστικά και το καθένα από αυτά είναι μέρος του συνόλου της ποιότητας. Για να κατανοηθεί η έννοια της ποιότητας και να μπορέσουν να τη μετρήσουν με κάποιο πιο συγκεκριμένο τρόπο πολλοί ερευνητές δημιούργησαν μοντέλα ώστε να συσχετίσουν μεταξύ τους τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και να βγάλουν μετρήσιμα συμπεράσματα.

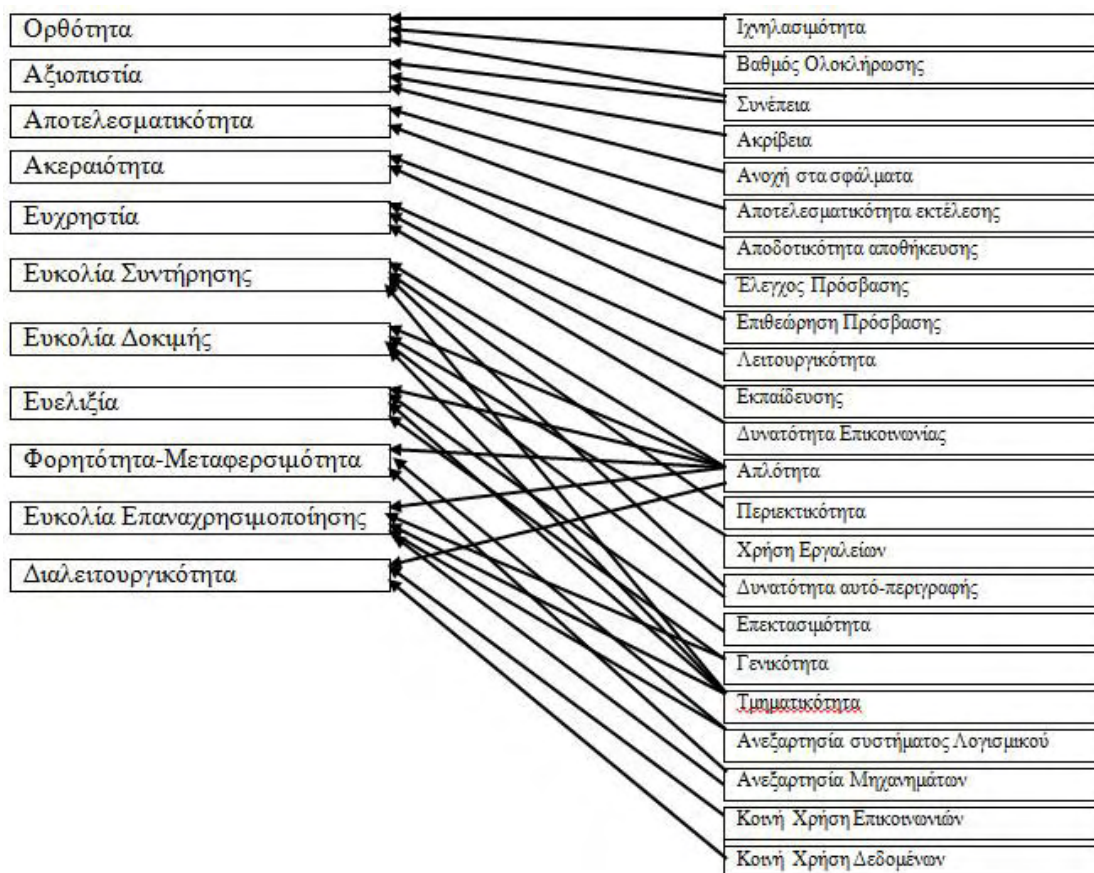
Οι χρήστες θεωρούν ένα λογισμικό καλό (χρήσιμο) αν μπορούν να το χειριστούν εύκολα και υλοποιεί αυτό που θέλουν γρήγορα. Οι χρήστες στην ουσία αξιολογούν ένα λογισμικό με βάση τη συχνότητα και το είδος των αστοχιών του. Δηλαδή αν οι αστοχίες του λογισμικού είναι μικρότερης ή μεγαλύτερης σημασίας ή ακόμα και καταστροφικές. Επομένως οι χρήστες απαιτούν από το λογισμικό να είναι εύχρηστο, να παρέχει πλήθος λειτουργιών και δυνατοτήτων, να υλοποιείται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα και να έχει πολύ χαμηλό κόστος.

Επίσης ένα λογισμικό αξιολογείται και από αυτούς που το σχεδιάζουν και το αναπτύσσουν αλλά και από αυτούς που συντηρούν το πρόγραμμα μετά την ολοκλήρωσή του. Αυτοί σε αντίθεση με τους χρήστες ενδιαφέρονται για το πλήθος και τα είδη των ελαττωμάτων ώστε με την ύπαρξη ή όχι αυτών των ελαττωμάτων να αποδεικνύουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος ή την έλλειψη ποιότητάς του.

Κάθε κατασκευαστής προσπαθεί συνεχώς να εξασφαλίζει την ποιότητα των προϊόντων που παράγει. Με το ίδιο σκεπτικό και ένας τεχνολόγος λογισμικού πρέπει όταν δημιουργεί ένα λογισμικό να εξασφαλίζει στον πελάτη του – χρήστη κάποιο ικανοποιητικό βαθμό ποιότητας αλλά και χρηστικότητα. Πρέπει να ακολουθεί μια στρατηγική σχεδιασμού και ανάπτυξης λογισμικού ώστε να καταλήγει στο καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα ενός λογισμικού, δηλαδή σε ένα «καλό λογισμικό», ποιοτικό λογισμικό που βέβαια η ποιότητα εξαρτάται από την οπτική γωνία που τη βλέπει ο κάθε άνθρωπος.

Η κρίση του λογισμικού έκανε επιτακτική την ανάγκη του λόγου ύπαρξης μέτρησης της ποιότητας ενός προϊόντος ώστε να μπορούμε να συγκρίνουμε τα προϊόντα μεταξύ τους. Γι' αυτό τον λόγο δημιουργούμε μοντέλα που συσχετίζουν την άποψη του χρήστη (εξωτερική άποψη) με την άποψη του δημιουργού του λογισμικού (εσωτερική άποψη). Τα μοντέλα ποιότητας διασπούν την ποιότητα σε επιμέρους παράγοντες που έχουν μετρικές ώστε να μπορεί κάποιος εύκολα να τη μετρήσει. Ένα από τα σημαντικότερα μοντέλα ποιότητας είναι το μοντέλο ποιότητας McCall, Εικόνα 8.

Ένα μοντέλο ποιότητας δημιουργήθηκε από τον McCall και τους συνεργάτες του με στόχο να φανούν οι σχέσεις των εξωτερικών παραγόντων ποιότητας (αριστερή στήλη), με τα κριτήρια ποιότητας του προϊόντος (δεξιά στήλη). Ο McCall συσχέτισε κάθε κριτήριο της δεξιάς στήλης με μια μέτρηση προκειμένου να δείξει το βαθμό στον οποίο ικανοποιείται κάθε επιμέρους στοιχείο ποιότητας.



Εικόνα 7: Το μοντέλο αξιολόγησης ποιότητας του McCall

Το μοντέλο αυτό εστιάζει στο τελικό προϊόν (εκτελέσιμο κώδικα) και αναγνωρίζει βασικά γνωρίσματα που ονομάζονται παράγοντες ποιότητας από την πλευρά του χρήστη και περιγράφουν τη συμπεριφορά του συστήματος. Οι παράγοντες ποιότητας που προτείνει ο McCall είναι οι εξής έντεκα:

- **Ορθότητα:** Η έκταση που ένα πρόγραμμα ικανοποιεί τις προδιαγραφές και εκπληρώνει τους στόχους του πελάτη.
- **Αξιοπιστία:** Η έκταση στην οποία ένα πρόγραμμα αναμένεται να εκτελεί τις επιδιωκόμενες λειτουργίες με την απαιτούμενη ακρίβεια.
- **Αποτελεσματικότητα:** Το σύνολο των πόρων του υπολογιστή και του κώδικα που απαιτείται, ώστε το πρόγραμμα να εκτελεί τις λειτουργίες του.
- **Ακεραιότητα:** Η έκταση στην οποία η προσπέλαση στο λογισμικό ή τα δεδομένα από μη εξουσιοδοτημένα πρόσωπα μπορεί να ελεγχθεί.
- **Ευχρηστία:** Η προσπάθεια που απαιτείται για την εκμάθηση, το χειρισμό, την προετοιμασία εισαγωγής δεδομένων και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων από ένα πρόγραμμα.
- **Ευκολία Συντήρησης:** Η προσπάθεια που απαιτείται για τον εντοπισμό και την επιδιόρθωση ενός σφάλματος σε ένα πρόγραμμα

- **Ευκολία Δοκιμής:** Η προσπάθεια που απαιτείται για τον έλεγχο ενός προγράμματος, ώστε να εξασφαλιστεί ότι αυτό εκτελεί τις επιδιωκόμενες λειτουργίες.
- **Ευελιξία:** Η προσπάθεια που απαιτείται για την τροποποίηση ενός προγράμματος.
- **Φορητότητα – Μεταφερσιμότητα:** Η προσπάθεια που απαιτείται για να μεταφερθεί το πρόγραμμα από ένα υλικό (hardware) και/ή από ένα λογισμικό περιβάλλον σε ένα άλλο.
- **Ευκολία Επαναχρησιμοποίησης:** Η έκταση στην οποία ένα πρόγραμμα (ή τμήμα του προγράμματος) μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές.
- **Διαλειτουργικότητα:** Η προσπάθεια που απαιτείται για να συνδεθεί ένα σύστημα σε ένα άλλο.

Οι παράγοντες αυτοί δεν μπορούν να μετρηθούν απευθείας διότι βρίσκονται σε υψηλό επίπεδο αφάιρησης. Γι' αυτό διακρίνονται σε επιμέρους κριτήρια ποιότητας (δεξιά στήλη) τα οποία σχετίζονται περισσότερο με τη δημιουργία ενός λογισμικού και μπορούν να μετρηθούν ευκολότερα ώστε να έχουμε ένα πιο ποιοτικό λογισμικό.

4.2 Εξαγωγή Απαιτήσεων

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ο στόχος είναι να αναπτυχθεί ένα σύστημα το οποίο λειτουργεί ως μέσο διάδρασης ατόμων με προβλήματα κίνησης λόγω νευρολογικών αιτιών, και ενός σοβαρού παιχνιδιού, προκειμένου να βελτιώσουν τις αντιδράσεις τους.

Η διπλωματική εργασία, ουσιαστικά αναφέρεται στην ανάπτυξη ενός χειριστηρίου για την αίσθηση, αναγνώριση και μετατροπή της κίνησης σε εντολές προς ένα εικονικό ήρωα/avatar εντός ενός παιχνιδιού. Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχει περιορισμός, π.χ. ηλικίας, βάρους, κ.ο.κ., η εφαρμογή στοχεύει για χρήση από ασθενείς του τρίτου σταδίου, ώστε να είναι εύκολη η χρήση από εκείνους αλλά και η πρόοδος λόγω της χρήσης να είναι αναγνωρίσιμη και αξιοποιήσιμη.

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.

4.3 Λειτουργικές απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις περιγράφουν τη συμπεριφορά ενός συστήματος. Εκφράζουν τις καταστάσεις του συστήματος και των αντικειμένων και τις μεταβάσεις από τη μία κατάσταση στην άλλη. Μια λειτουργική απαίτηση (functional requirement) περιγράφει μια αλληλεπίδραση ανάμεσα στο σύστημα και το περιβάλλον του. Για να

προσδιορίσουμε τις λειτουργικές απαιτήσεις, εξετάζουμε και αποφασίζουμε τις καταστάσεις που είναι αποδεκτές σε ένα σύστημα. Επιπλέον, οι λειτουργικές απαιτήσεις περιγράφουν τον τρόπο συμπεριφοράς του συστήματος όταν αυτό δέχεται συγκεκριμένα ερεθίσματα.

Οι τύποι των λειτουργικών απαιτήσεων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Τις απαιτήσεις χρήστη όπου ο κατασκευαστής παρέχει στους χρήστες-πελάτες πληροφορίες μέσω φυσικής γλώσσας, πινάκων και διαγραμμάτων για το σύστημα, τις λειτουργίες και τους περιορισμούς του.
2. Και τις απαιτήσεις συστήματος, όπου ο κατασκευαστής καθορίζει με ακρίβεια τη κάθε λεπτομέρεια για το σύστημα, τις λειτουργίες και τους περιορισμούς του και περιγράφει τη σύμβασή του με τον πελάτη ώστε να είναι κατοχυρωμένος.

Κωδικός	Περιγραφή
ΛΑ01	Αυτόματη αναγνώριση από τον υπολογιστή ως χειριστήριο
ΛΑ02	Σύνδεση σε μια από τις διαδεδομένες θύρες ενός υπολογιστή, USB
ΛΑ03	Έναρξη χρήσης με πίεση κουμπιού, ώστε να καθορίζεται η χρονική στιγμή χρήσης
ΛΑ04	Υλοποίηση σε μικρή πλακέτα μικροπεξεργαστή για τον έλεγχο όλων των αισθητήρων από μία μονάδα
ΛΑ05	Αρτικοποίηση των αξόνων του γυροσκοπίου, ώστε να προσαρμόζονται οι μετρήσεις των αισθητήρων στο μορφότυπο του σώματος του χρήστη, με επιλογή από κουμπί
ΛΑ06	Μετατροπή μετρήσεων αισθητήρα σε διακριτές κινήσεις
ΛΑ07	Αντιστοίχιση των αναγνωρισμένων κινήσεων σε πίεση χαρακτήρων πληκτρολογίου
ΛΑ08	Μέτρηση κλίσης από τους αισθητήρες
ΛΑ09	Καθορισμός χρονικού ορίου για την ενεργοποίηση των καθυστερήσεων (delays) στην ανάγνωση αισθητήρων και στην ενεργοποίηση χαρακτήρων στο πληκτρολόγιο
ΛΑ10	Οπτική ενημέρωση κατάστασης

4.4 Μη λειτουργικές απαιτήσεις

Μη λειτουργική απαίτηση είναι η απαίτηση που θέτει περιορισμούς στο σύστημα και καθορίζει συγκεκριμένες ιδιότητες. Δηλαδή περιγράφει μια προδιαγραφή του συστήματος που περιορίζει τις επιλογές μας για την κατασκευή μιας λύσης στο πρόβλημα. Αυτοί οι περιορισμοί μειώνουν τις επιλογές μας συνήθως όσον αφορά τη γλώσσα προγραμματισμού, τη πλατφόρμα (αναπαράσταση συστήματος) ή τις τεχνικές, τα εργαλεία υλοποίησης και τις δυνατότητες των συσκευών εισόδου-

εξόδου. Η επιλογή αυτή γίνεται στο στάδιο της σχεδίασης, μετά τη προδιαγραφή των απαιτήσεων.

Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Απαιτήσεις προϊόντος που είναι οι απαιτήσεις που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα του τελικού προϊόντος, την χρησιμότητά του, την αξιοπιστία του, την αποδοτικότητα του, την φορητότητα του, την ταχύτητα επεξεργασίας των δεδομένων του, τις απαιτήσεις σε αποθηκευτικό χώρο κ.ά.
2. Εταιρικές απαιτήσεις όπου καθορίζονται οι απαιτήσεις από την πολιτική της κάθε εταιρίας λογισμικού για τις διαδικασίες που ακολουθούνται, τα πρότυπα που χρησιμοποιούν, τις απαιτήσεις υλοποίησης, τις απαιτήσεις παράδοσης κ.ά.
3. Απαιτήσεις από εξωτερικούς παράγοντες όπου είναι οι απαιτήσεις που προέρχονται από εξωγενείς παράγοντες και επηρεάζουν το σύστημα, την ανάπτυξή του και τη σωστή λειτουργία του (διαλειτουργικότητα).

Κωδικός	Περιγραφή
ΜΛ01	Συμβατότητα του χειριστηρίου με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα
ΜΛ02	Προσομοίωση χειριστηρίου ως universal keyboard
ΜΛ03	Χρόνος απόκρισης σε λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο
ΜΛ04	Οπτική αναπαράσταση της κίνησης μέσω του κατάλληλου περιβάλλοντος παιχνιδιού
ΜΛ05	Χρήση μικροεπεξεργαστή χαμηλού κόστους για την υλοποίηση
ΜΛ06	Μικρό μέγεθος υλοποίησης για προσάρτηση σε ζώνη στήθους
ΜΛ07	Επιλογή ζώνης που διευκολύνει τις κινήσεις
ΜΛ08	Δυνατότητα χρήσης σε περιορισμένο χώρο, π.χ. εντός οικιακού περιβάλλοντος
ΜΛ09	Ηλεκτρική παροχή από τη θύρα επικοινωνίας με τον υπολογιστή
ΜΛ10	Εύκολη σύνδεση αισθητήρων (γυροσκόπια) στη συσκευή
ΜΛ11	Να μην χρειάζεται κάποια εξειδικευμένη εκπαίδευση από τον χρήστη
ΜΛ12	Μια ανυψωμένη βάση για την εκπαίδευση του ασθενούς
ΜΛ13	Μεγάλη επιφάνεια προβολής για συγκέντρωση του χρήστη στο παιχνίδι, π.χ. με χρήση projector ή μεγάλης οθόνης (>50")

5. Σχεδίαση συστήματος

5.1 Υλικό

Για την λειτουργικότητα του συστήματος μας θα χρειαστούμε τα εξής:

- Μια ανυψωμένη βάση για την εκπαίδευση του ασθενούς
- Ένα projector
- Πίνακας προβολής
- Το ολοκληρωμένο Arduino
- Δυο αισθητήρες κίνησης
- Έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου θα εκτελείται η διεργασία
- Τα αντίστοιχα καλώδια-διαύλους επικοινωνίας των συσκευών

5.2 Τοποθέτηση

Αρχικά τοποθετούμε την βάση σε σταθερό έδαφος όπου πάνω σε αυτή θα εξασκείται ο ασθενής, η βάση θα πρέπει κι αυτή σταθερή, καλά τοποθετημένη με αντιολισθητική επιφάνεια ώστε να αποφευχθούν τυχόν ατυχήματα και πτώσεις. Στην μπροστινή μεριά της βάσης είναι τοποθετημένος ο πίνακας προβολής στον οποίο θα προβάλλει ο projector. Η απόσταση του πίνακα προβολής από την βάση θα πρέπει να είναι η κατάλληλη έτσι ώστε ο ασθενής να έχει όσο το δυνατόν καλύτερη οπτική επαφή με την εικόνα. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής/laptop θα πρέπει να βρίσκεται σε κάποιο σημείο κοντά στην βάση για την εύκολη σύνδεση του με τον projector αλλά και ταυτόχρονα με το ολοκληρωμένο Arduino, Εικόνα 8. Το Arduino θα βρίσκεται μόνιμα τοποθετημένο πάνω στο σώμα του ασθενούς όσο θα εκτελείται η διεργασία.



Εικόνα 8: Προτεινόμενο σύστημα.

5.3 Εφαρμογή Arduino στο χρήστη

Το Arduino εφαρμόζει πάνω στο σώμα του χρήστη στο ύψος του στήθους με χρήση ειδικής ζώνης. Στο ολοκληρωμένο Arduino είναι συνδεδεμένοι 2 αισθητήρες υπολογισμού/αντίληψης κίνησης και κλίσης (GY-52 MPU-6050 3-Axis Gyroscope Accelerometer). Ο ένας (Gyro-1 MPU 6050) είναι απευθείας κουμπωμένος στο ολοκληρωμένο, ενώ ο δεύτερος (Gyro-2 MPU-6050) βρίσκεται στο άκρο του χεριού του χρήστη, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, Εικόνα 10.



Εικόνα 9: Σημεία τοποθέτησης Gyro MPU πάνω στον χρήστη.

5.4 Κίνηση χρήστη

Οι ενέργειες που απαιτούνται από τον χρήστη για την καλή και ομαλή λειτουργία του συστήματος είναι απλές καθημερινές κινήσεις, έτσι ώστε ο κάθε χρήστης-ασθενής να μπορεί να συμμετάσχει στην εκπαίδευση.

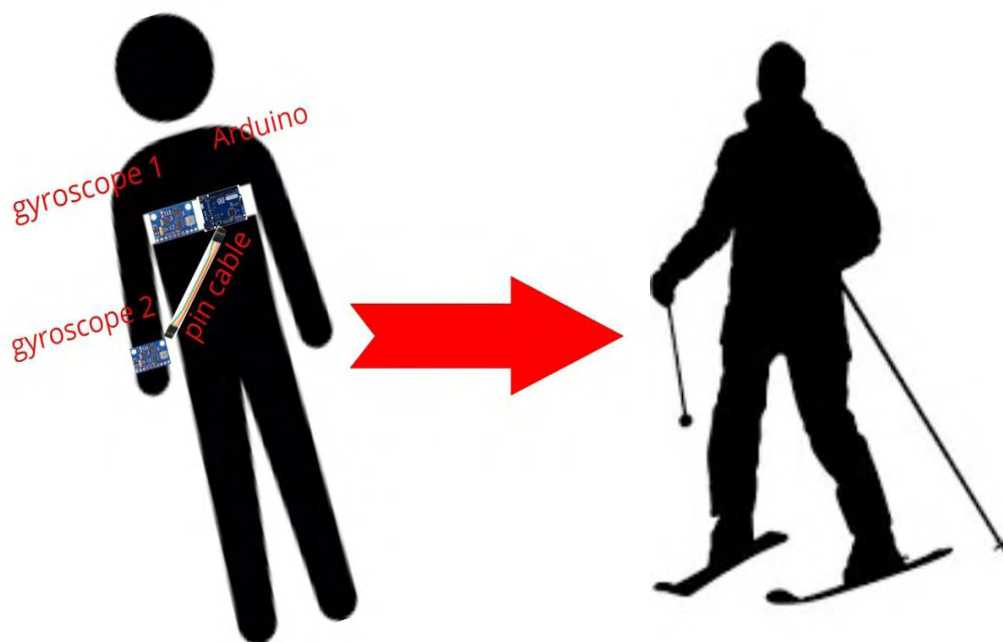
5.4.1 System calibration

Λόγω του ότι ο κάθε χρήστης είναι διαφορετικός, δηλαδή ο όγκος και η κλίση του σώματος διαφέρουν από χρήστη σε χρήστη. Το σύστημα έχει την δυνατότητα της αρχικοποίησης των τιμών του ανάλογα με την κλίση του σώματος, πατώντας ένα κουμπί, όταν ο χρήστης είναι στη θέση εκκίνησης του παιχνιδιού.

5.4.2 Κίνηση χρήστη μέσω του αισθητήρα Gyro-1 MPU 6050

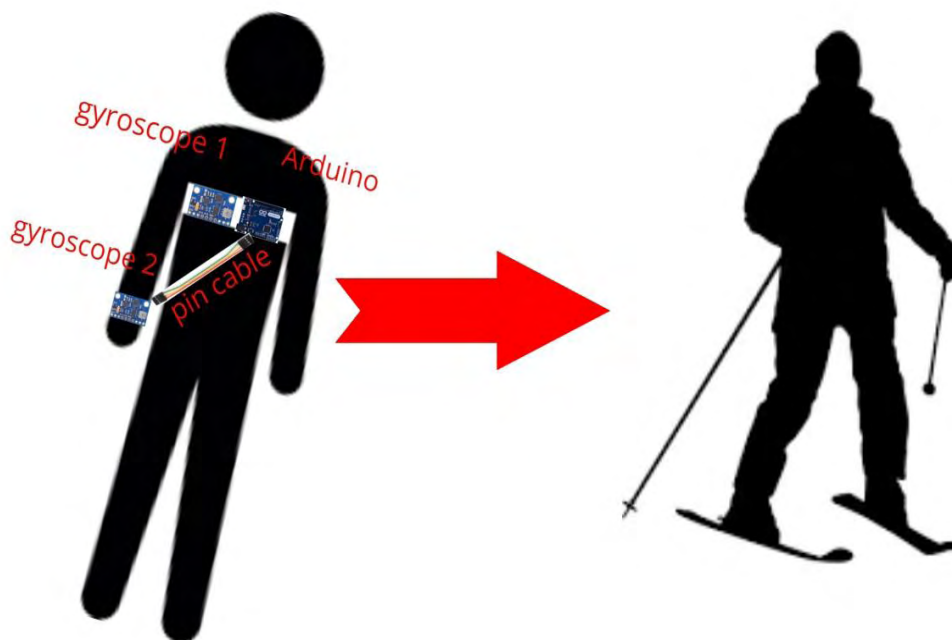
Από την στιγμή που ο χρήστης αλληλοεπιδρά με το παιχνίδι, ο αισθητήρας Gyro-1 του επιτρέπει να εκτελεί τις εξής κινήσεις.

1. Κλίση του σώματος προς τα δεξιά, με αυτή την ενέργεια ο χρήστης κινεί το σώμα του προς τα δεξιά και παράλληλα μεταφέρεται η αντίστοιχη εντολή κίνησης στον σκιέρ, Εικόνα 10.



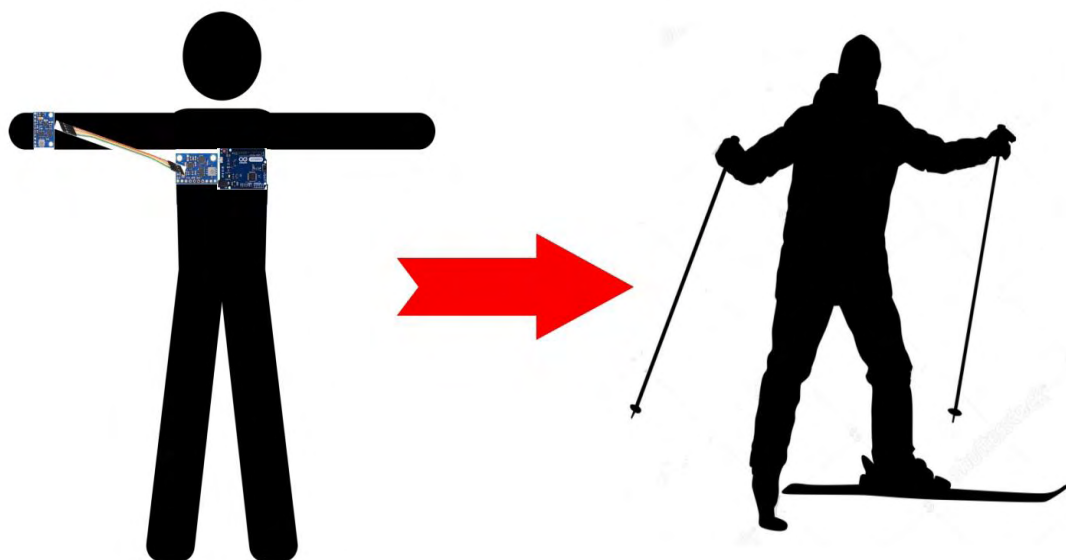
Εικόνα 10: Κίνηση δεξιά.

2. Κλίση του σώματος προς τα αριστερά, είναι αντίστοιχη με την παραπάνω με την μόνη διαφορά ότι αλλάζει η φορά, Εικόνα 11.



Εικόνα 11: Κίνηση αριστερά.

3. Όρθια στάση και ελαφρά κλίση προς τα πίσω, στην συγκεκριμένη στάση σώματος ο σκιέρ επιβραδύνει με τελικό αποτέλεσμα να σταματά την κίνηση, Εικόνα 12.



Εικόνα 12: Επιβράδυνση.

5.4.3 Κίνηση χρήστη μέσω του αισθητήρα Gyro-2 MPU-6050

Ο αισθητήρας Gyro-2 ενεργοποιείται με την κίνηση του χεριού, όπως η κίνηση των χεριών του σκιέρ. Αυτή η ενέργεια δίνει ώθηση στον σκιέρ να ξεκινήσει αν είναι σταματημένος ή να επιταχύνει στην περίπτωση που κινείται. Εικόνα 13.



Εικόνα 13: Κίνηση χεριών για επιτάχυνση.

6. Υλοποίηση συστήματος

6.1 Γενικά για το Arduino

Το κύριο μοντέλο του συστήματος μας είναι το Arduino. Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανάπτυξης βασισμένη σε μια μητρική πλακέτα ενιαίου σώματος, για ανάπτυξη εφαρμογών ελέγχου εισόδου/εξόδου [24]. Ο μικροελεγκτής συνδέεται στον υπολογιστή με καλώδιο και μέσω του προγράμματος Processing, χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού Wiring (C++) και το λογισμικό Arduino (IDE). Οι πλατφόρμες Arduino δέχονται σαν είσοδο π.χ. δεδομένα από αισθητήρες, μηνύματα μέσω του διαδικτύου κ.α. και έχουν σαν έξοδο την ενεργοποίηση ενός κινητήρα/μηχανισμού, την μεταφορά δεδομένων/εντολών στον υπολογιστή και την δημοσίευση στο διαδίκτυο.

Το Arduino δημιουργήθηκε στο Ivrea Interaction Design Institute της Ιταλίας ως ένα εύχρηστο εργαλείο για γρήγορη δημιουργία πρωτοτύπων, απευθύνεται κυρίως σε φοιτητές χωρίς ιδιαίτερη γνώση ηλεκτρονικών και προγραμματισμού [25]. Χρησιμοποιείται κατά κόρον σε καθημερινής φύσης εργασίες έως και σύνθετες επιστημονικές εφαρμογές. Οι κοινότητες φοιτητών, προγραμματιστών και επαγγελματιών εργάζονται πάνω σε πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα, με αποτέλεσμα όλος αυτός ο όγκος πληροφορίας και γνώσης να είναι εύκολα διαθέσιμος σε αρχάριους και περισσότερο ειδικούς χρήστες. Λόγω της αύξησης της κοινότητας χρηστών, η πλατφόρμα Arduino προσαρμόστηκε στις νέες ανάγκες και προκλήσεις, διαφοροποιώντας την 8-bit κονσόλα για υποστήριξη εφαρμογών IoT (Internet of Things), 3D εκτυπώσεων και ενσωματωμένου περιβάλλοντος. Πλέον όλες οι πλατφόρμες Arduino και το λογισμικό τους είναι πλήρως ανοιχτού κώδικα, επιτρέποντας στους χρήστες να τις προσαρμόζουν στις ιδιαίτερες ανάγκες τους, με αποτέλεσμα την αύξηση των χρηστών παγκοσμίως.

6.2 Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα του Arduino σε σχέση με άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτών είναι:

- **Κόστος**, η πλατφόρμα Arduino είναι σχετικά φθηνή σε σύγκριση με άλλες. Η λιγότερο δαπανηρή έκδοση του module Arduino μπορεί να συναρμολογηθεί με το χέρι από τον χρήστη του, ακόμη όμως και οι προ-συναρμολογημένες μονάδες Arduino κοστίζουν λιγότερο από 50 ευρώ.
- **Cross-platform**, το λογισμικό του Arduino (IDE) λειτουργεί στα λειτουργικά συστήματα Windows, Macintosh OSX και Linux, ενώ τα περισσότερα συστήματα μικροελεγκτών περιορίζονται μόνο στα Windows.

- **Απλό περιβάλλον προγραμματισμού**, το λογισμικό Arduino (IDE) είναι εύκολο στη χρήση για τους αρχάριους και τους εκπαιδευτικούς, επίσης είναι αρκετά εύελικτο για χρήστες με περισσότερες απαιτήσεις και δυνατότητες.
- **Λογισμικό ανοιχτού κώδικα**, το λογισμικό του Arduino δημοσιεύεται ως εργαλείο ανοικτού κώδικα, διαθέσιμο για επέκταση από έμπειρους προγραμματιστές. Η γλώσσα μπορεί να επεκταθεί μέσω των βιβλιοθηκών C++.
- **Υλικό επεκτάσιμο και ανοιχτού κώδικα**, οι έμπειροι χρήστες/σχεδιαστές κυκλωμάτων μπορούν να δημιουργήσουν τη δική τους έκδοση, να την επεκτείνουν και να την βελτιώσουν. Ακόμη και σχετικά άπειροι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν την απλή έκδοση της μονάδας για να καταλάβουν πώς λειτουργεί και να εξοικονομήσουν χρήματα.

6.3 Arduino Leonardo

Το Leonardo είναι η καταλληλότερη πλατφόρμα μικροελεγκτή Arduino για την κατασκευή του προτεινόμενου συστήματος διότι βασίζεται στο ATmega32u4 [26]. Έχει 20 ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου (από τις οποίες οι 7 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι PWM και 12 ως αναλογικές είσοδοι), έναν ταλαντωτή κρυστάλλου 16 MHz, μια σύνδεση micro USB, μια υποδοχή τροφοδοσίας, μια κεφαλίδα ICSP και ένα κουμπί επαναφοράς. Το Leonardo διαφέρει από άλλες πλατφόρμες, καθώς το ATmega32u4 έχει ενσωματωμένη επικοινωνία USB, εξαλείφοντας την ανάγκη για δευτερεύοντα επεξεργαστή, αυτό επιτρέπει στο Leonardo να λειτουργεί σε έναν συνδεδεμένο υπολογιστή ως ποντίκι και πληκτρολόγιο.

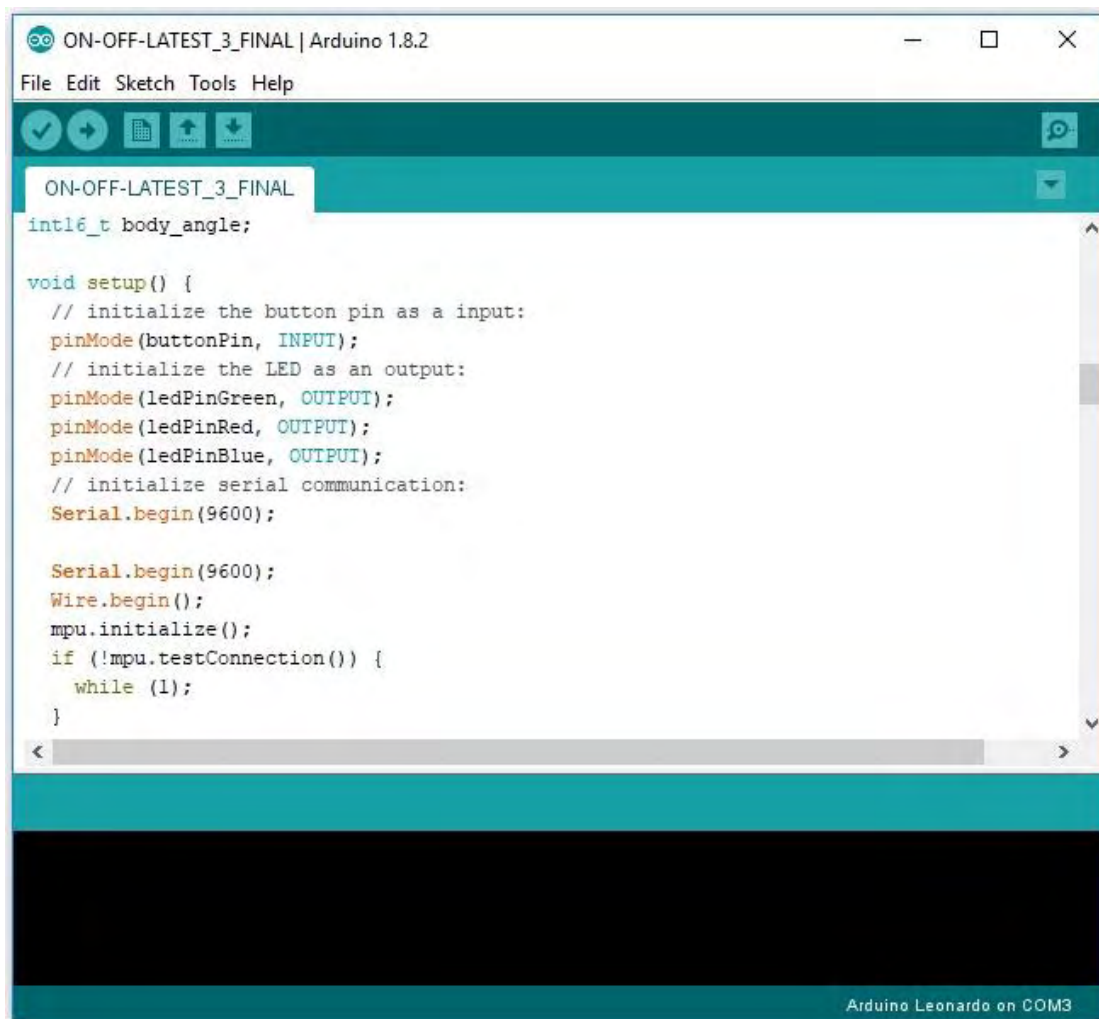
Τα χαρακτηριστικά του εμφανίζονται στον ακόλουθο πίνακα, Εικόνα 14.

Microcontroller	ATmega32u4
Operating Voltage	5V
Input Voltage (Recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	20
PWM Channels	7
Analog Input Channels	12
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega32u4) of which 4 KB used by bootloader
SRAM	2.5 KB (ATmega32u4)
EEPROM	1 KB (ATmega32u4)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.3 mm
Weight	20 g

Εικόνα 14: Χαρακτηριστικά Arduino Leonardo.

6.4 Arduino IDE (Integrated Development Environment)

Το ενσωματωμένο περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino (IDE) είναι μια εφαρμογή μεταξύ των πλατφορμών (Windows, macOS, Linux) που είναι γραμμένη στη γλώσσα προγραμματισμού Java [27]. Χρησιμοποιείται για την εγγραφή και τη μεταφόρτωση προγραμμάτων στη πλατφόρμα Arduino. Ο πηγαίος κώδικας για τον IDE εκτελείται από την GNU General Public License. Το Arduino IDE υποστηρίζει τις γλώσσες C και C++ και χρησιμοποιεί ειδικούς κανόνες για τη δομή του κώδικα. Το Arduino IDE αιτείται βιβλιοθήκες από το Wiring, το οποίο του παρέχει διαδικασίες εισόδου και εξόδου. Ο κώδικας που έχει γραφτεί από τον χρήστη απαιτεί μόνο δύο βασικές λειτουργίες, το sketch και το main loop, οι οποίες συντάσσονται και συνδέονται με την main() συνάρτηση του προγράμματος σε ένα κυκλικό εκτελεστικό πρόγραμμα της εργαλειοθήκης GNU, Εικόνα 15. Επίσης χρησιμοποιεί το πρόγραμμα avrdude για να μετατρέψει τον εκτελέσιμο κώδικα σε αρχείο κειμένου σε δεκαεξαδική κωδικοποίηση.



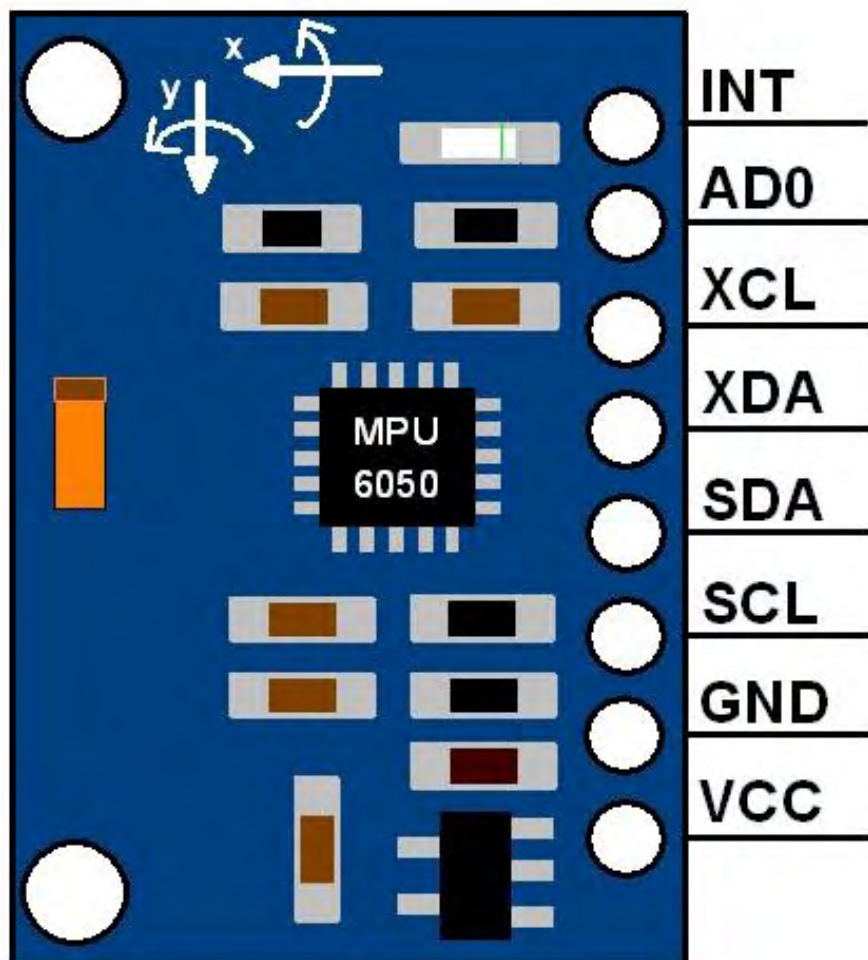
Εικόνα 15: Arduino IDE.

6.5 IMU & MPU 6050

Οι αισθητήρες IMU (Inertia Measurement Unit) όπως το MPU-6050 χρησιμοποιούνται σε ρομπότ αυτοεξυπηρέτησης, UAV, smartphones και πολλά άλλα [28][29]. Οι αισθητήρες IMU μας βοηθούν να τοποθετήσουμε τη θέση ενός αντικειμένου όπου είναι προσαρτημένος ο αισθητήρας σε τρισδιάστατο χώρο. Αυτές οι τιμές μετρούν την κλίση του αντικειμένου ώστε να καθορίσουμε τη θέση του. Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση του προσανατολισμού των smartphones ή φορητών συσκευών.

Ο αισθητήρας MPU-6050 βασίζεται στην τεχνολογία MEMS (Micro Electro Mechanical Systems), είναι συσκευή πλήρης παρακολούθησης της κίνησης 6 DOF (degrees of freedom) ή έξι αξόνων IMU. Συνδυάζει το επιταχυνσιόμετρο (3 άξονες), το γυροσκόπιο (3 άξονες) και τον ψηφιακό επεξεργαστή κίνησης, όλα σε ένα ενιαίο τσιπ με 8 pins, Εικόνα 16, Εικόνα 17. Είναι μια πολύ χρήσιμη συσκευή για

εφαρμογές για drones, ρομπότ, αισθητήρες κίνησης κ.α.. Χρησιμοποιεί την διεπαφή διαύλου I²C για επικοινωνία με τους μικροελεγκτές Arduino. Είναι πολύ ακριβής, καθώς περιέχει ψηφιακό υλικό μετατροπής 16 ψηφίων για κάθε κανάλι και καταγράφει ταυτόχρονα τα κανάλια των X, Y, Z αξόνων.



Εικόνα 16: MPU-6050.

INT: Interrupt digital output pin.

AD0: I2C Slave Address LSB pin. This is 0th bit in 7-bit slave address of device. If connected to VCC then it is read as logic one and slave address changes.

XCL: Auxiliary Serial Clock pin. This pin is used to connect other I2C interface enabled sensors SCL pin to MPU-6050.

XDA: Auxiliary Serial Data pin. This pin is used to connect other I2C interface enabled sensors SDA pin to MPU-6050.

SCL: Serial Clock pin. Connect this pin to microcontrollers SCL pin.

SDA: Serial Data pin. Connect this pin to microcontrollers SDA pin.

GND: Ground pin. Connect this pin to ground connection.

VCC: Power supply pin. Connect this pin to +5V DC supply.

MPU-6050 module has Slave address (When AD0 = 0, i.e. it is not connected to Vcc) as,

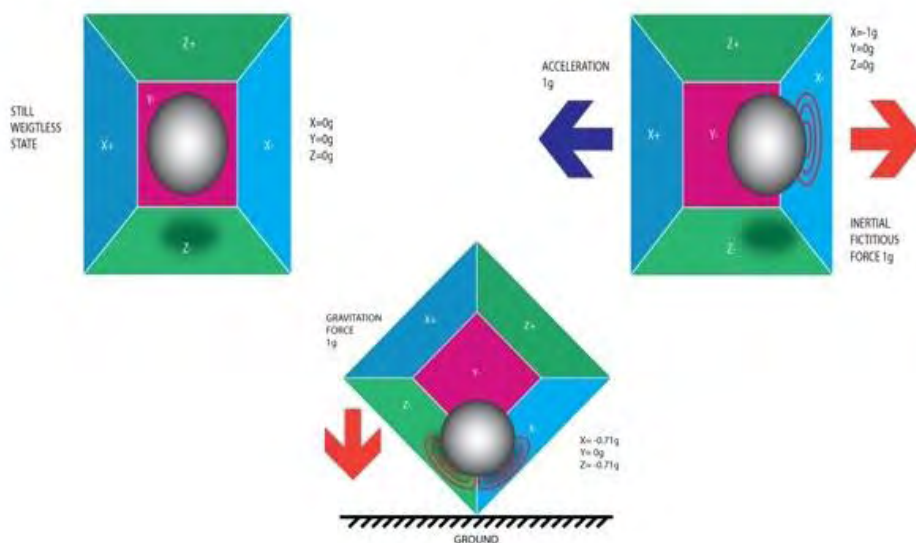
Slave Write address(SLA+W): 0xD0

Slave Read address(SLA+R): 0xD1

Εικόνα 17: MPU-6050 pins.

6.5.1 Επιταχυνσιόμετρο (Accelerometer)

Ένα επιταχυνσιόμετρο λειτουργεί με βάση την αρχή του πιεζοηλεκτρικού αποτελέσματος [28][29]. Φανταστείτε ένα κυβοειδές κιβώτιο με μια μικρή σφαίρα μέσα του, όπως στην παρακάτω εικόνα, Εικόνα 18. Τα τοιχώματα αυτού του κιβωτίου είναι κατασκευασμένα με πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους. Κάθε φορά που κινείται το κιβώτιο, η μπάλα αναγκάζεται να κινηθεί προς την κατεύθυνση της κλίσης λόγω της βαρύτητας. Όταν η μπάλα συγκρούεται στον τοίχο δημιουργεί μικροσκοπικά πιεζοηλεκτρικά ρεύματα. Υπάρχουν τρία ζεύγη αντίθετων τοίχων σε ένα κύβο, όπου κάθε ζεύγος αντιστοιχεί σε άξονα σε τρισδιάστατο χώρο (X, Y, Z άξονες). Ανάλογα με το ρεύμα που παράγεται από τους πιεζοηλεκτρικούς τοίχους, μπορούμε να καθορίσουμε την κατεύθυνση της κλίσης και το μέγεθος της.



Εικόνα 18: Λειτουργία επιταχυνσιόμετρου.

Οι τιμές του επιταχυνσιόμετρου σε g (g force)

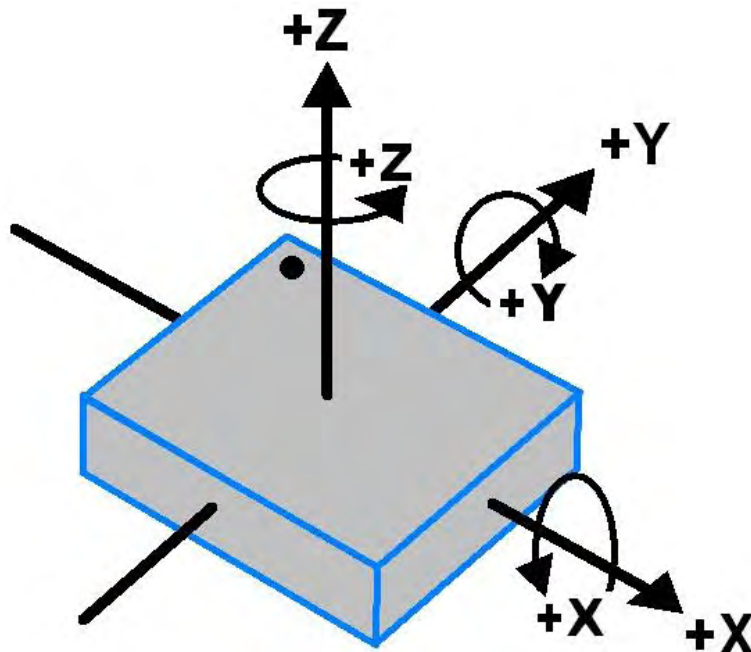
Επιτάχυνση κατά μήκος του άξονα X = (ακατέργαστα δεδομένα του άξονα X επιταχυνσιόμετρου / 16384) g.

Επιτάχυνση κατά μήκος του άξονα Y = (ακατέργαστα δεδομένα του άξονα Y επιταχυνσιόμετρου / 16384) g.

Επιτάχυνση κατά μήκος του άξονα Z = (ακατέργαστα δεδομένα του άξονα Z επιταχυνσιόμετρου / 16384) g.

6.5.2 Γυροσκόπιο (Gyroscope)

Τα γυροσκόπια τεχνολογίας MEMS είναι μικρές συσκευές πυριτίου που ανιχνεύουν την ταχύτητα περιστροφής σε X,Y,Z άξονες, Εικόνα 19. Παρόλο που δεν είναι τόσο ευαίσθητα όσο τα παραδοσιακά γυροσκόπια περιστρεφόμενου δακτυλίου, λόγω του μικρού τους μεγέθους και του χαμηλού κόστους, χρησιμοποιούνται σε πολλές διαφορετικές ηλεκτρονικές συσκευές, όπως το iPhone 4 και το Wii Motion Plus [28][29].



Εικόνα 19: Ταχύτητα περιστροφής γυροσκοπίου σε X,Y,Z άξονες.

Το γυροσκόπιο λειτουργεί βάση της αρχής επιτάχυνσης Coriolis. Φανταστείτε ότι υπάρχει μια κατασκευή που μοιάζει με ένα πιρούνι, Εικόνα 20, η οποία κινείται συνεχώς προς τα εμπρός και προς τα πίσω. Το πιρούνι αυτό διατηρείται στην θέση του χρησιμοποιώντας τους πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους. Κάθε φορά που κινείται αυτό το σύστημα, οι κρύσταλλοι βιώνουν μια δύναμη προς την κατεύθυνση της κλίσης. Αυτό προκαλείται ως αποτέλεσμα της αδράνειας του κινούμενου πιρουνιού. Έτσι, οι κρύσταλλοι παράγουν ένα ρεύμα συναίνεσης με το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο και αυτό το ρεύμα ενισχύεται. Οι τιμές διευκρινίζονται από τον μικροελεγκτή υποδοχής.



Εικόνα 20: Κατασκευή τύπου πιρουνιού.

Τιμές γυροσκοπίου σε $^{\circ} / s$ (βαθμό ανά δευτερόλεπτο)

Γωνιακή ταχύτητα κατά μήκος του άξονα X = (ακατέργαστα δεδομένα άξονα X / 131) $^{\circ} / s$.

Γωνιακή ταχύτητα κατά μήκος του άξονα Y = (ακατέργαστα δεδομένα άξονας Y / 131) $^{\circ} / s$.

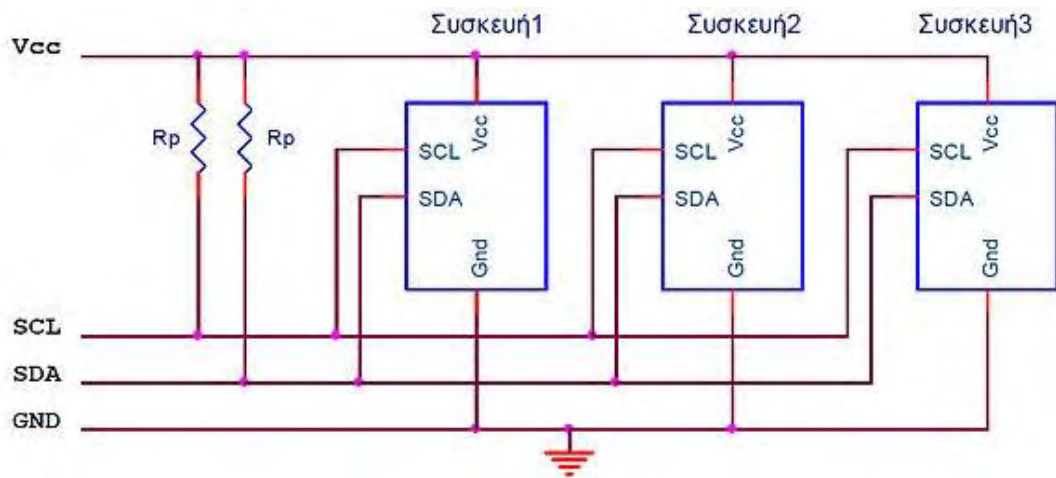
Γωνιακή ταχύτητα κατά μήκος του άξονα Z = (ακατέργαστα δεδομένα άξονα Z / 131) $^{\circ} / s$

6.5.3 Δίαυλος επικοινωνίας I²C

Ο διάυλος I²C είναι ένας σειριακός διάυλος που χρησιμοποιείται για την σύνδεση περιφερειακών μικρής ταχύτητας σε μητρικές πλακέτες (motherboards), ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems), κινητά τηλέφωνα και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές [30]. Εκτός της επικοινωνίας συσκευών που βρίσκονται πάνω σε ένα τυπωμένο κύκλωμα, χρησιμοποιείται και για την επικοινωνία συσκευών που συνδέονται με καλώδια.

Η μεταφορά των δεδομένων (0 ή 1) γίνεται μέσω δύο καλωδίων, τα SCL και SDA, τα οποία είναι ημιαμφίδρομη κατεύθυνσης. Η γραμμή SCL είναι η γραμμή ρολογιού, ενώ η SDA είναι η γραμμή δεδομένων. Οι γραμμές αυτές συνδέονται σε όλες τις συσκευές, που υπάρχουν πάνω στο διάυλο I²C. Και οι δύο γραμμές SCL και SDA είναι τύπου ανοικτού επαγωγού (open drain στον κόσμο των FET) ή ανοικτού συλλέκτη (open collector στον κόσμο των TTL). Αυτό σημαίνει ότι κάθε μία από αυτές τις δύο γραμμές, πρέπει να συνδέεται με μία αντίσταση στην γραμμή τροφοδοσίας, Εικόνα 21. Η αντίσταση αυτή ονομάζεται αντίσταση τερματισμού (ή pull up) με συνηθισμένες τιμές από 1KΩ έως 10KΩ.

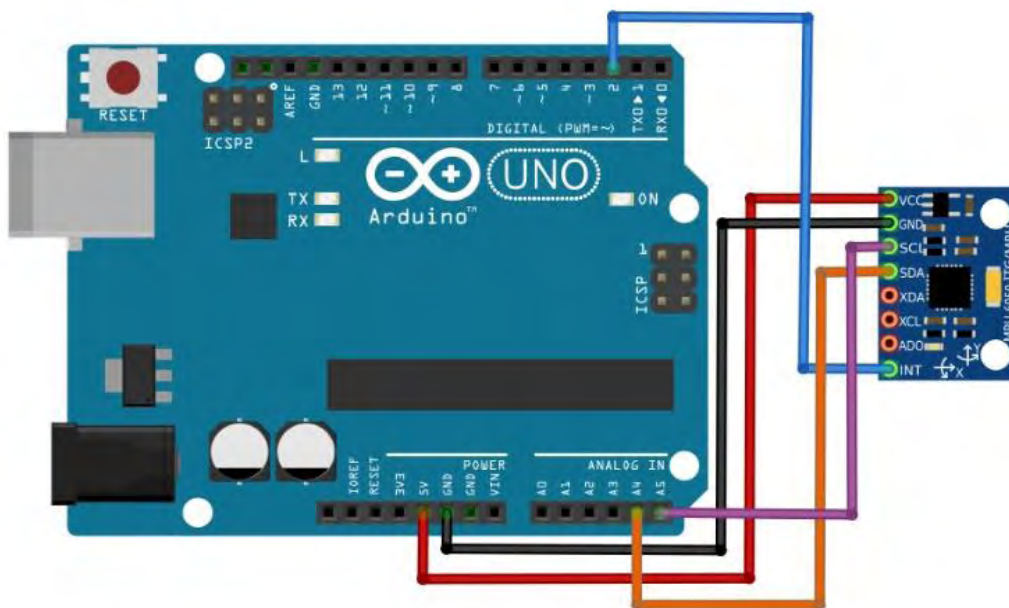
Εκτός των παραπάνω καλωδίων που μεταφέρουν δεδομένα, απαιτούνται άλλα δυο καλώδια, ένα καλώδιο γείωσης (GND) ή 0 V και ένα τέταρτο καλώδιο το οποίο είναι η γραμμή τροφοδοσίας (VCC ή VDD), με την οποία τροφοδοτούνται με ισχύ οι διάφορες συσκευές που συνδέονται στο διάυλο. Οι τυπικές τάσεις που χρησιμοποιούνται στο διάυλο είναι τα +5V ή +3,3V.



Εικόνα 21: Δίαυλος I²C.

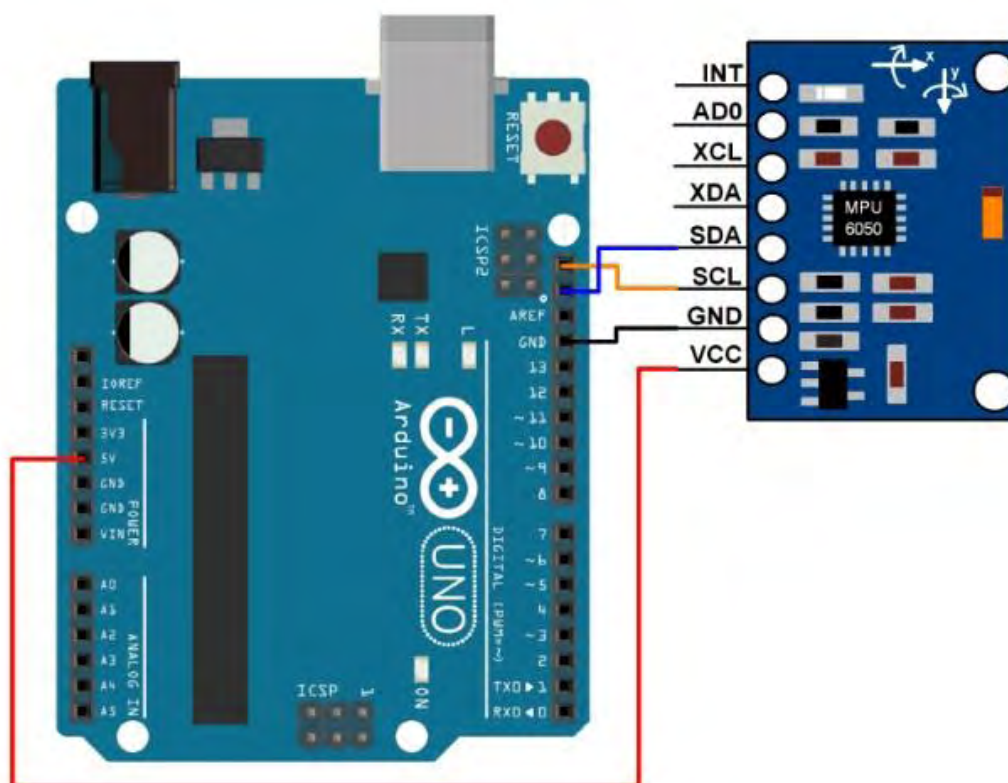
6.6 Σύνδεση Arduino με το MPU-6050

Το MPU-6050 επικοινωνεί με το Arduino μέσω του πρωτοκόλλου I2C [31]. Η σύνδεση γίνεται σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα, Εικόνα 22. Αρχικά συνδέουμε το VCC pin του MPU-6050 στο pin 5V του Arduino και το MPU GND με το Arduino GND. Εν συνεχεία συνδέουμε το MPU SDA pin με του Arduino analog pin A4 (SDA), το MPU SCL pin με του Arduino analog pin A5 (SCL) και το MPU INT pin (pin διακοπής) με το digital pin 2 (interrupt pin 0) του Arduino.



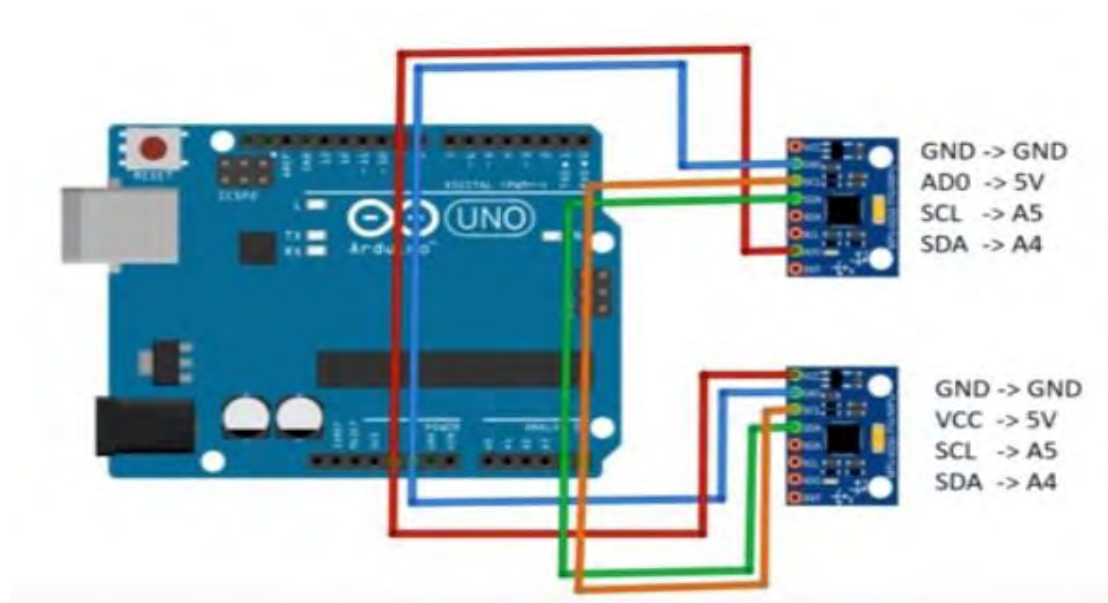
Εικόνα 22: Σύνδεση Arduino με MPU-6050 μέσω analog pin.

Ένας άλλος εναλλακτικός τρόπος σύνδεσης είναι ο παρακάτω, με τη μόνη διαφορά ότι συνδέουμε το MPU SDA pin στο Arduino SDA pin και το MPU SCL pin στο Arduino SCL pin [32], χωρίς την σύνδεση του interrupt pin, όπως το σχήμα, Εικόνα 23.



Εικόνα 23: Σύνδεση Arduino με MPU-6050 μέσω SDA και SCL pin.

Για σύνδεση περισσότερων από έναν MPU αισθητήρες σε ένα Arduino κάνουμε χρήση του MPU AD0 pin [33]. Συνδέουμε το AD0 pin του δεύτερου MPU στο pin 5V του Arduino, όπως στο παρακάτω σχήμα, Εικόνα 24.



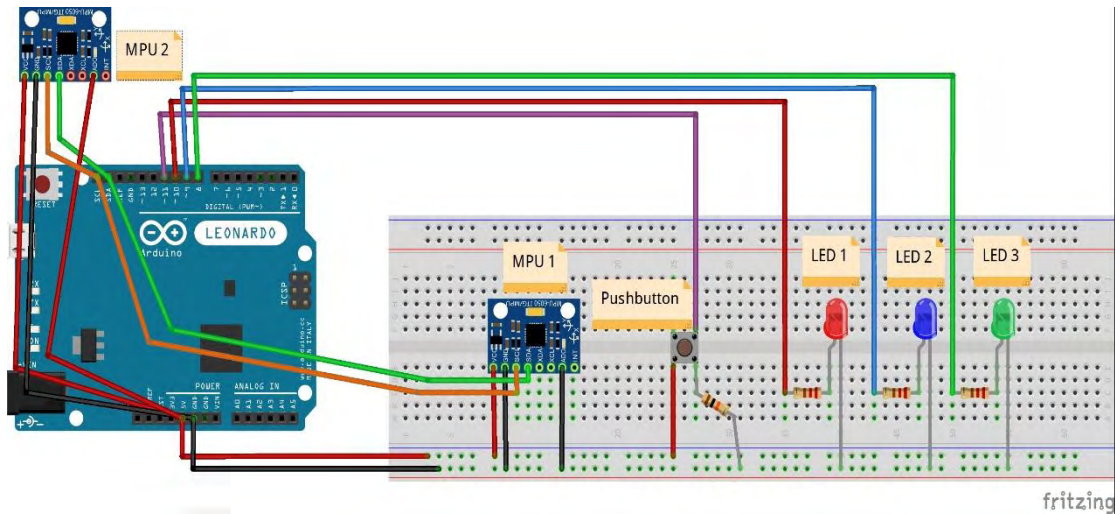
Εικόνα 24: Σύνδεση Arduino με 2 MPU-6050.

6.7 Ολοκληρωμένο σύστημα Arduino με δυο MPU-6050 sensors

Για την κατασκευή του τελικού συστήματός μας θα χρειαστούμε

- Ένα Arduino Leonardo
- Δυο αισθητήρες MPU-6050
- Ένα breadboard
- Ένα pushbutton
- Τρία λαμπάκια LED, κόκκινο, μπλε και πράσινο χρώμα
- Τέσσερις αντιστάσεις, 3x220Ω και 1x10kΩ
- Καλώδια διαφόρων μεγεθών και χρωμάτων

Στο παρακάτω σχήμα, Εικόνα 25, φαίνεται η κατασκευή του συστήματος μέσω του προγράμματος fritzing (έκδοση fritzing.0.9.3b.32.pc) [34]. Ο αισθητήρας MPU-1 τοποθετείται στο σώμα του χρήστη και ο MPU-2 τοποθετείται στο χέρι του. Τα SCL και SDA pin των δυο MPU συνδέονται στα αντίστοιχα SCL και SDA του Arduino Leonardo. Για στην ταυτόχρονη λειτουργία και των δυο MPU θα πρέπει να προσέξουμε το AD0 pin, στο ένα δίνουμε τάση 5V και το δεύτερο είναι συνδεδεμένο στο GND, τα VCC και GND συνδέονται στα αντίστοιχα του Arduino. Η 10kΩ αντίσταση συνδέεται στο pushbutton και οι τρεις 220Ω αντιστάσεις στα τρία LED, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Εικόνα 25: Ολοκληρωμένη κατασκευή τελικού συστήματος Arduino Leonardo με 2 MPU-6050.

6.7.1 Χρήση και λειτουργία του συστήματος

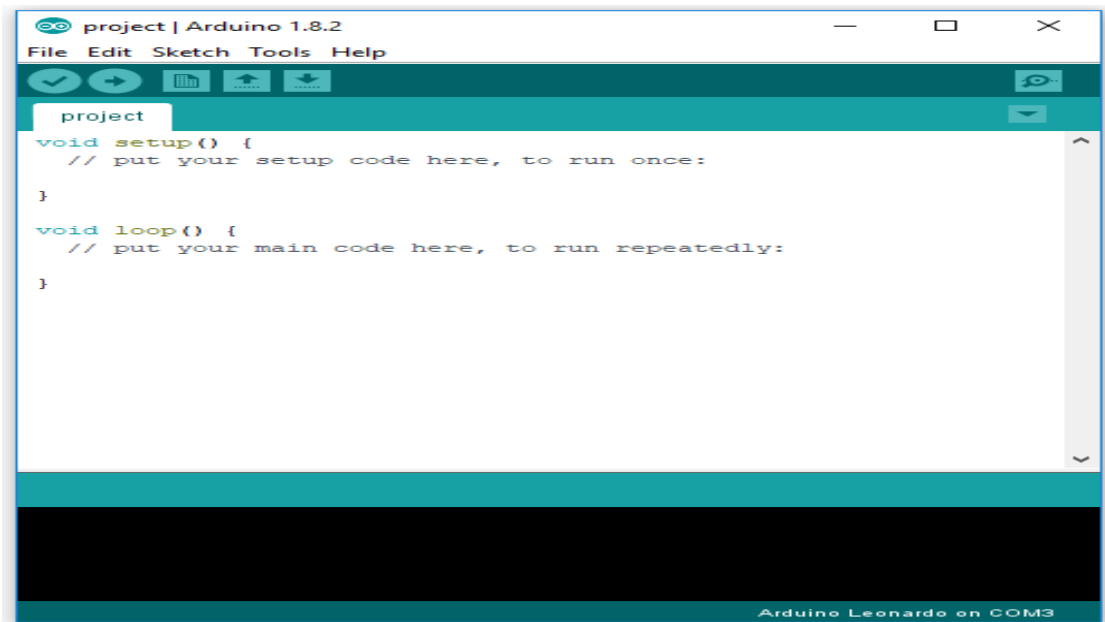
Όταν το σύστημα συνδεθεί στον υπολογιστή ανάβει αυτόματα το κόκκινο LED, αφού προσαρμοστεί η συσκευή στον χρήστη πιέζουμε το pushbutton και ανάβει το μπλε LED, μόλις ο χρήστης λάβει την κατάλληλη θέση σώματος για εκκίνηση που τον βολεύει ανάλογα με τον σωματότυπο του και την στάση σώματος του (π.χ. αν καμπουριάζει), πιέζουμε το pushbutton και πάλι, ώστε να ανάψει το πράσινο LED κι με αυτό το τρόπο ενημερώνεται το σύστημα με τις αρχικές τιμές (οι οποίες διαφέρουν από χρήστη σε χρήστη).

6.7.2 Επικοινωνία του συστήματος με τον υπολογιστή

Το σύστημα Arduino επικοινωνεί με τον υπολογιστή με ένα καλώδιο micro USB. Όταν συνδεθεί στον υπολογιστή, θα πρέπει να τρέχουμε τον κώδικα μέσω του Arduino IDE, όπως είδαμε παραπάνω. Στον υπολογιστή τρέχουμε επίσης έναν προσομοιωτή παιχνιδιού σκι (στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το Run Ski Challenge 15 σε trial μορφή) και το σύστημα χρησιμοποιείται σαν να χειριστήριο του παιχνιδιού αυτού. Ο χρήστης γίνεται ένας σκιέρ και με τις αντίστοιχες κινήσεις του σώματος κινεί τον σκιέρ ώστε να αποφεύγει εμπόδια, να κάνει ελιγμούς με το σώμα του, να επιταχύνει, να επιβραδύνει και στο τέλος να τερματίζει την πίστα.

6.7.3 Setup() και loop() συναρτήσεις

Οι συναρτήσεις setup() και loop() είναι τα δυο βασικά τμήματα για την δημιουργία του κώδικα, Εικόνα 26.



Εικόνα 26: Συναρτήσεις setup() και loop().

Η συνάρτηση `setup()` καλείται όταν ξεκινάει το sketch, η οποία προετοιμάζει και ορίζει τις αρχικές τιμές κι εκτελείται μόνο μία φορά, μετά από κάθε ενεργοποίηση ή επαναφορά του Arduino [35]. Μετά από τη δημιουργία της συνάρτησης `setup()`, η συνάρτηση `loop()` (συνάρτηση βρόχου) κάνει ακριβώς αυτό που προτείνει το όνομά της, επαναλαμβάνεται καθ' όλη την διάρκεια, ώστε το πρόγραμμα να αλλάξει και να ανταποκρίνεται στις νέες τιμές. Η συνάρτηση βρόχου χρησιμοποιείται για να ελέγξει ενεργά το Arduino.

6.8 Ο κώδικας του συστήματος

Αρχικά συμπεριλαμβάνουμε τις βιβλιοθήκες.

```
#include <Wire.h>  
#include <Keyboard.h>  
#include <MPU6050.h>
```

Δηλώνουμε τα δυο MPU-6050 και τις εξόδους τους σαν ακέραιοι αριθμοί, στο MPU2 είναι ενεργό το AD0 pin.

```
MPU6050 mpu;  
  
int16_t gyro_x, gyro_y, gyro_z, accel_x, accel_y, accel_z;  
MPU6050 mpu2(0x69);  
  
int16_t gyro_x2, gyro_y2, gyro_z2, accel_x2, accel_y2, accel_z2;
```

Δήλωση σταθερών τιμών στα αντίστοιχα digital pin.

```
const int ledPinGreen = 8;
```

```
const int ledPinBlue = 9;
const int ledPinRed = 10;
const int buttonPin = 11;
```

Δήλωση μεταβλητών τιμών (οι τιμές αυτές θα αλλάξουν όσο τρέχει το πρόγραμμα).

```
int buttonPushCounter = 0;
int buttonState = 0;
int lastButtonState = 0;
int16_t body_angle_X;
int16_t body_angle_Y;
```

Μέσα στη συνάρτηση `setup()` αρχικοποιούμε τα `pinMode` σε τιμές εισόδου και εξόδου, ξεκινάμε σειριακή επικοινωνία 9600 bit ανά δευτερόλεπτο, καλούμε την συνάρτηση `wire` και αρχικοποιούμε τα MPU.

```
void setup()
{
    pinMode(buttonPin, INPUT);
    pinMode(ledPinGreen, OUTPUT);
    pinMode(ledPinRed, OUTPUT);
    pinMode(ledPinBlue, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    Wire.begin();
    mpu.initialize();
    if (!mpu.testConnection())
    {
        while (1);
    }
    mpu2.initialize();
    if (!mpu2.testConnection())
    {
        while (1);
    }
}
```

Και τέλος στη συνάρτηση `loop()` (επαναληπτικός βρόχος του προγράμματος) καλείται η `Keyboard.begin()` όπου διαβάζει τιμές από το πληκτρολόγιο, η `mpu.getMotion6()` αντλεί τα δεδομένα από τον αισθητήρα σε πραγματικό χρόνο και η `map()` μετατρέπει

τα δεδομένα αυτά από min -16000 σε -90, max 1600 σε 90 (το 90 προσομοιώνεται σαν μοίρες), αντίστοιχα και για MPU2.

```
Keyboard.begin();
mpu.getMotion6(&gyro_x, &gyro_y, &gyro_z, &accel_x, &accel_y,
&accel_z);
int gyro_X = map(gyro_x, -16000, 16000, -90, 90);
int gyro_Y = map(gyro_y, -16000, 16000, -90, 90);
int gyro_Z = map(gyro_z, -16000, 16000, -90, 90);
int accel_X = map(accel_x, -16000, 16000, -90, 90);
int accel_Y = map(accel_y, -16000, 16000, -90, 90);
int accel_Z = map(accel_z, -16000, 16000, -90, 90);
```

Το serial print εμφανίζει τις τιμές των αισθητήρων στο serial monitor σε πραγματικό χρόνο.

```
Serial.print(gyro_X);
Serial.print("\t");
Serial.print(gyro_Y);
Serial.print("\t");
Serial.print(gyro_Z);
Serial.print("\t");
Serial.print(accel_X);
Serial.print("\t");
Serial.print(accel_Y);
Serial.print("\t");
Serial.print(accel_Z);
```

Αντίστοιχα και για το MPU 2.

Δήλωση μεταβλητών καθυστέρησης του προγράμματος και κλίσης σώματος για αδρανοποίηση του συστήματος, οι τιμές αυτές έχουν προκύψει εμπειρικά μετά από δοκιμές.

```
int keyboard_delay=15;
int body_angle = 6;
```

Στην παρακάτω περίπτωση η συνάρτηση digitalRead() δίνει την τιμή HIGH κάθε φορά που πατιέται το κουμπί και LOW όταν είναι ανενεργό.

```
buttonState = digitalRead(buttonPin);
```

Αν ισχύει η συνθήκη συνεχίζει

```
if (buttonState != lastButtonState)
{
```

Αν το `buttonState` έχει κρατήσει την τιμή `HIGH` αυξάνει κατά ένα το `buttonPushCounter`.

```
    if (buttonState == HIGH)
    {
        buttonPushCounter++;
        Serial.println("on");
        Serial.print("number of button pushes:  ");
        Serial.println(buttonPushCounter);
    }
    Else
    {
        Serial.println("off");
    }
}
```

Δημιουργούμε μια καθυστέρηση για την σωστή εναλλαγή των `HIGH` και `LOW` τιμών.

```
        delay(10);
    }
```

Σώζει την τωρινή κατάσταση που θα χρειαστεί την επόμενη επανάληψη.

```
    lastButtonState = buttonState;
```

Ανάλογα με το αποτέλεσμα του `buttonPushCounter mod 3`, μπαίνει και στην ανάλογη συνθήκη, αν το αποτέλεσμα είναι 0 ανάβει το κόκκινο LED, αν το αποτέλεσμα είναι 1 ανάβει το μπλε LED και στην επόμενη αλλαγή θα κρατήσει στην μνήμη την στάση σώματος του χρήστη, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω για το κεντράρισμα του. Στην περίπτωση όπου το αποτέλεσμα είναι διαφορετικό (δλδ ίσο με 2) ανάβει το πράσινο LED και η κλίση του σώματος του χρήστη λειτουργεί σαν χειριστήριο, κάνοντας χρήση της συνάρτησης `Keyboard.press()` με ορίσματα όπως `KEY_LEFT_ARROW` και `KEY_UP_ARROW`.

```
if (buttonPushCounter % 3 == 0)
{
    digitalWrite(ledPinRed, HIGH);
    digitalWrite(ledPinBlue, LOW);
    digitalWrite(ledPinGreen, LOW);
}
else if (buttonPushCounter % 3 == 1)
```

```
{
    digitalWrite(ledPinRed, LOW);
    digitalWrite(ledPinBlue, HIGH);
    digitalWrite(ledPinGreen, LOW);
    body_angle_Y = gyro_Y;
    body_angle_X = gyro_X;
}
else
{
    digitalWrite(ledPinRed, LOW);
    digitalWrite(ledPinBlue, LOW);
    digitalWrite(ledPinGreen, HIGH);
    Serial.print(body_angle_Y);
    Serial.print(body_angle_X);
    if((gyro_Y)< body_angle+body_angle_Y)
    {
        Keyboard.press(KEY_LEFT_ARROW);
        delay(keyboard_delay);
    }
    if((gyro_Y)> -body_angle+body_angle_Y)
    {
        Keyboard.press(KEY_RIGHT_ARROW);
        delay(keyboard_delay);
    }
    if((gyro_X)> -body_angle+body_angle_X)
    {
        Keyboard.press(KEY_DOWN_ARROW);
        delay(keyboard_delay);
    }
    if((accel_X2)>= 170 or (accel_Y2)>= 170 or (accel_Z2)>= 170 )
    {
        Keyboard.press(KEY_UP_ARROW);
        delay(keyboard_delay);
    }
}
```

```
delay(20);  
Keyboard.releaseAll();  
}
```

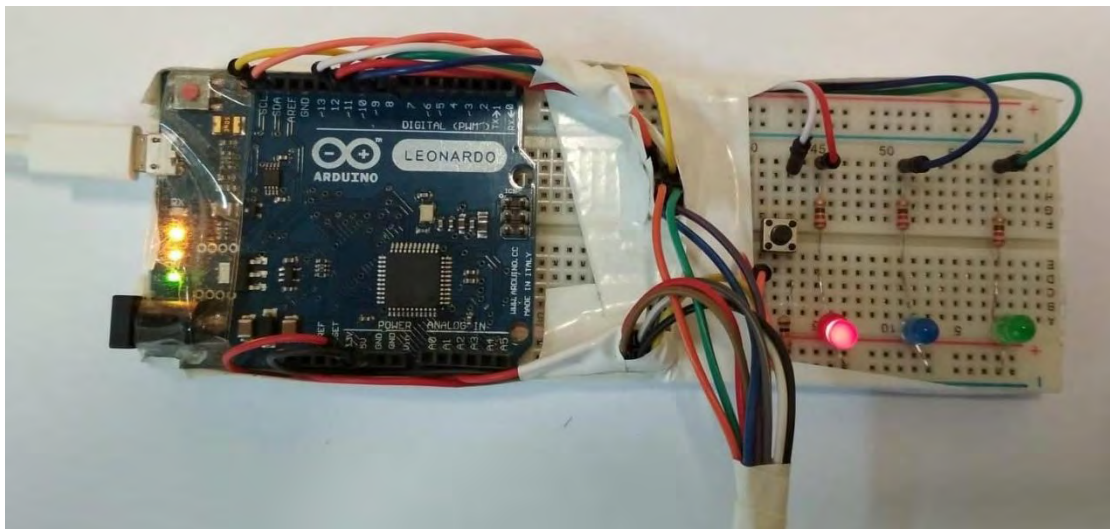
7. Αξιολόγηση Συστήματος

Προκειμένου να αξιολογηθεί το σύστημα που αναπτύχθηκε, θα πρέπει αφενός να ληφθούν υπόψη οι λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4 και αφετέρου να αξιολογηθεί η ικανοποίηση αυτών ή όχι. Εκτός της υλοποίησης, σε ότι αφορά το hardware (υλικό) και τη μορφή του ως χειριστήριο, θα πρέπει να αξιολογηθεί και το λογισμικό καθώς και η συμπεριφορά του υπό διάφορες καταστάσεις και σενάρια χρήσης. Για να αξιολογηθούν τα παραπάνω, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν διακριτά βήματα, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

Συγκεκριμένα, αρχικά μελετάται η ικανοποίηση της υλοποίησης σε χαμηλού κόστους και μικρού μεγέθους πλακέτα μικροεπεξεργαστή, προκειμένου να είναι φορητό ως σύστημα, ενώ στη συνέχεια μελετάται κατά πόσο μπορεί να είναι φορητό. Τέλος, αξιολογείται η χρήση του συστήματος, υπό διαφορετικές συνθήκες και σενάρια χρήσης, αξιοποιώντας ένα παιχνίδι το οποίο επιλέχτηκε για την απλότητα της χρήσης του, την ευχάριστη οπτική απεικόνιση αλλά και τη σταδιακή δυσκολία στην κίνηση του avatar, γεγονός που εξυπηρετεί την μελέτη του συστήματος.

7.1 Αξιολόγηση υλοποίησης σε υλικό

Η συσκευή που υλοποιήθηκε, βασίστηκε, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στην πλατφόρμα Arduino Leonardo. Η επιλογή της έγινε προκειμένου να ικανοποιηθούν συγκεκριμένες απαιτήσεις του συστήματος. Στη συνέχεια παρουσιάζεται φωτογραφία της υλοποίησης καθώς και οι απαιτήσεις που ικανοποιήθηκαν από την υλοποίηση σε αυτή την πλατφόρμα, Εικόνα 27.



Εικόνα 27: Σύστημα με πλατφόρμα Arduino Leonardo.

7.1.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις

Κωδικός	Περιγραφή	Ικανοποίηση απαίτησης
ΛΑ01	Αυτόματη αναγνώριση από τον υπολογιστή ως χειριστήριο	✓
ΛΑ02	Σύνδεση σε μια από τις διαδεδομένες θύρες ενός υπολογιστή, USB	✓
ΛΑ03	Έναρξη χρήσης με πίεση κουμπιού, ώστε να καθορίζεται η χρονική στιγμή χρήσης	
ΛΑ04	Υλοποίηση σε μικρή πλακέτα μικροπεξεργαστή για τον έλεγχο όλων των αισθητήρων από μία μονάδα	✓
ΛΑ05	Αρχειοποίηση των αξόνων του γυροσκοπίου, ώστε να προσαρμόζονται οι μετρήσεις των αισθητήρων στο μορφότυπο του σώματος του χρήστη, με επιλογή από κουμπί	
ΛΑ06	Μετατροπή μετρήσεων αισθητήρα σε διακριτές κινήσεις	
ΛΑ07	Αντιστοίχιση των αναγνωρισμένων κινήσεων σε πίεση χαρακτήρων πληκτρολογίου	
ΛΑ08	Μέτρηση κλίσης από τους αισθητήρες	✓
ΛΑ09	Καθορισμός χρονικού ορίου για την ενεργοποίηση των καθυστερήσεων (delays) στην ανάγνωση αισθητήρων και στην ενεργοποίηση χαρακτήρων στο πληκτρολόγιο	
ΛΑ10	Οπτική ενημέρωση κατάστασης	✓

7.1.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις

Κωδικός	Περιγραφή	Ικανοποίηση απαίτησης
ΜΛ01	Συμβατότητα του χειριστηρίου με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα	✓
ΜΛ02	Προσομοίωση χειριστηρίου ως universal keyboard	✓
ΜΛ03	Χρόνος απόκρισης σε λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο	
ΜΛ04	Οπτική αναπαράσταση της κίνησης μέσω του κατάλληλου περιβάλλοντος παιχνιδιού	
ΜΛ05	Χρήση μικροπεξεργαστή χαμηλού κόστους για την υλοποίηση	✓
ΜΛ06	Μικρό μέγεθος υλοποίησης για προσάρτηση σε ζώνη στήθους	✓

ΜΛ07	Επιλογή ζώνης που διευκολύνει τις κινήσεις	
ΜΛ08	Δυνατότητα χρήσης σε περιορισμένο χώρο, π.χ. εντός οικιακού περιβάλλοντος	✓
ΜΛ09	Ηλεκτρική παροχή από τη θύρα επικοινωνίας με τον υπολογιστή	✓
ΜΛ10	Εύκολη σύνδεση αισθητήρων (γυροσκόπια) στη συσκευή	✓
ΜΛ11	Να μην χρειάζεται κάποια εξειδικευμένη εκπαίδευση από τον χρήστη	
ΜΛ12	Μια ανυψωμένη βάση για την εκπαίδευση του ασθενούς	
ΜΛ13	Μεγάλη επιφάνεια προβολής για συγκέντρωση του χρήστη στο παιχνίδι, π.χ. με χρήση projector ή μεγάλης οθόνης (>50")	

7.2 Αξιολόγηση προσαρμογής υλικού στο χρήστη

Αξιολογήθηκε στη συνέχεια το σύστημα ως προς τη δυνατότητα να το φορέσει ο χρήστης. Παρακάτω φαίνονται εικόνες από το φορετό σύστημα και οι απαιτήσεις που ικανοποιήθηκαν.



Εικόνα 28: Αισθητήρες MPU-6050 στη ζώνη και στο χέρι.



Εικόνα 29: Φορετό σύστημα σε χρήση.

7.2.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις

Κωδικός	Περιγραφή	Ικανοποίηση απαίτησης
ΛΑ01	Αυτόματη αναγνώριση από τον υπολογιστή ως χειριστήριο	
ΛΑ02	Σύνδεση σε μια από τις διαδεδομένες θύρες ενός υπολογιστή, USB	
ΛΑ03	Έναρξη χρήσης με πίεση κουμπιού, ώστε να καθορίζεται η χρονική στιγμή χρήσης	✓
ΛΑ04	Υλοποίηση σε μικρή πλακέτα μικροπεξεργαστή για τον έλεγχο όλων των αισθητήρων από μία μονάδα	
ΛΑ05	Αρχειοποίηση των αξόνων του γυροσκοπίου, ώστε να προσαρμόζονται οι μετρήσεις των αισθητήρων στο μορφότυπο του σώματος του χρήστη, με επιλογή από κουμπί	✓
ΛΑ06	Μετατροπή μετρήσεων αισθητήρα σε διακριτές κινήσεις	
ΛΑ07	Αντιστοίχιση των αναγνωρισμένων κινήσεων σε πίεση χαρακτήρων πληκτρολογίου	
ΛΑ08	Μέτρηση κλίσης από τους αισθητήρες	
ΛΑ09	Καθορισμός χρονικού ορίου για την ενεργοποίηση των καθυστερήσεων (delays) στην ανάγνωση αισθητήρων και στην	

	ενεργοποίηση χαρακτήρων στο πληκτρολόγιο	
ΛΑ10	Οπτική ενημέρωση κατάστασης	

7.2.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις

Κωδικός	Περιγραφή	Ικανοποίηση απαίτησης
ΜΛ01	Συμβατότητα του χειριστηρίου με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα	
ΜΛ02	Προσομοίωση χειριστηρίου ως universal keyboard	
ΜΛ03	Χρόνος απόκρισης σε λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο	
ΜΛ04	Οπτική αναπαράσταση της κίνησης μέσω του κατάλληλου περιβάλλοντος παιχνιδιού	
ΜΛ05	Χρήση μικροεπεξεργαστή χαμηλού κόστους για την υλοποίηση	
ΜΛ06	Μικρό μέγεθος υλοποίησης για προσάρτηση σε ζώνη στήθους	✓
ΜΛ07	Επιλογή ζώνης που διευκολύνει τις κινήσεις	✓
ΜΛ08	Δυνατότητα χρήσης σε περιορισμένο χώρο, π.χ. εντός οικιακού περιβάλλοντος	
ΜΛ09	Ηλεκτρική παροχή από τη θύρα επικοινωνίας με τον υπολογιστή	
ΜΛ10	Εύκολη σύνδεση αισθητήρων (γυροσκόπια) στη συσκευή	
ΜΛ11	Να μην χρειάζεται κάποια εξειδικευμένη εκπαίδευση από τον χρήστη	
ΜΛ12	Μια ανυψωμένη βάση για την εκπαίδευση του ασθενούς	
ΜΛ13	Μεγάλη επιφάνεια προβολής για συγκέντρωση του χρήστη στο παιχνίδι, π.χ. με χρήση projector ή μεγάλης οθόνης (>50")	

7.3 Σενάρια αξιολόγησης

Αξιολογήθηκε στη συνέχεια το σύστημα ως προς μια σειρά σεναρίων χρήσης. Το σύστημα αξιοποιήθηκε σε κλειστό χώρο, όπου ο χρήστης τοποθετείται πάνω σε μια πλατφόρμα, προκειμένου να απομονώνεται από το υπόλοιπο σύστημα (έδαφος-δωμάτιο) και να νιώθει ότι επηρεάζεται η ισορροπία του από τη στάση που έχει. Πρόκειται για μια τυπική τεχνική που εφαρμόζεται και σε υγιείς ανθρώπους, καθώς «μπερδεύει» ως πληροφορία τον λαβύρινθο (εσωτερικό στοιχείο-όργανο του αυτιού) που σχετίζεται με την ισορροπία. Στη συνέχεια ο χρήστης, ο οποίος έχει φορέσει το σύστημα, εκτελεί διάφορες κινήσεις για να ελεγχθεί η άνεση στην κίνησή του (κλίση μπροστά, κίνηση κορμού προς τα πίσω, κλίση δεξιά, κλίση αριστερά, κίνηση χεριού). Αφού ελεγχθεί η άνεση της κίνησης και η ακρίβεια των μετρήσεων, στη συνέχεια αξιοποιώντας μια έκδοση ενός ψυχαγωγικού παιχνιδιού, σχετικά με ski πλαγιάς, μετατρέπουμε την εμπειρία του παιχνιδιού σε σοβαρό παιχνίδι εκπαίδευσης του μυαλού για αντίδραση σε κινήσεις που συνήθως προκαλούν πτώση.

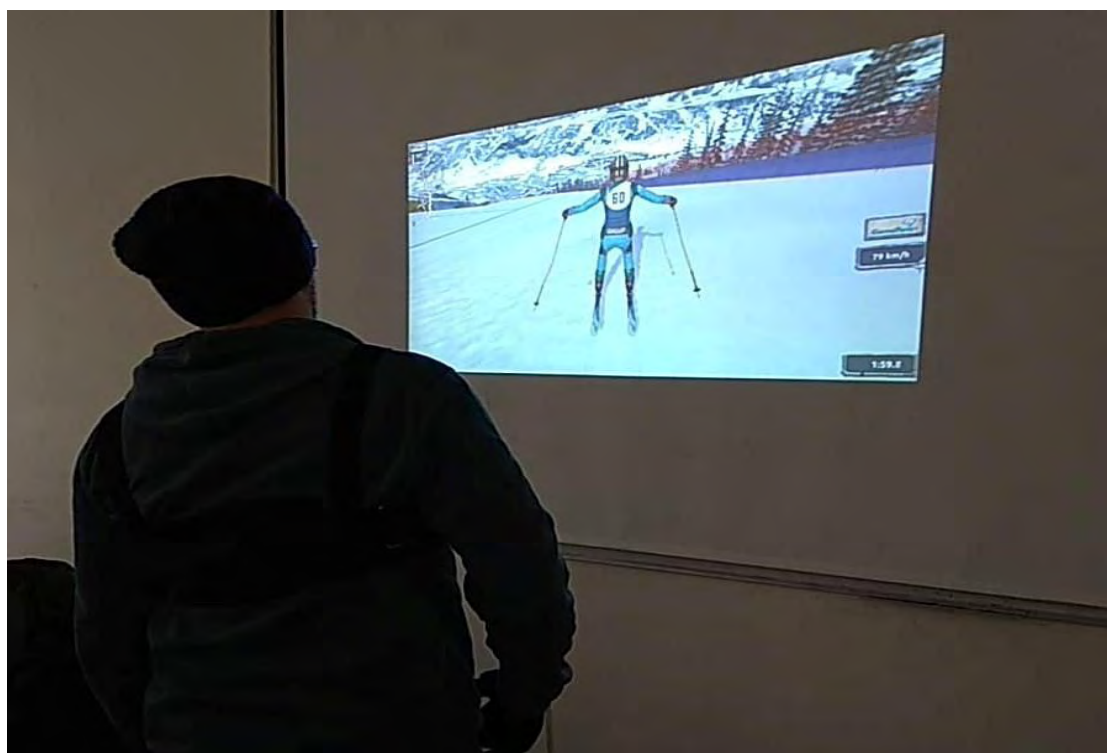
Παρακάτω φαίνονται εικόνες από την χρήση του συστήματος, από υγιή άνθρωπο, προς επίδειξη της χρήσης. Δεν εμφανίζεται ασθενής για λόγους προστασίας προσωπικών δεδομένων, μιας και αρνήθηκε τη φωτογράφιση κατά τη διάρκεια δοκιμής.



Εικόνα 30: Κίνηση χρήστη-προσομοιωτή με κλίση δεξιά.



Εικόνα 31: Κίνηση χρήστη-προσομοιωτή με κλίση αριστερά.



Εικόνα 32: Κίνηση κορμού χρήστη προς τα πίσω.



Εικόνα 33: Κίνηση κορμού χρήστη προς τα εμπρός.

7.3.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις

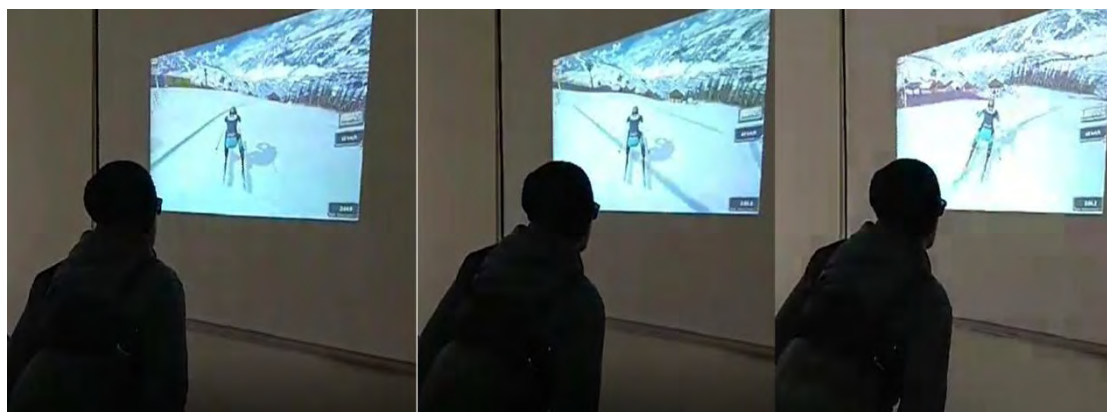
Κωδικός	Περιγραφή	Ικανοποίηση απαιτήσης
ΛΑ01	Αυτόματη αναγνώριση από τον υπολογιστή ως χειριστήριο	
ΛΑ02	Σύνδεση σε μια από τις διαδεδομένες θύρες ενός υπολογιστή, USB	
ΛΑ03	Έναρξη χρήσης με πίεση κουμπιού, ώστε να καθορίζεται η χρονική στιγμή χρήσης	
ΛΑ04	Υλοποίηση σε μικρή πλακέτα μικροπεξεργαστή για τον έλεγχο όλων των αισθητήρων από μία μονάδα	
ΛΑ05	Αρχικοποίηση των αξόνων του γυροσκοπίου, ώστε να προσαρμόζονται οι μετρήσεις των αισθητήρων στο μορφότυπο του σώματος του χρήστη, με επιλογή από κουμπί	
ΛΑ06	Μετατροπή μετρήσεων αισθητήρα σε διακριτές κινήσεις	✓
ΛΑ07	Αντιστοίχιση των αναγνωρισμένων κινήσεων σε πίεση χαρακτήρων πληκτρολογίου	✓
ΛΑ08	Μέτρηση κλίσης από τους αισθητήρες	
ΛΑ09	Καθορισμός χρονικού ορίου για την ενεργοποίηση των καθυστερήσεων (delays) στην ανάγνωση αισθητήρων και στην ενεργοποίηση χαρακτήρων στο πληκτρολόγιο	
ΛΑ10	Οπτική ενημέρωση κατάστασης	

7.3.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις

Κωδικός	Περιγραφή	Ικανοποίηση απαίτησης
ΜΛ01	Συμβατότητα του χειριστηρίου με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα	
ΜΛ02	Προσομοίωση χειριστηρίου ως universal keyboard	
ΜΛ03	Χρόνος απόκρισης σε λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο	
ΜΛ04	Οπτική αναπαράσταση της κίνησης μέσω του κατάλληλου περιβάλλοντος παιχνιδιού	✓
ΜΛ05	Χρήση μικροεπεξεργαστή χαμηλού κόστους για την υλοποίηση	
ΜΛ06	Μικρό μέγεθος υλοποίησης για προσάρτηση σε ζώνη στήθους	
ΜΛ07	Επιλογή ζώνης που διευκολύνει τις κινήσεις	
ΜΛ08	Δυνατότητα χρήσης σε περιορισμένο χώρο, π.χ. εντός οικιακού περιβάλλοντος	
ΜΛ09	Ηλεκτρική παροχή από τη θύρα επικοινωνίας με τον υπολογιστή	
ΜΛ10	Εύκολη σύνδεση αισθητήρων (γυροσκόπια) στη συσκευή	
ΜΛ11	Να μην χρειάζεται κάποια εξειδικευμένη εκπαίδευση από τον χρήστη	✓
ΜΛ12	Μια ανυψωμένη βάση (απομόνωση χρήστη) για την εκπαίδευση του ασθενούς	✓
ΜΛ13	Μεγάλη επιφάνεια προβολής για συγκέντρωση του χρήστη στο παιχνίδι, π.χ. με χρήση projector ή μεγάλης οθόνης (>50")	✓

7.4 Μέτρηση απόκρισης

Αξιολογήθηκε στη συνέχεια το σύστημα ως προς την απόκριση των κινήσεων, δηλαδή η κίνηση να αποτυπώνεται ομαλά και σε πραγματικό χρόνο, ώστε ο χρήστης να μην προσπαθεί να διορθώσει εσφαλμένα την κίνησή του λόγω καθυστέρησης απόκρισης. Παρακάτω φαίνονται εικόνες από την καθυστέρηση αντίδρασης του προσομοιωτή.



Εικόνα 34: Απόκριση συστήματος σε πραγματικό χρόνο.

7.4.1 Λειτουργικές Απαιτήσεις

Κωδικός	Περιγραφή	Ικανοποίηση απαιτήσης
ΛΑ01	Αυτόματη αναγνώριση από τον υπολογιστή ως χειριστήριο	
ΛΑ02	Σύνδεση σε μια από τις διαδεδομένες θύρες ενός υπολογιστή, USB	
ΛΑ03	Έναρξη χρήσης με πίεση κουμπιού, ώστε να καθορίζεται η χρονική στιγμή χρήσης	
ΛΑ04	Υλοποίηση σε μικρή πλακέτα μικροπεξεργαστή για τον έλεγχο όλων των αισθητήρων από μία μονάδα	
ΛΑ05	Αρχειοποίηση των αξόνων του γυροσκοπίου, ώστε να προσαρμόζονται οι μετρήσεις των αισθητήρων στο μορφότυπο του σώματος του χρήστη, με επιλογή από κουμπί	
ΛΑ06	Μετατροπή μετρήσεων αισθητήρα σε διακριτές κινήσεις	
ΛΑ07	Αντιστοίχιση των αναγνωρισμένων κινήσεων σε πίεση χαρακτήρων πληκτρολογίου	
ΛΑ08	Μέτρηση κλίσης από τους αισθητήρες	
ΛΑ09	Καθορισμός χρονικού ορίου για την ενεργοποίηση των καθυστερήσεων (delays) στην ανάγνωση αισθητήρων και στην ενεργοποίηση χαρακτήρων στο πληκτρολόγιο	✓
ΛΑ10	Οπτική ενημέρωση κατάστασης	

7.4.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις

Κωδικός	Περιγραφή	Ικανοποίηση απαίτησης
ΜΛ01	Συμβατότητα του χειριστηρίου με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα	
ΜΛ02	Προσομοίωση χειριστηρίου ως universal keyboard	
ΜΛ03	Χρόνος απόκρισης σε λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο	✓
ΜΛ04	Οπτική αναπαράσταση της κίνησης μέσω του κατάλληλου περιβάλλοντος παιχνιδιού	
ΜΛ05	Χρήση μικροεπεξεργαστή χαμηλού κόστους για την υλοποίηση	
ΜΛ06	Μικρό μέγεθος υλοποίησης για προσάρτηση σε ζώνη στήθους	
ΜΛ07	Επιλογή ζώνης που διευκολύνει τις κινήσεις	
ΜΛ08	Δυνατότητα χρήσης σε περιορισμένο χώρο, π.χ. εντός οικιακού περιβάλλοντος	
ΜΛ09	Ηλεκτρική παροχή από τη θύρα επικοινωνίας με τον υπολογιστή	
ΜΛ10	Εύκολη σύνδεση αισθητήρων (γυροσκόπια) στη συσκευή	
ΜΛ11	Να μην χρειάζεται κάποια εξειδικευμένη εκπαίδευση από τον χρήστη	
ΜΛ12	Μια ανυψωμένη βάση για την εκπαίδευση του ασθενούς	
ΜΛ13	Μεγάλη επιφάνεια προβολής για συγκέντρωση του χρήστη στο παιχνίδι, π.χ. με χρήση projector ή μεγάλης οθόνης (>50")	

8. Συμπεράσματα

Στην διπλωματική εργασία που παρουσιάστηκε παραπάνω, έγινε μελέτη των σοβαρών παιχνιδιών στην υποβοήθηση ανθρώπων με νευροεκφυλιστικές ασθένειες και συγκεκριμένα το PD. Από τη μελέτη προέκυψε ότι το κύριο πρόβλημα είναι η σταδιακή απώλεια της σταθερότητας στην στάση και στην κίνηση του σώματος, η οποία χαρακτηρίζεται από ένα τρέμουλο. Πλήθος εργασιών δείχνουν ότι η εκπαίδευση των πασχόντων με τη χρήση παιχνιδιών, βελτιώνουν την αντίδρασή τους και μειώνουν έτσι το πλήθος των πτώσεων.

Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας επιλέχθηκε να δημιουργηθεί μια συσκευή υλικού η οποία θα προσαρτάται στον πάσχοντα και θα συμμετέχει σε ένα παιχνίδι. Το παιχνίδι επιλέχθηκε να είναι ένας προσομοιωτής σκι, στον οποίο πραγματοποιεί όλες τις βασικές κινήσεις και οι οποίες είναι ομαλές. Παράλληλα με την εξέλιξη του παιχνιδιού, αναγκάζεται να βελτιώσει την απόκρισή του καθώς απαιτούνται πιο γρήγορες και απότομες κινήσεις.

Αναπτύχθηκε μια συσκευή βασισμένη σε Arduino, η οποία περιελάμβανε ένα Arduino Leonardo και 2 MPU-6050 αισθητήρες γυροσκόπια-επιταχυνσιόμετρα. Η συσκευή αναγνώριζε την αρχική στάση του σώματος και υπολόγιζε κάθε κίνηση ως διαφορά της τρέχουσας από την προηγούμενη κατάσταση. Στη συνέχεια μεταφράζεται αυτή η διαφορά σε κίνηση μπροστά-πίσω-δεξιά ή αριστερά και επιλογή του κατάλληλου πλήκτρου χειρισμού. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ο έλεγχος του εικονικού παίκτη στο παιχνίδι μεταφράζοντας την πραγματική κίνηση του πάσχοντα.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας δεν είναι να δοκιμαστεί σε άτομα με PD, καθώς η αξία και η χρήση των σοβαρών παιχνιδιών, τέτοιου τύπου, έχει αποδειχτεί σε πλήθος άλλων εργασιών που αναφέρθηκαν στο κείμενο. Αντίθετα, στόχος είναι η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος και η αξιολόγησή του ως προς την εφικτότητα και την απόκρισή του. Δοκιμάστηκε έτσι το σύστημα σε άτομα που δεν πάσχουν και διαπιστώθηκε η ορθή απόκριση σε κάθε χρήστη – δοκιμαστή, με επιτυχία, ενώ οι συνθήκες ομοιάζαν αυτές που περιγράφονται σε σχετικά επιστημονικά άρθρα για παρόμοιες λύσεις.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Κώδικας του συστήματος

```
// VIN -----> 5V
// VIN 2 -----> 5V
// MPU AD0 ---> GND
// MPU 2 AD0---> 5V
// GND -----> GND
// SCL -----> SCL PIN
// SDA -----> SDA PIN

#include <Wire.h>
#include <Keyboard.h>
#include <MPU6050.h>

MPU6050 mpu;

int16_t gyro_x, gyro_y, gyro_z, accel_x, accel_y, accel_z;
MPU6050 mpu2(0x69);

int16_t gyro_x2, gyro_y2, gyro_z2, accel_x2, accel_y2,
accel_z2;

const int ledPinGreen = 8;
const int ledPinBlue = 9;
const int ledPinRed = 10;
const int buttonPin = 11;
int buttonPushCounter = 0;
int buttonState = 0;
int lastButtonState = 0;
int16_t body_angle_X;
int16_t body_angle_Y;

void setup() {
    pinMode(buttonPin, INPUT);
```

```

pinMode(ledPinGreen, OUTPUT);
pinMode(ledPinRed, OUTPUT);
pinMode(ledPinBlue, OUTPUT);
Serial.begin(9600);
Wire.begin();
mpu.initialize();
if (!mpu.testConnection()) {
    while (1);
}
mpu2.initialize();
if (!mpu2.testConnection()) {
    while (1);
}
}

void loop() {
    Keyboard.begin();

    mpu.getMotion6(&gyro_x, &gyro_y, &gyro_z, &accel_x,
&accel_y, &accel_z);

    int gyro_X = map(gyro_x, -16000, 16000, -90, 90);
    int gyro_Y = map(gyro_y, -16000, 16000, -90, 90);
    int gyro_Z = map(gyro_z, -16000, 16000, -90, 90);
    int accel_X = map(accel_x, -16000, 16000, -90, 90);
    int accel_Y = map(accel_y, -16000, 16000, -90, 90);
    int accel_Z = map(accel_z, -16000, 16000, -90, 90);

    mpu2.getMotion6(&gyro_x2, &gyro_y2, &gyro_z2, &accel_x2,
&accel_y2, &accel_z2);

    int gyro_X2 = map(gyro_x2, -16000, 16000, -90, 90);
    int gyro_Y2 = map(gyro_y2, -16000, 16000, -90, 90);
    int gyro_Z2 = map(gyro_z2, -16000, 16000, -90, 90);
    int accel_X2 = map(accel_x2, -16000, 16000, -90, 90);
    int accel_Y2 = map(accel_y2, -16000, 16000, -90, 90);
    int accel_Z2 = map(accel_z2, -16000, 16000, -90, 90);

    Serial.print(gyro_X);

```

```
Serial.print("\t");
Serial.print(gyro_Y);
Serial.print("\t");
Serial.print(gyro_Z);
Serial.print("\t");
Serial.print(accel_X);
Serial.print("\t");
Serial.print(accel_Y);
Serial.print("\t");
Serial.print(accel_Z);
Serial.print("\t");
Serial.print("\t");
Serial.print(gyro_X2);
Serial.print("\t");
Serial.print(gyro_Y2);
Serial.print("\t");
Serial.print(gyro_Z2);
Serial.print("\t");
Serial.print(accel_X2);
Serial.print("\t");
Serial.print(accel_Y2);
Serial.print("\t");
Serial.print(accel_Z2);
Serial.print("\t");
Serial.print("\t");
Serial.print(body_angle_Y);
Serial.print("\t");
Serial.print(body_angle_X);
Serial.println("");

int keyboard_delay=15;
int body_angle = 6;
buttonState = digitalRead(buttonPin);
```

```
if (buttonState != lastButtonState) {
  if (buttonState == HIGH) {
    buttonPushCounter++;
    Serial.println("on");
    Serial.print("number of button pushes:  ");
    Serial.println(buttonPushCounter);
  }
  else {
    Serial.println("off");
  }
  delay(10);
}
lastButtonState = buttonState;
if (buttonPushCounter % 3 == 0)
{
  digitalWrite(ledPinRed, HIGH);
  digitalWrite(ledPinBlue, LOW);
  digitalWrite(ledPinGreen, LOW);
}
else if (buttonPushCounter % 3 == 1)
{
  digitalWrite(ledPinRed, LOW);
  digitalWrite(ledPinBlue, HIGH);
  digitalWrite(ledPinGreen, LOW);
  body_angle_Y = gyro_Y;
  body_angle_X = gyro_X;
}
else
{
  digitalWrite(ledPinRed, LOW);
  digitalWrite(ledPinBlue, LOW);
  digitalWrite(ledPinGreen, HIGH);
  Serial.print(body_angle_Y);
```

```
    Serial.print(body_angle_X);
    if((gyro_Y) < body_angle+body_angle_Y)
    {
        Keyboard.press(KEY_LEFT_ARROW);
        delay(keyboard_delay);
    }
    if((gyro_Y) > -body_angle+body_angle_Y)
    {
        Keyboard.press(KEY_RIGHT_ARROW);
        delay(keyboard_delay);
    }
    if((gyro_X) > -body_angle+body_angle_X)
    {
        Keyboard.press(KEY_DOWN_ARROW);
        delay(keyboard_delay);
    }
    if((accel_X2) >= 170 or (accel_Y2) >= 170 or (accel_Z2) >= 170
)
    {
        Keyboard.press(KEY_UP_ARROW);
        delay(keyboard_delay);
    }
}
delay(20);
Keyboard.releaseAll();
}
```


Βιβλιογραφία

- [1] «EPDA,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.epda.eu.com/>. [Πρόσβαση 10 10 2018].
- [2] «Parkinson's Foundation,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.parkinson.org/>. [Πρόσβαση 10 10 2017].
- [3] «Parkinson's New Day,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://parkinsonsnewstoday.com/parkinsons-disease-statistics/> [Πρόσβαση 25 10 2018].
- [4] K. R. Chaudhuri, D. G. Healy, and a H. Schapira, “Non-motor symptoms of Parkinson’s disease: diagnosis and management,” *Lancet Neurol*, vol. 5, no. 3, pp. 235–245, 2006.
- [5] J. Jankovic, “Parkinson’s disease: clinical features and diagnosis,” *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, vol. 79, no. 4, pp. 368–376, Apr. 2008.
- [6] J. Jankovic, K. S. Schwartz, and W. Ondo, “Re-emergent tremor of Parkinson ’ s disease,” pp. 646– 650, 1999.
- [7] G. Wulf, M. Landers, R. Lewthwaite, and T. Töllner, “External focus instructions reduce postural instability in individuals with Parkinson disease.,” *Phys. Ther.*, vol. 89, no. 2, pp. 162–168, 2009.
- [8] J. a Opara, W. Brola, M. Leonardi, and B. Błaszczuk, “Quality of life in Parkinson’s disease.,” *J. Med. Life*, vol. 5, no. 4, pp. 375–81, 2012.
- [9] J. Jankovic, “Parkinson’s disease: clinical features and diagnosis,” *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, vol. 79, no. 4, pp. 368–76, Apr. 2008.
- [10] R. Bhidayasiri and D. Tarsy, “Movement Disorders: A Video Atlas,” pp. 4–6, 2012.
- [11] «International Parkinson and Movement Disorder Society,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.movementdisorders.org/MDS.htm>. [Πρόσβαση 26 10 2018].
- [12] «American Parkinson Disease Association,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.apdaparkinson.org/>. [Πρόσβαση 26 10 2018].
- [13] M. R. Semenchuk, “Medical Management of Parkinson’s Disease.,” [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2730785/>. [Πρόσβαση 26 10 2018].
- [14] V. a. Goodwin, S. H. Richards, R. S. Taylor, A. H. Taylor, and J. L. Campbell, “The effectiveness of exercise interventions for people with Parkinson’s disease: A systematic

- review and meta-analysis," *Mov. Disord.*, vol. 23, no. 5, pp. 631–640, 2008
- [15] S J. Alvarez and L. Michaud, *Serious Games: Advergaming, Edugaming, Training, and More*, IDATE, 2008.
- [16] «SERIOUS GAMES ASSOCIATION,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.sga-sg.org/>. [Πρόσβαση 5 11 2018].
- [17] S. Mccallum, *Gamification and Serious Game for Personalized Health*, *Stud Health Technol Inform* (2012), 85-96.
- [18] M. Holden, *Virtual environments for motor rehabilitation: review*, *Cyberpsychology Behav.* 8 (2005) 187–211.
- [19] *Learning theories*, «dopamine, games and motivation,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.learning-theories.com/dopamine-games-motivation.html>. [Πρόσβαση 9 11 2018].
- [20] «Wiki» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://el.wikipedia.org/wiki/Wii> [Πρόσβαση 13 11 2018].
- [21] «Parent giving,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.parentgiving.com/elder-care/the-nintendo-wii-as-therapy-for-parkinsons-disease/>. [Πρόσβαση 12 11 2018].
- [22] Wikipedia, «Kinect,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>. [Πρόσβαση 13 11 2018].
- [23] phys.org, «Novel Kinect system helps keep Parkinson's patients moving,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://phys.org/news/2018-05-kinect-parkinson-patients.html>. [Πρόσβαση 13 11 2018].
- [24] Wikipedia, «Arduino,» [Ηλεκτρονικό] <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino..> [Πρόσβαση 13 12 2018].
- [25] Arduino, «What is Arduino?,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Πρόσβαση 13 12 2018].
- [26] eProLabs, «Arduino Leonardo,» [Ηλεκτρονικό] https://wiki.eprolabs.com/index.php?title=Arduino_Leonardo. [Πρόσβαση 13 12 2018].
- [27] Wikipedia, «Arduino IDE,» [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino_IDE. [Πρόσβαση 13 12 2018].
- [28] MAKERPRO, «A review of basic IMU sensors that work with Arduino, and how to interface Arduino with the best sensor available.,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://maker.pro/arduino/tutorial/how-to-interface-arduino-and-the-mpu-6050-sensor>. [Πρόσβαση 13 12 2018].

- [29] ElectronicWings, «Sensors & Modules,» [Ηλεκτρονικό]. Available <https://www.electronicwings.com/sensors-modules/mpu6050-gyroscope-accelerometer-temperature-sensor-module>:. [Πρόσβαση 13 12 2018].
- [30] Wikipedia, «I²C,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://el.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>. [Πρόσβαση 13 12 2018].
- [31] Instructables, «Arduino - MPU6050 GY521 - 6 Axis Accelerometer + Gyro (3D Simulation With Processing),» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.instructables.com/id/Arduino-MPU6050-GY521-6-Axis-Accelerometer-Gyro-3D/>. [Πρόσβαση 13 12 2018].
- [32] Electronicwings, «MPU6050 Interfacing With Arduino UNO r,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.electronicwings.com/arduino/mpu6050-interfacing-with-arduino-uno>. [Πρόσβαση 13 12 2018].
- [33] YouTube, «Get Value from Multiple MPU6050 Using Arduino with Code,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=fvWNnUdWwrA>. [Πρόσβαση 13 12 2018].
- [34] «fritzing,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://fritzing.org/home/>. [Πρόσβαση 14 12 2018].
- [35] ARDUINO, «SETUP(),» [Ηλεκτρονικό]. Available <https://www.arduino.cc/reference/en/language/structure/sketch/setup/>:. [Πρόσβαση 17 12 2018].

Πηγές Εικόνων

Εικόνα 1: Ορισμός των σοβαρών παιχνιδιών. [17]

Εικόνα 2: Αύξηση των δημοσιεύσεων για το serious gaming στις ψηφιακές βιβλιοθήκες των ACM και IEEE. [17]

Εικόνα 3: Αύξηση των serious games στη βιομηχανία. [17]

Εικόνα 4: Μπούουλινγκ. <http://www.knowabouthealth.com/play-nintendo-wii-to-stay-fit/1260/>

Εικόνα 5: Τένις.

<https://well.blogs.nytimes.com/2007/12/27/wii-video-workouts-dont-beat-real-sports/>

Εικόνα 6: FOG. <https://phys.org/news/2018-05-kinect-parkinson-patients.html>

Εικόνα 7: Το μοντέλο αξιολόγησης ποιότητας του McCall.

Εικόνα 8: Προτεινόμενο σύστημα. Η εικόνα δημιουργήθηκε μέσω του online προγράμματος σχεδίασης befunky. <https://www.befunky.com>

Εικόνα 9: Σημεία τοποθέτησης Gyro MPU πάνω στον χρήστη. <https://www.befunky.com>

Εικόνα 10: Κίνηση δεξιά. <https://www.befunky.com>

Εικόνα 11: Κίνηση αριστερά. <https://www.befunky.com>

Εικόνα 12: Επιβράδυνση. <https://www.befunky.com>

Εικόνα 13 : Κίνηση χεριού. <https://www.befunky.com>

Εικόνα 14: Χαρακτηριστικά Arduino Leonardo.

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo/>

Εικόνα 15: Arduino IDE.

Εικόνα 16: MPU-6050. [29]

Εικόνα 17: MPU-6050 pins.[29]

Εικόνα 18: Λειτουργία επιταχυνσιόμετρου.[28]

Εικόνα 19: Ταχύτητα περιστροφής γυροσκοπίου σε X,Y,Z άξονες. [29]

Εικόνα 20: Κατασκευή τύπου πιρουνιού. [28]

Εικόνα 21: Δίαυλος I²C. [30]

Εικόνα 22: Σύνδεση Arduino με MPU-6050 μέσω analog pin. [28]

Εικόνα 23: Σύνδεση Arduino με MPU-6050 μέσω SDA και SCL pin. [32]

Εικόνα 24: Σύνδεση Arduino με 2 MPU-6050. [33]

Εικόνα 25: Ολοκληρωμένη κατασκευή τελικού συστήματος Arduino Leonardo με 2 MPU-6050. Η εικόνα σχεδιάστηκε με την βοήθεια της εφαρμογής fritzing.

<http://fritzing.org/home/>

Εικόνα 26: Συναρτήσεις setup() και loop().

Εικόνα 27: Σύστημα με πλατόρμα Arduino Leonardo.

Εικόνα 28: Αισθητήρες MPU-6050 στη ζώνη και στο χέρι.

Εικόνα 29: Φορετό σύστημα σε χρήστη.

Εικόνα 30: Κίνηση χρήστη-προσομοιωτή με κλίση δεξιά.

Εικόνα 31: Κίνηση χρήστη-προσομοιωτή με κλίση αριστερά.

Εικόνα 32: Κίνηση κορμού χρήστη προς τα πίσω.

Εικόνα 33: Κίνηση κορμού χρήστη προς τα εμπρός.

Εικόνα 34: Απόκριση συστήματος σε πραγματικό χρόνο.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

1. Befunky
<https://www.befunky.com/>
2. Fritzing
<http://fritzing.org/>
3. Arduino IDE
<https://www.arduino.cc/en/main/software>
4. Paint
5. Paint 3D

