



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Περιγραφή Αρχιτεκτονικής Συστήματος Ιατρικής Επιχειρησιακής Νοημοσύνης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Π. Παπανικολόπουλος

Επιβλέπων : Διονύσιος-Δημήτριος Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Περιγραφή Αρχιτεκτονικής Συστήματος Ιατρικής Επιχειρησιακής Νοημοσύνης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Π. Παπανικολόπουλος

Επιβλέπων : Διονύσιος-Δημήτριος Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 02^η Μαρτίου 2017.

.....
Δ. Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Γ. Ματσόπουλος
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Π. Τσανάκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2017

.....

Ιωάννης Π. Παπανικολόπουλος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ιωάννης Π. Παπανικολόπουλος 2017.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική έχει ως στόχο την περιγραφή ενός συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης εξειδικευμένο για τις ανάγκες των ασθενών του Πάρκινσον.

Το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (MBI - Medical Business Intelligence) που περιγράφουμε, θα χρησιμοποιεί σύγχρονες τεχνολογίες επικοινωνιών και πληροφορικής (κάμερες βάθους, Kinect, βάσεις δεδομένων, τηλεπαρακολούθηση κτλ.). Μέσω ειδικά σχεδιασμένων παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας και ειδικών αισθητήρων (γυροσκόπια, μαγνητόμετρα, επιταχυνσιόμετρα), σε συνδυασμό με τη βοήθεια της τεχνολογίας απτικής ανάδρασης και εικονικού ελέγχου, ο ασθενής του Πάρκινσον θα υποβοηθείται όσον αφορά την πρόληψη των πτώσεων που προκαλούνται λόγω βραδυκινησίας και ακαμψίας κατά την εξέλιξη της νόσου. Επίσης, μέσω της χρήσης κατάλληλων εφαρμογών λογισμικού και αισθητήρων παρακολουθείται το τρέμουλο του ασθενούς. Το εν λόγω σύστημα θα λαμβάνει δεδομένα από την καθημερινότητα του ασθενούς και έπειτα από την επεξεργασία όλων των ανωτέρω στοιχείων θα παρέχει στον ασθενή προσωπικά διαμορφωμένη βοήθεια συμβάλλοντας έτσι στην ανεξαρτητοποίηση του τρόπου ζωής του. Το MBI, διαμορφώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρακινεί τους ασθενείς να ακολουθούν το θεραπευτικό σχήμα που έχουν διαμορφώσει γι' αυτόν οι κλινικοί ιατροί (βλ. Άσκηση, φαρμακευτική αγωγή) με έναν φιλικό προς το χρήστη τρόπο. Τέλος, όλα τα συστατικά στοιχεία του συστήματος που παρουσιάζονται και αναλύονται στη συνέχεια, επιλέχθηκαν με βάση το προσιτό οικονομικό κόστος, την αξιοπιστία τους ως προς τη διαδικασία διάγνωσης και αποκατάστασης του ασθενούς και την προστασία των προσωπικών δεδομένων του ατόμου.

Λέξεις – Κλειδιά

MBI, κάμερες βάθους, τηλεπαρακολούθηση, Kinect, αισθητήρες, DSS, μηχανή γραφικών, παιχνίδια, βάσεις δεδομένων, επικοινωνίες, δεδομένα, Πάρκινσον

Abstract

The purpose of this thesis is to describe a medical business intelligence system specialized for the needs of Parkinson's patients.

The system will use modern communication and information technologies (depth cameras, Kinect, databases, remote monitoring etc.). Through specially designed virtual reality games and special sensors (gyroscopes, magnetometers, accelerometers), where with the help of technology tactile feedback and virtual control, the Parkinson's patient will be assisted in the prevention of falls caused by bradykinesia and rigidity as evolving disease. Also through specialized software applications in conjunction with the sensors mentioned, the tremble can be monitored. So as the system takes data from the patient's daily life, the custom help will be provided by experts contribute to a more independent lifestyle, always giving first priority to patient safety. The MBI is formed in such a way that motivates patients to exercise more, in a friendly way. Finally, all components of the system that are presented and analyzed in this thesis, are selected based on the affordable cost, the oriented form in the patient's diagnosis and rehabilitation and the protection of individual privacy.

Key – Words

MBI, depth sensors, telemonitoring, Kinect, sensors, DSS, graphics engine, games, data bases, communications, data, Parkinson

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	10
2.	Η Νόσος του Πάρκινσον	11
2.1	Ταξινόμηση.....	13
2.2	Σημάδια και συμπτώματα.....	13
2.3	Αίτια.....	17
2.4	Διάγνωση.....	18
2.5	Πρόληψη	18
2.6	Αποκατάσταση ασθενών με νόσο του Πάρκινσον.....	19
2.7	Επιδημιολογία	20
3.	Προεπισκόπηση Συστήματος	22
4.	Σύνοψη των Απαιτήσεων	23
4.1	Σύνοψη των Απαιτήσεων για τους Χρήστες.....	24
4.1.1	Απαιτήσεις Ασθενών	24
4.1.2	Απαιτήσεις Ιατρών.....	26
4.1.3	Απαιτήσεις Ανεπίσημων Φροντιστών	27
4.2	Προτεινόμενες Υπηρεσίες	28
4.3	Λειτουργίες και Χαρακτηριστικά.....	28
4.3.1	Εκπαίδευση και Αποκατάσταση Ασθενών με Πάρκινσον	29
4.3.2	Χαρακτηριστικά Συστήματος Ιατρικής Επιχειρησιακής Νοημοσύνης.....	32
5.	Περιγραφή Περιπτώσεων Χρήσης.....	33
5.1	Περιπτώσεις Χρήσης για τις Λειτουργίες Εγγραφής.....	33
5.2	Περιπτώσεις Χρήσης για τις Συνεδρίες Εκπαίδευσης.....	37
5.3	Περιπτώσεις Χρήσης για τη Διαχείριση Αρχείων	47
5.4	Ανάπτυξη Περιπτώσεων Χρήσης	50
6.	Περιγραφή Υποσυστημάτων	55
6.1	Μηχανή Γραφικών Πραγματικού Χρόνου	58
6.2	Ελεγκτής Παιχνιδιών Πραγματικού Χρόνου.....	61
6.3	Διεπαφή Παιχνιδιού	63
6.4	Σύστημα Αισθητήρων.....	71
6.5	Σύστημα Τηλεπαρακολούθησης	78
6.6	Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS)	83
6.7	Επικοινωνίες Δεδομένων	88
6.8	Χαρακτηριστικά Βάσης Δεδομένων	94
7.	Επίλογος.....	100
8.	Βιβλιογραφία.....	101

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: Απεικόνιση του εγκεφάλου ασθενούς που πάσχει από τη Νόσο του Πάρκινσον [1]	11
Εικόνα 2: Άνδρας που πάσχει από τη νόσο του Πάρκινσον με ελαφρός λυγισμένη στάση σώματος [10]	14

Εικόνα 3: Χειρόγραφο ατόμου που πάσχει από τη νόσο του Πάρκινσον [11]	15
Εικόνα 4: Ασθενείς του Πάρκινσον σε πρόγραμμα αποκατάστασης [27]	19
Εικόνα 5: Θάνατοι από τη νόσο του Πάρκινσον ανά 1.000.000 άτομα [29]	21
Εικόνα 6: Περιγραφή αρχιτεκτονικής συστήματος.....	57
Εικόνα 7: Πλήρες διάγραμμα με τα υποσυστήματα της εφαρμογής παιχνιδιού.....	60
Εικόνα 8: Αρχιτεκτονική ελεγκτή παιχνιδιού	62
Εικόνα 9: Λίστα με τις στάσεις σώματος σε μια άσκηση.....	62
Εικόνα 10: Ballon Game [65]	65
Εικόνα 11: Obstacle Game [66]	67
Εικόνα 12: Balloon Goon Exergame [67].....	68
Εικόνα 13: Στιγμιότυπο της διεπαφής του παιχνιδιού [68].....	69
Εικόνα 14: Στιγμιότυπο κατά την εκτέλεση του παιχνιδιού [68].....	70
Εικόνα 15: Αρχιτεκτονική συστήματος του παιχνιδιού [68].....	70
Εικόνα 16: Αρχιτεκτονική βασισμένη σε smartphone [69].....	73
Εικόνα 17: Συγκριτικές εικόνες από το επιταχυνσιόμετρο ενός iPhone και EMG ανάλυση για όλες τις περιπτώσεις τρέμουλου [71].....	74
Εικόνα 18: UI της εφαρμογής. α) Κύρια δραστηριότητα β) Λεπτομέρειες ειδοποιήσεων [6] 75	
Εικόνα 19: Η εφαρμογή SmartMove [72]	76
Εικόνα 20: Η αρχιτεκτονική τηλεπαρακολούθησης του συστήματος	79
Εικόνα 21: Αλγόριθμος επεξεργασίας εικόνας	81
Εικόνα 22: Τα 9 σημεία του σώματος (με λευκό)	82
Εικόνα 23: Τύπος IP κάμερας	82
Εικόνα 24: Τοπολογία δικτύου σε συνδεσμολογία αστέρα.....	91
Εικόνα 25: Αρχιτεκτονική δικτύου σε τοπολογία αστέρα.....	93
Εικόνα 26: Οντότητες που σχετίζονται με τη σχεδίαση των παιχνιδιών	96
Εικόνα 27: . Οντότητες που σχετίζονται με τη συνεδρία παιχνιδιού	98
Εικόνα 28: . Διάγραμμα σχέσεων οντοτήτων.....	99

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Εγγραφή του χρήστη από τον διαχειριστή	34
Πίνακας 2: Πιστοποίηση του χρήστη	35
Πίνακας 3: Κατέβασμα ασκήσεων για το παιχνίδι	37
Πίνακας 4: Διαμόρφωση παιχνιδιού από τον ιατρό.....	38
Πίνακας 5: Προετοιμασία παιχνιδιού	39
Πίνακας 6: Εκτέλεση του παιχνιδιού	40
Πίνακας 7: Αίτηση των δεδομένων του αισθητήρα.....	41
Πίνακας 8: Αίτημα σήματος ανάδρασης.....	42
Πίνακας 9: Ειδοποιήσεις περιεχομένου.....	43
Πίνακας 10: Εκτίμηση της κινηματικής ανάλυσης.....	44
Πίνακας 11: Εκτίμηση κινδύνου πτώσης	45
Πίνακας 12: Επιθεώρηση της εκτίμησης κινδύνου πτώσης	46

Πίνακας 13: Σχεδιασμός πλάνου αναμόρφωσης.....	47
Πίνακας 14: Επιλογή λογαριασμού ασθενούς.....	48
Πίνακας 15: Διαχείριση του ιατρικού φακέλου.....	49
Πίνακας 16: Συμπλήρωση του ηλεκτρονικού ημερολογίου.....	49
Πίνακας 17: Ενημέρωση του σέρβερ του MBI.....	50
Πίνακας 18: Περιγραφή σεναρίου περιπτώσεων χρήσης βασικών λειτουργιών του συστήματος.....	55
Πίνακας 19: Είσοδοι και έξοδοι του DSS.....	87
Πίνακας 20: Τεχνολογίες επικοινωνιών.....	90
Πίνακας 21: Ζώνες συχνότητων και ρυθμοί μετάδοσης για το πρότυπο IEEE 802.15.4.....	90

1. Εισαγωγή

Στις μέρες μας, οι υποδομές δικτύωσης που παρέχονται είναι υψηλής ποιότητας και αξιοπιστίας, με αποτέλεσμα όλο και περισσότεροι οργανισμοί και επιχειρήσεις να βασίζονται στα πληροφοριακά συστήματα για την οργάνωση και παροχή των πληροφοριών και των υπηρεσιών που διαθέτουν.

Ο χώρος της υγείας κατ' επέκταση γίνεται δέκτης μεγάλων αλλαγών, αφού για την καλύτερη διαχείριση των διάφορων υποδομών και την αρτιότερη εξυπηρέτηση των ασθενών, αφομοιώνει μεγάλο μέρος των τεχνολογικών εξελίξεων που συντελούνται. Έτσι, έννοιες όπως η τηλεϊατρική, η τηλεπαρακολούθηση ασθενών και τα ειδικά προγράμματα λογισμικού για την παρακολούθηση διάφορων ασθενειών, αποτελούν χρήσιμα εργαλεία, τόσο για τους ιατρούς όσο και για τους ασθενείς, αφού διευρύνουν το πεδίο έρευνας, διάγνωσης και αποκατάστασης των ασθενών.

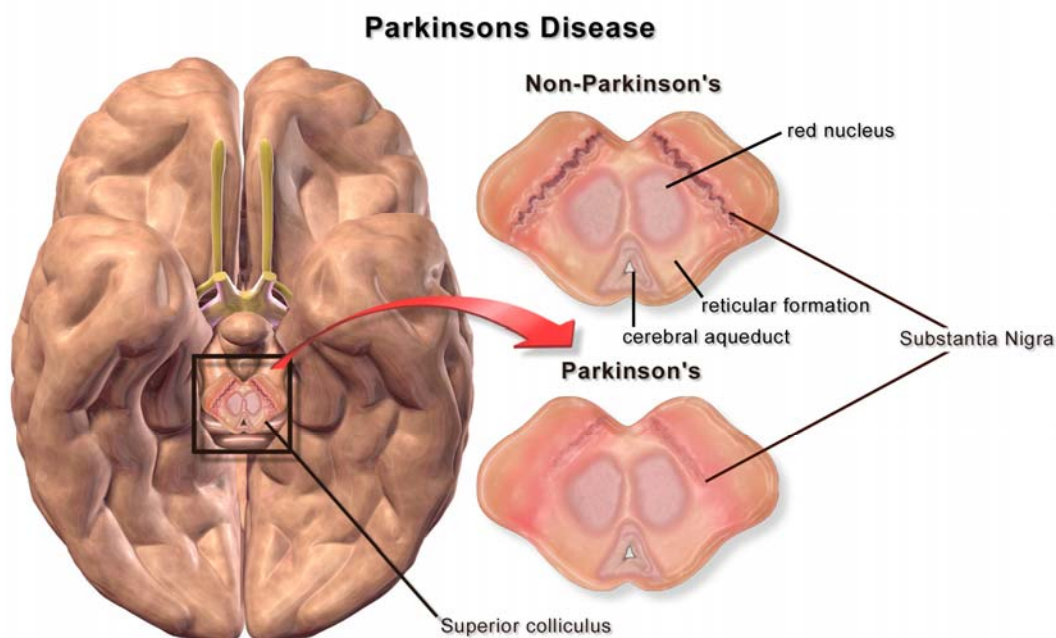
Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η περιγραφή ενός συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης που θα βοηθήσει τους ασθενείς που πάσχουν από τη νόσο του Πάρκινσον να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής τους. Μέσω του εν λόγω συστήματος, δίνεται η δυνατότητα σε ειδικούς θεραπευτές και ιατρούς να σχεδιάσουν εξειδικευμένα προγράμματα παρακολούθησης ασθενών και στη συνέχεια, με βάση τα ατομικά δεδομένα του κάθε παρακολουθούμενου ασθενούς, να σχεδιάσουν τα κατάλληλα προγράμματα αποκατάστασης.

Αναλυτικότερα, , στο κεφάλαιο 2, γίνεται μια παρουσίαση της νόσου του Πάρκινσον και μια προσπάθεια ταξινόμησης των συμπτωμάτων της. Επίσης παρουσιάζονται τα αίτια της νόσου και γίνεται μια αναφορά στους τρόπους διάγνωσης αλλά και πρόληψης της νόσου. Τέλος ακολουθεί μια περίληψη από υφιστάμενες τεχνικές για την αποκατάσταση των ασθενών και κάποια στατιστικά στοιχεία που αφορούν την επιδημιολογία της νόσου. Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 3 πραγματοποιείται η προεπισκόπηση του συστήματος και αναφέρονται οι υψηλού επιπέδου λειτουργίες του συγκεκριμένου μοντέλου παροχής υπηρεσιών. Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται μια σύνοψη των απαιτήσεων για όλους τους ενδιαφερόμενους και γίνεται μια εκτεταμένη αναφορά για τις απαιτήσεις των ασθενών, των ιατρών και των ανεπίσημων φροντιστών. Αναφορά γίνεται επίσης στις υπηρεσίες που το σύστημα θα πρέπει να παρέχει, έτσι ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες των χρηστών, ενώ τέλος ακολουθούν οι λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά του συστήματος. Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 5 γίνεται μια περιγραφή των περιπτώσεων χρήσης με έμφαση στις λειτουργίες και στις δυνατότητες που παρουσιάζουν τα εργαλεία και οι συσκευές του συστήματος, αλλά και το ρόλο που παίζει η κάθε μια παράμετρος μέσα στο σύστημα. Τέλος εκτελείται ένα σενάριο που αποτελείται από περιπτώσεις χρήσης και απεικονίζει μια τυπική ακολουθία των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συνιστωσών του συστήματος και των ενδιαφερόμενων μερών. Μια αναλυτική περιγραφή των υποσυστημάτων και της αρχιτεκτονικής του συστήματος γίνεται στο κεφάλαιο 6 όπου και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση, στους τύπους των αισθητήρων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, και στην

παρουσίαση των κατάλληλων παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας. Τέλος, στο κεφάλαιο 7 εξάγονται κάποια συμπεράσματα, ενώ στο κεφάλαιο 8 παρατίθεται η βιβλιογραφία.

2. Η Νόσος του Πάρκινσον

Η νόσος του Πάρκινσον (ΝΠ), γνωστή και ως ιδιοπαθής ή πρωτοπαθής παρκινσονισμός ή τρομώδης παράλυση, είναι μια εκφυλιστική διαταραχή του κεντρικού νευρικού συστήματος. Τα κινητικά συμπτώματα της νόσου Πάρκινσον είναι απόρροια του θανάτου των ντοπαμινεργικών κυττάρων της μέλαινας ουσίας, το στρώμα φαιάς ουσίας που διαχωρίζει την καλύπτρα του μεσεγκεφάλου από το εγκεφαλικό στέλεχος, με την αιτία αυτού του κυτταρικού θανάτου να μην έχει κατανοηθεί από την επιστήμη. Στα πρώτα στάδια της νόσου, τα πιο προφανή συμπτώματα είναι κινητικά και περιλαμβάνουν τρέμουλο, ακαμψία, βραδυκινησία και δυσχέρεια στην βάδιση (κλασσική τετράδα συμπτωμάτων της νόσου). Αργότερα, μπορεί να εμφανιστούν ψυχιατρικές εκδηλώσεις, με την άνοια να εμφανίζεται στα απότερα στάδια της νόσου, ενώ η κατάθλιψη είναι το συχνότερο σύμπτωμα. Η νόσος περιλαμβάνει επίσης αισθητικές διαταραχές καθώς και διαταραχές ύπνου. Η νόσος Πάρκινσον είναι συχνότερη στη τρίτη ηλικία και συχνότερα στις ηλικίες άνω των 50 ετών. Υπολογίζεται ότι περίπου 1% του γενικού πληθυσμού άνω των 65 ετών πάσχει από την νόσο.



Εικόνα 1: Απεικόνιση του εγκεφάλου ασθενούς που πάσχει από τη Νόσο του Πάρκινσον [1]

Τα κινητικά συμπτώματα ονομάζονται συνολικά παρκινσονισμός ή παρκινσονικό σύνδρομο. Η νόσος Πάρκινσον ορίζεται συχνά ως παρκινσονικό σύνδρομο με ιδιοπαθή (άγνωστη) αιτιολογία, αν και μερικές άτυπες περιπτώσεις έχουν γενετικό υπόβαθρο. Πολλοί παράγοντες κινδύνου καθώς και προστατευτικοί παράγοντες έχουν διερευνηθεί: οι ισχυρότερες ενδείξεις, αφορούν τον αυξημένο κίνδυνο για εμφάνιση της ΝΠ όταν ο άνθρωπος εκτίθεται σε συγκεκριμένα φυτοφάρμακα, ενώ υπάρχουν ενδείξεις για τον προστατευτικό ρόλο του καπνίσματος στην εκδήλωση της νόσου.

Η παθοφυσιολογία της νόσου χαρακτηρίζεται από την συσσώρευση της πρωτεΐνης α-συνουκλεΐνη σε σωμάτια (σωμάτια Lewy), που βρίσκονται στους νευρώνες και από την ανεπαρκή παραγωγή και λειτουργία της ντοπαμίνης που παράγεται στους κεντρικούς νευρώνες του μεσεγκεφάλου. Τα σωμάτια του Lewy είναι χαρακτηριστικά της νόσου και η κατανομή τους ποικίλει από ασθενή σε ασθενή. Η ανατομική κατανομή των σωματίων συνδέεται άμεσα με την βαρύτητα της νόσου. Η διάγνωση των τυπικών περιπτώσεων γίνεται κλινικά με βάση τα συμπτώματα, ενώ εξετάσεις, όπως η νευροαπεικόνιση, γίνονται για επιβεβαίωση.

Οι μοντέρνες θεραπείες είναι αποτελεσματικές στον περιορισμό των πρώιμων κινητικών συμπτωμάτων της νόσου, κυρίως με την χρήση της λεβαντόπας και των περιφερικών ντοπαμινικών αγωνιστών. Καθώς η νόσος εξελίσσεται και οι ντοπαμινεργικοί νευρώνες συνεχίζουν να αποπύπτουν, τα φάρμακα αυτά σταδιακά αποτυγχάνουν και συγχρόνως προκαλούν την χαρακτηριστική ανεπιθύμητη ενέργεια της δυσκινησίας (φαινόμενο on-off). Συγκεκριμένη διαίτα και ορισμένες μορφές φυσικοθεραπείας έχουν δείξει ότι μπορούν να βελτιώσουν τα συμπτώματα της νόσου. Χειρουργικές επεμβάσεις, καθώς και ο εν τω βάθει εγκεφαλικός ερεθισμός έχουν χρησιμοποιηθεί για την μείωση των συμπτωμάτων σε σοβαρές περιπτώσεις που τα φάρμακα αποτυγχάνουν. Οι νεότερες έρευνες περιλαμβάνουν την χρήση νέων ζωικών μοντέλων της νόσου, την γονιδιακή θεραπεία καθώς και μεταμοσχεύσεις βλαστοκυττάρων και νευροπροστατευτικών παραγόντων. Υπάρχουν επίσης φαρμακευτικές θεραπείες για τα μη-κινητικά συμπτώματα τη νόσου, όπως οι διαταραχές του ύπνου και άλλα ψυχιατρικά συμπτώματα.

Η νόσος πήρε το όνομα της από τον Άγγλο γιατρό James Parkinson που δημοσίευσε την πρώτη περιγραφή της νόσου (An Essay on the Shaking Palsy) το 1817 [2]. Πολλοί διεθνείς οργανισμοί προωθούν την ενημέρωση για την νόσο καθώς και την έρευνα για την βελτίωση του επιπέδου ζωής των ασθενών. Στις προσπάθειες ενημέρωσης του κοινού περιλαμβάνεται και η διεθνής ημέρα για την νόσο του Πάρκινσον στις 11 Απριλίου με σύμβολο την κόκκινη τουλίπα. Στις διάσημες προσωπικότητες που έχουν κάνει προσπάθειες επαγρύπνησης του κοινού για την νόσο συγκαταλέγονται ο ηθοποιός Μάικλ Τζέι Φοξ, ο ολυμπιονίκης ποδηλάτης Davis Phinney και ο μποξέρ Μοχάμεντ Άλι. Η νόσος του Πάρκινσον δεν προσβάλλει μόνο

ανθρώπους αλλά και άλλα πρωτεύοντα, που έχουν χρησιμοποιηθεί για την μελέτη της νόσου [3][4].

2.1 Ταξινόμηση

Ο όρος παρκινσονισμός χρησιμοποιείται για κινητικά σύνδρομα που έχουν ως κύρια συμπτώματα το τρέμουλο, τη δυσκαμψία, την επιβράδυνση της κίνησης και την αστάθεια.

Τα συμπτώματα του πάρκινσον μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες με βάση την προέλευση τους [5].

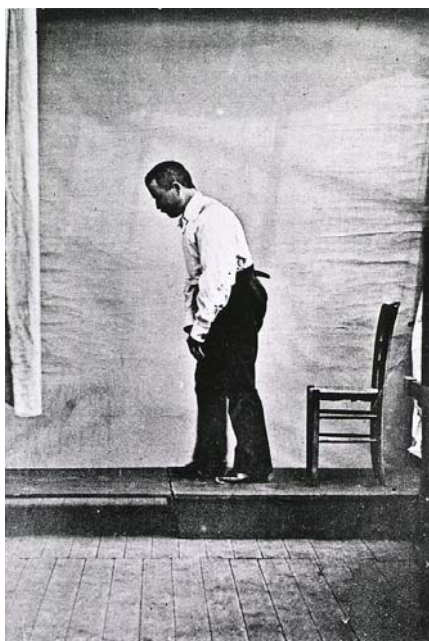
1. Κύρια ή ιδιοπαθή
2. Δευτερεύοντα ή επίκτητα
3. Κληρονομικός παρκινσονισμός και
4. Σύνδρομα πάρκινσον με πολλαπλό εκφυλισμό του συστήματος

Η νόσος του Πάρκινσον είναι η πιο κοινή μορφή του παρκινσονισμού και συνήθως ορίζεται ως "πρωτογενής" παρκινσονισμός, που σημαίνει παρκινσονισμός που δεν έχει εξωτερικά αναγνωρίσιμη αιτία [6]. Τα τελευταία χρόνια έχουν ανακαλυφθεί διάφορα γονίδια που έχουν άμεση σχέση με ορισμένες περιπτώσεις της νόσου του Πάρκινσον. Όσο και αν αυτό έρχεται σε αντίθεση με τον ορισμό της ασθένειας του Πάρκινσον, ως ιδιοπαθής ασθένεια, γενετικές διαταραχές με παρόμοια κλινική πορεία με τη ΝΠ, περιλαμβάνονται γενικά κάτω από τον όρο του Πάρκινσον. Οι όροι «οικογενής νόσος του Πάρκινσον» και «σποραδική νόσος του Πάρκινσον» μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαφοροποίηση της γενετικής από την πραγματικά ιδιοπαθή μορφή της νόσου [7]. Η νόσος του Πάρκινσον έχει χαρακτηριστεί ως διαταραχή της κίνησης, όμως προκαλεί και διάφορα μη κινητικά συμπτώματα όπως γνωστικές δυσκολίες και προβλήματα ύπνου [8]. Από τη σκοπιά της παθοφυσιολογίας, η ΝΠ θεωρείται πως οφείλεται σε μια μη φυσιολογική συγκέντρωση της πρωτεΐνης α-συνουκλείνης στον εγκέφαλο με τη μορφή σωμάτων Lewy σε αντίθεση με άλλες ασθένειες, όπως η νόσος του Alzheimer, όπου ο εγκέφαλος συσσωρεύει πρωτεΐνη tau υπό μορφή νευροϊνιδιακών συμπλεγμάτων[9].

2.2 Σημάδια και συμπτώματα

Η νόσος του Πάρκινσον επηρεάζει την κίνηση με την εμφάνιση κινητικών προβλημάτων. επίσης, συχνά είναι, και μη κινητικά προβλήματα, τα οποία περιλαμβάνουν δυσλειτουργία του αυτόνομου συστήματος, νευροψυχιατρικά προβλήματα (διάθεση, γνωστική λειτουργία, αλλοιώσεις στη συμπεριφορά ή τη σκέψη) ενώ ακόμα συχνές είναι και δυσκολίες που αφορούν τον ύπνο και τις αισθήσεις του ατόμου. Ορισμένα από αυτά τα μη κινητικά συμπτώματα είναι συχνά

παρόντα κατά το χρόνο της διάγνωσης και μπορεί να προηγούνται των κινητικών συμπτωμάτων [5].

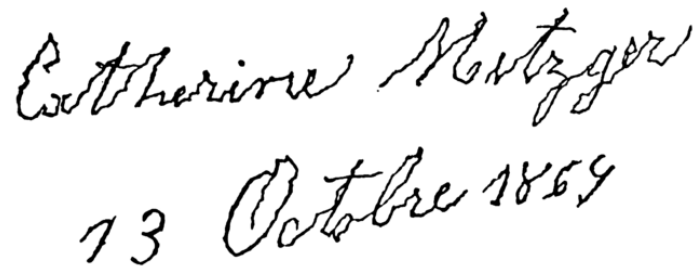


Εικόνα 2: Άνδρας που πάσχει από τη νόσο του Πάρκινσον με ελαφρός λυγισμένη στάση σώματος [10]

Κινητικά συμπτώματα

Τέσσερα κινητικά συμπτώματα θεωρούνται θεμελιώδη στην νόσο του Πάρκινσον: *Τρέμουλο, δυσκαμψία, δυσκολία της κίνησης και αστάθεια* [5].

Το *τρέμουλο* είναι το πιο εμφανές και γνωστό σύμπτωμα. Είναι το πιο κοινό από τα συμπτώματα αν και το 30% των ατόμων με ΝΠ δεν εμφανίζουν τρέμουλο κατά την έναρξη της νόσου, αλλά κατά την πορεία της εξέλιξής της. Το τρέμουλο που εμφανίζεται στη νόσο του Πάρκινσον είναι συνήθως ένα τρέμουλο ηρεμίας. Μεγιστοποιείται δηλαδή, όταν το σκέλος του ασθενούς είναι σε κατάσταση ηρεμίας και εξαφανίζεται με την εκούσια κίνηση και τον ύπνο. Επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό το πιο απομακρυσμένο άκρο του σκέλους και κατά την έναρξη εμφανίζεται συνήθως στο ένα μόνο χέρι ή πόδι ενώ αργότερα μπορεί να επεκταθεί και στα δύο άκρα. Η συχνότητα του τρέμουλου της ΝΠ κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 4 και 6 Hertz (κύκλοι το δευτερόλεπτο). Ένα χαρακτηριστικό που κυριαρχεί στο τρέμουλο είναι το λεγόμενο «pill-rolling», δηλαδή η τάση του δείκτη του χεριού να έρθει σε επαφή με τον αντίχειρα και να εκτελέσουν μαζί μια κυκλική κίνηση [5]. Ο όρος προέρχεται από την ομοιότητα της κίνησης των ατόμων με ΝΠ και μιας προγενέστερης φαρμακευτικής τεχνικής για χειροκίνητη παρασκευή χαπιών [6].



Estherine Metzger
13 Octobre 1859

Εικόνα 3: Χειρόγραφο ατόμου που πάσχει από τη νόσο του Πάρκινσον [11]

Η *βραδυκινησία* είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα της ΝΠ και πρόκειται για μια καθυστέρηση κατά τη διαδικασία της κίνησης [6]. Επί της ουσίας, παρεμποδίζεται η διαδοχική και ταυτόχρονη εκτέλεση της κίνησης. Οι αρχικές εκδηλώσεις της βραδυκινησίας, είναι προβλήματα που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης καθημερινών εργασιών που απαιτούν ακριβή έλεγχο των κινήσεων, όπως η γραφή, το ράψιμο ή το ντύσιμο [5]. Η κλινική αξιολόγηση βασίζεται σε παρόμοια καθήκοντα, όπως οι εναλλασσόμενες κινήσεις ανάμεσα στα δύο χέρια ή δύο πόδια [6]. Η βραδυκινησία δεν είναι ίδια για όλες τις κινήσεις ή όλες τις ώρες. Τροποποιείται από την δραστηριότητα ή τη συναισθηματική κατάσταση του ατόμου, σε σημείο όπου άνθρωποι που μετά βίας μπορούν να περπατήσουν, εξακολουθούν να μπορούν να οδηγήσουν ένα ποδήλατο [5].

Η *ακαμψία* είναι η αντίσταση στην κίνηση των άκρων που προκαλείται από αυξημένο μυϊκό τόνο, μια εκτεταμένη και συνεχόμενη σύσπαση των μυών. Στον Παρκινσονισμό η ακαμψία μπορεί να είναι ομοιόμορφη (lead-ripe ακαμψία) ή κυμαινόμενη (cogwheel ακαμψία) [6]. Η ακαμψία μπορεί να σχετίζεται με πόνο στις αρθρώσεις. Αυτός ο πόνος μπορεί να αποτελεί μια αρχική εκδήλωση της νόσου [5]. Στα αρχικά στάδια της νόσου του Πάρκινσον, η ακαμψία είναι συχνά ασύμμετρη και τείνει να επηρεάσει τους μύες του αυχένα και των ώμων πριν από τους μύες του προσώπου και των άκρων. Με την εξέλιξη, όμως, της νόσου, η ακαμψία επηρεάζει συνήθως ολόκληρο το σώμα και μειώνει την ικανότητα να κινείται.

Η *αστάθεια* είναι ένα χαρακτηριστικό που παρατηρείται συνήθως στα προχωρημένα στάδια της νόσου και οδηγεί σε διαταραχή της ισορροπίας και σε συχνές πτώσεις [12], με συνέπεια το κάταγμα των οστών [5]. Η αστάθεια είναι συχνά απύσχα στα αρχικά στάδια της νόσου, ειδικά σε νεότερους ανθρώπους [6]. Μέχρι και το 40% των ασθενών μπορούν να εμφανίσουν πτώσεις και περίπου το 10% μπορεί να εμφανίζει πτώσεις σε εβδομαδιαία βάση, με τον αριθμό των πτώσεων να είναι σχετικός με τη σοβαρότητα της ΝΠ [5].

Άλλα αναγνωρισμένα κινητικά συμπτώματα είναι, οι διαταραχές στο βάδισμα, όπως βάδισμα ζιγκ-ζαγκ (γρήγορα ανακατεμένα βήματα και μια εμπρός-λυγισμένη στάση σώματος κατά το βάδισμα), η μη φυσιολογική στάση του σώματος, [5], διαταραχές

στην ομιλία και στην κατάποση συμπεριλαμβανομένων και των διαταραχών στη φωνή [13]. Παρόλα αυτά, το εύρος των πιθανών κινητικών προβλημάτων που μπορούν να εμφανιστούν, είναι μεγάλο [5].

Νευροψυχιατρικά συμπτώματα

Η νόσος του Πάρκινσον μπορεί να προκαλέσει νευροψυχιατρικές διαταραχές, οι οποίες μπορεί να κυμαίνονται από ήπιες έως σοβαρές. Τέτοιες διαταραχές μπορεί να είναι: διαταραχές του λόγου, της γνωστικής λειτουργίας, της διάθεσης, της συμπεριφοράς και της σκέψης. Γνωστικές διαταραχές μπορεί να εμφανιστούν στα πρώιμα στάδια της νόσου και μερικές φορές πριν από τη διάγνωση, και αυξάνονται κατά την εξέλιξη της νόσου [14].

Η πιο κοινή γνωστική διαταραχή είναι η εκτελεστική δυσλειτουργία, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει προβλήματα που αφορούν τον προγραμματισμό, τη γνωστική ευελιξία, την αφηρημένη σκέψη, την τήρηση κανόνων, τη μνήμη, καθώς και την επιλογή των σχετικών αισθητήριων πληροφοριών [15]. Μεταξύ άλλων γνωστικών διαταραχών είναι οι: διακυμάνσεις στην προσοχή, η μειωμένη αντίληψη και εκτίμηση του χρόνου και η μειωμένη γνωστική ταχύτητα επεξεργασίας. Η μνήμη επηρεάζεται, ειδικά όταν το άτομο προσπαθεί να ανακαλέσει πληροφορίες που είχε μάθει στο παρελθόν [14]. Παρόλα αυτά, εμφανίζεται μια βελτίωση όταν η διαδικασία ανάκλησης υποβοηθείται από εξωγενείς παράγοντες. Δυσκολίες εκτίμησης του χώρου είναι επίσης μέρος της ασθένειας. Οι δυσκολίες αυτές μπορούν να γίνουν εμφανείς αν για παράδειγμα ζητηθεί από τον ασθενή να προσπαθήσει να κάνει μια αναγνώριση προσώπου ή να εκτιμήσει την κατεύθυνση αποτυπωμένων γραμμών [15].

Ένα άτομο που πάσχει από τη νόσο του Πάρκινσον έχει δύο έως έξι φορές αυξημένο κίνδυνο να παρουσιάσει άνοια σε σύγκριση με το γενικό πληθυσμό. Ο κίνδυνος για εμφάνιση άνοιας μεγαλώνει κατά την εξέλιξη της νόσου. Η άνοια συνδέεται με μειωμένη ποιότητα ζωής τόσο για τους ασθενείς όσο και για τους φροντιστές τους, αυξημένη θνησιμότητα και μεγαλύτερη πιθανότητα για κατ' οίκο νοσηλεία [14].

Αλλαγές στη διάθεση και στη συμπεριφορά είναι πιο συχνές σε άτομα με ΝΠ απ' ό τι στο γενικό πληθυσμό και συμβαίνει συνηθέστερα σε ασθενείς του Πάρκινσον με συμπτώματα άνοιας. Οι πιο συχνές διαταραχές της διάθεσης είναι η κατάθλιψη, η απάθεια και το άγχος [5]. Η διάγνωση της κατάθλιψης περιπλέκεται από τα συμπτώματα που εμφανίζονται συχνά στη ΝΠ συμπεριλαμβανομένης της άνοιας, της μειωμένης έκφρασης του προσώπου, της μειωμένης κίνησης, της κατάστασης αδιαφορίας και της ήσυχης ομιλίας. Παρορμητικές συμπεριφορές όπως η κατάχρηση φαρμάκων και η λαχτάρα, η κραιπάλη, η υπερσεξουαλικότητα, ή προβλήματα με το τζόγο μπορεί να εμφανιστούν σε ασθενείς και έχουν σχέση με τα φάρμακα που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση της νόσου [9]. Ψυχωτικά συμπτώματα - παραισθήσεις ή αυταπάτες - συμβαίνουν περίπου στο 4% των ατόμων με ΝΠ.

Άλλα συμπτώματα

Εκτός από τις γνωστικές δυσλειτουργίες και τα κινητικά συμπτώματα, η ΝΠ μπορεί να επηρεάσει και άλλες λειτουργίες του σώματος. Τα προβλήματα ύπνου είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της νόσου και μπορεί να επιδεινωθεί από τη φαρμακευτική αγωγή. Τα συμπτώματα μπορεί να εκδηλωθούν ως ημερήσια υπνηλία, διαταραχές στον ύπνο, ή αϋπνία [6]. Μεταβολές στο αυτόνομο νευρικό σύστημα μπορεί να οδηγήσουν σε ορθοστατική υπόταση (χαμηλή αρτηριακή πίεση κατά την ορθοστασία), λιπαρό δέρμα και υπερβολική εφίδρωση, ακράτεια ούρων και αλλαγμένη σεξουαλική λειτουργία. Η δυσκοιλιότητα και η γαστρική υποκινητικότητα μπορεί να είναι αρκετά σοβαρή ώστε να προκαλέσει δυσφορία ή ακόμη και να θέσει σε κίνδυνο την υγεία [16]. Η ΝΠ σχετίζεται με πολλές ανωμαλίες της όρασης και του οφθαλμού. Τέτοιες συνήθως είναι, ξηροφθαλμία, γρήγορες αυτόματες κινήσεις των δύο ματιών προς την ίδια κατεύθυνση, δυσκολίες στην κατεύθυνση του βλέμματος προς τα πάνω, θολούρα ή διπλωπία [17]. Αλλαγές στην αντίληψη μπορούν να περιλαμβάνουν μια μειωμένη αίσθηση της όσφρησης, αίσθημα πόνου και παραισθησία (μυρμήγκιασμα του δέρματος και μούδιασμα) [6]. Όλα αυτά τα συμπτώματα μπορεί να εμφανιστούν ακόμα και χρόνια πριν από τη διάγνωση της νόσου.

2.3 Αίτια

Η νόσος του Πάρκινσον στους περισσότερους ανθρώπους είναι ιδιοπαθής (δεν έχει ειδική γνωστή αιτία). Ωστόσο, ένα μικρό ποσοστό των περιπτώσεων μπορεί να αποδοθεί σε γνωστούς γενετικούς παράγοντες. Επίσης και άλλοι παράγοντες έχουν συσχετιστεί με τον κίνδυνο ανάπτυξης ΝΠ, αλλά δεν έχουν αποδεδειγμένες αιτιώδεις σχέσεις.

Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Μια σειρά από περιβαλλοντικούς παράγοντες έχουν συσχετισθεί με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης της νόσου του Πάρκινσον. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι η έκθεση ανθρώπων σε φυτοφάρμακα και τα τραύματα στο κεφάλι. Η κατοικία σε αγροτικές περιοχές και η κατανάλωση νερού από πηγάδια μπορεί να είναι επικίνδυνες για την εμφάνιση της νόσου, όπως είναι και η έμμεση έκθεση σε φυτοφάρμακα [18].

Βασικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες για την εκδήλωση της ΝΠ μπορούν να θεωρηθούν, τα εντομοκτόνα, τύπου chlorpyrifos και χλωρίου [19], τα φυτοφάρμακα, όπως η ροτενόνη ή paraquat, και ζιζανιοκτόνα, όπως το Agent Orange και ziram [6]. Αρκετοί ισχυρίζονται πως η έκθεση σε βαρέα μέταλλα αποτελεί παράγοντα κινδύνου, μέσω πιθανής συσσώρευσης τους στη μέλαινα ουσία, αλλά οι μελέτες για το θέμα απέβησαν άκαρπες.

Γενετικοί παράγοντες

Η ΝΠ γενικά θεωρείται ως μη-γενετική διαταραχή. Ωστόσο, περίπου το 15% των ατόμων με νόσο του Πάρκινσον έχουν συγγενή πρώτου βαθμού που πάσχει από την ασθένεια [6]. Τουλάχιστον 5% των ανθρώπων, είναι τώρα γνωστό, ότι έχουν μορφές της νόσου που συμβαίνουν εξαιτίας μιας μετάλλαξης ενός από τα πολλά ειδικά γονίδια [20].

2.4 Διάγνωση

Ο ιατρός μπορεί να διαγνώσει τη νόσο του Πάρκινσον με βάση το ιατρικό ιστορικό και τη νευρολογική εξέταση του ασθενούς. Δεν υπάρχει καμία ιατρική εξέταση που να προσδιορίζει με σαφήνεια τη νόσο, αλλά μερικές φορές χρησιμοποιούνται σαρώσεις του εγκεφάλου για να αποκλειστούν άλλες διαταραχές που θα μπορούσαν να προκαλέσουν παρόμοια συμπτώματα. Στους ασθενείς μπορεί να δοθεί λεβοντόπα, και αν αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανακούφιση της κινητικής δυσλειτουργίας, τείνει να επιβεβαιώσει τη διάγνωση. Εάν τα ευρήματα της αυτοψίας στο μεσεγκέφαλο δείξουν την παρουσία σωματίων Lewy, συνήθως θεωρείται απόδειξη ότι το πρόσωπο έχει τη νόσο του Πάρκινσον. Η εξέλιξη της ασθένειας με την πάροδο του χρόνου μπορεί να αποκαλύψει ότι δεν πρόκειται για τη νόσο του Πάρκινσον, και μερικές αρχές συνιστούν ότι η διάγνωση θα πρέπει να αναθεωρείται σε τακτά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να βγουν πιο ασφαλή συμπεράσματα [5].

2.5 Πρόληψη

Η άσκηση των ανθρώπων στη μέση ηλικία μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης της νόσου του Πάρκινσον αργότερα στη ζωή τους [21]. Η καφεΐνη φαίνεται επίσης προστατευτικός παράγοντας, με μια μεγαλύτερη μείωση του κινδύνου να εμφανίζεται, με μεγαλύτερη πρόσληψη ποτών που περιέχουν καφεΐνη, όπως ο καφές [22]. Αν και ο καπνός προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία, μειώνει το προσδόκιμο ζωής και υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής, ωστόσο μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο εμφάνισης της νόσου κατά ένα τρίτο σε σύγκριση με τους μη καπνιστές [18]. Η βάση για αυτό το αποτέλεσμα αφορά την επίδραση της νικοτίνης ως διεγερτικό της ντοπαμίνης [23]. Ο καπνός του τσιγάρου περιέχει ενώσεις οι οποίες δρουν ως αναστολείς της MAO που επίσης θα μπορούσαν να συνεισφέρουν σε αυτό το αποτέλεσμα [24].

Αντιοξειδωτικά, όπως βιταμίνες C και D, έχουν προταθεί για την προστασία έναντι της νόσου, αλλά τα αποτελέσματα των μελετών ήταν αντιφατικά και καμία θετική επίδραση δεν έχει αποδειχθεί. Τα αποτελέσματα σχετικά με την κατανάλωση λίπους και λιπαρών οξέων είναι αντιφατικά, με διάφορες μελέτες να αναφέρουν

προστατευτικές επιδράσεις, άλλες αύξηση του κινδύνου εμφάνισης της ΝΠ και άλλες καμία επίδραση. Επίσης, υπήρξαν επισφαλείς ενδείξεις για πιθανό προστατευτικό ρόλο των οιστρογόνων και των αντι-φλεγμονώδη φαρμάκων [18].

2.6 Αποκατάσταση ασθενών με νόσο του Πάρκινσον

Προγράμματα άσκησης συνιστώνται σε άτομα που πάσχουν από τη νόσο του Πάρκινσον. Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι προβλήματα ομιλίας ή κινητικότητας μπορούν να βελτιωθούν με ένα εξειδικευμένο πρόγραμμα αποκατάστασης [25]. Η τακτική σωματική άσκηση, με ή χωρίς τη φυσική θεραπεία μπορεί να είναι επωφελής για τη διατήρηση και τη βελτίωση της κινητικότητας, την ευελιξία, τη δύναμη, την ταχύτητα βάρδισης, και της ποιότητας ζωής. Όταν ένα πρόγραμμα άσκησης γίνεται υπό την επίβλεψη του φυσιοθεραπευτή, υπάρχουν περισσότερες βελτιώσεις στα κινητικά συμπτώματα, στις διανοητικές και συναισθηματικές λειτουργίες, στις καθημερινές δραστηριότητες διαβίωσης και στην ποιότητα ζωής σε σύγκριση με ένα αυτο-εποπτευόμενο πρόγραμμα άσκησης στο σπίτι [26]. Όσον αφορά τη βελτίωση της ευελιξίας και το εύρος της κίνησης για άτομα που αντιμετωπίζουν ακαμψία, υπάρχουν εξειδικευμένες τεχνικές χαλάρωσης, όπως η ήπια ανακίνηση, η οποία βοηθά στο να μειωθεί η υπερβολική ένταση των μυών. Άλλες αποτελεσματικές τεχνικές χαλάρωσης είναι, οι αργές περιστροφικές κινήσεις των άκρων και του κορμού, οι ρυθμικές κινήσεις, η διαφραγματική αναπνοή και τεχνικές διαλογισμού.



Εικόνα 4: Ασθενείς του Πάρκινσον σε πρόγραμμα αποκατάστασης [27]

Όσον αφορά το βάδισμα και την αντιμετώπιση των προκλήσεων με τις οποίες έρχονται αντιμέτωποι οι ασθενείς, όπως η υποκινητικότητα (βραδυκινήσια), η

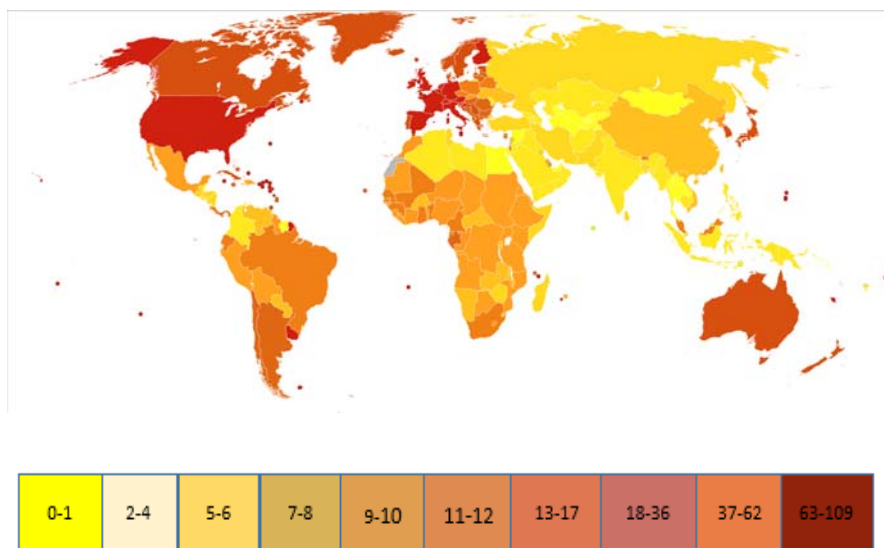
μπερδεμένη και μειωμένη κίνηση του βραχίονα, φυσιοθεραπευτές έχουν αναπτύξει μια ποικιλία στρατηγικών για τη βελτίωση της λειτουργίας της κίνησης και της ασφάλειας του ασθενούς. Τομείς ενδιαφέροντος που αφορούν το βάδισμα έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια των προγραμμάτων αποκατάστασης, και επεκτείνονται πέρα από τη βελτίωση της ταχύτητας βάδισης, του μήκος διασκελισμού, της στάσης του κορμού και της κίνησης ψαλίδι. Στρατηγικές αποκατάστασης περιλαμβάνουν τη χρήση βοηθητικού εξοπλισμού (περπάτημα με τη βοήθεια μπαστουνιού, περπάτημα σε διάδρομο γυμναστικής) και ασκήσεις γυμναστικής με προκαθορισμένες κινήσεις. Έχουν παρατηρηθεί βελτιώσεις στην ενίσχυση της δύναμης και στην βελτίωση της κινητικής λειτουργίας των ανθρώπων με πρωτογενή μυϊκή αδυναμία και αδυναμία που σχετίζεται με ήπια έως μέτρια εξέλιξη της νόσου του Πάρκινσον, με τη βοήθεια ασκήσεων ενδυνάμωσης. Παρόλα αυτά αναφορές δείχνουν μια σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της αντοχής του ατόμου στην εκτέλεση των ασκήσεων και του χρόνου λήψης των φαρμάκων. Ως εκ τούτου, συνιστάται ότι τα άτομα που πάσχουν από τη ΝΠ θα πρέπει να εκτελούν ασκήσεις 45 λεπτά με μία ώρα μετά τη λήψη φαρμάκων, που θα είναι στην καλύτερη κατάσταση τους. Επίσης, λόγω της προς τα εμπρός στάσης του σώματος και της αναπνευστικής δυσλειτουργίας που προκαλείται από μια προχωρημένη κατάσταση της ΝΠ, ασκήσεις βαθιάς διαφραγματικής αναπνοής, είναι ευεργετικές για τη βελτίωση της κινητικότητας του θωρακικού τοιχώματος, Ακόμα η τακτική άσκηση μπορεί να βοηθήσει και τη δυσκοιλιότητα [16].

Μια από τις πιο διαδεδομένες θεραπείες για της διαταραχές της ομιλίας που σχετίζονται με τη ΝΠ είναι η θεραπεία φωνής Lee Silverman (LSVT). Γενικά η λογοθεραπεία και συγκεκριμένα η τεχνική LSVT μπορεί να βελτιώσει την ομιλία. Η εργοθεραπεία έχει ως στόχο την βελτίωση της ποιότητας ζωής, βοηθώντας τους ανθρώπους που πάσχουν από τη ΝΠ, να συμμετέχουν σε όσο το δυνατόν περισσότερες δραστηριότητες της καθημερινής ζωής τους. Υπήρξαν κάποιες μελέτες σχετικά με την αποτελεσματικότητα της εργοθεραπείας που δείχνουν ότι μπορεί να παρουσιαστεί βελτίωση των κινητικών δεξιοτήτων των ασθενών κατά τη διάρκεια της θεραπείας [28].

2.7 Επιδημιολογία

Η νόσος του Πάρκινσον είναι η δεύτερη πιο συχνή νευροεκφυλιστική διαταραχή μετά από τη νόσο του Αλτσχάιμερ και επηρεάζει περίπου επτά εκατομμύρια παγκοσμίως και ένα εκατομμύριο στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής [18]. Η αναλογία σε ένα πληθυσμό σε μια δεδομένη στιγμή είναι περίπου 0,3% στις βιομηχανικές χώρες. Η νόσος του Πάρκινσον είναι πιο συχνή στους ηλικιωμένους και τα ποσοστά ξεκινούν από 1% σε άτομα πάνω από 60 ετών ενώ φθάνουν το 4% του πληθυσμού με ηλικία

πάνω από 80 ετών. Η μέση ηλικία εμφάνισης της ΝΠ είναι περίπου τα 60 χρόνια, αν και ένα 5-10% των περιπτώσεων, έχουν ταξινομηθεί ως νέοι με εμφάνιση ΝΠ, οι οποίοι εμφανίζουν την ασθένεια μεταξύ των ηλικιών 20 και 50 [6]. Η εμφάνιση της ΝΠ μπορεί να είναι μικρότερη σε ανθρώπους με καταγωγή από την Αφρική και την Ασία, ωστόσο το εύρημα αυτό αμφισβητείται. Μερικές μελέτες ισχυρίζονται ότι η εμφάνιση της ΝΠ είναι πιο συχνή στους άνδρες απ' ό τι στις γυναίκες, ενώ άλλες δεν ανιχνεύουν τυχόν διαφορές μεταξύ των δύο φύλων. Ο αριθμός των νέων περιπτώσεων ΝΠ ανά έτος είναι μεταξύ 8 και 18 ανά 100.000 άτομα-έτη [18].



Εικόνα 5: Θάνατοι από τη νόσο του Πάρκινσον ανά 1.000.000 άτομα [29]

Πολλοί παράγοντες κινδύνου αλλά και προστατευτικοί παράγοντες έχουν προταθεί, μερικές φορές σε σχέση με θεωρίες που αφορούν πιθανούς μηχανισμούς εκδήλωσης της νόσου, ωστόσο τίποτα από όλα αυτά δε σχετίζεται αποκλειστικά με τη ΝΠ από εμπειρικά στοιχεία. Όσες επιδημιολογικές μελέτες έχουν διεξαχθεί, προκειμένου να δοκιμαστεί η σχέση μεταξύ ενός συγκεκριμένου παράγοντα και της ΝΠ, εμφανίζουν συχνά λανθασμένα και σε ορισμένες φορές αντιφατικά αποτελέσματα. Τα πιο συχνά από αυτά είναι ότι υπάρχει αυξημένος κίνδυνος εμφάνισης ΝΠ σε όσους εκτίθεντο σε φυτοφάρμακα και ότι οι καπνιστές έχουν μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης της νόσου [18].

3. Προεπισκόπηση Συστήματος

Οι στόχοι της συγκεκριμένης πλατφόρμας είναι η ανάπτυξη μιας υποδομής και η εκτέλεση μιας μελέτης για την υλοποίηση μιας ολοκληρωμένης υπηρεσίας διαχείρισης πτώσεων και παρακολούθησης των συμπτωμάτων των ασθενών με πάρκινσον, μέσω καινοτόμων συστημάτων τεχνολογίας. Γι' αυτό το λόγο θα βασιστούμε σε συστήματα ICT (τεχνολογία πληροφορίας και επικοινωνίας) καθώς και σε παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας, όπου μέσω της τεχνολογίας απτικής ανάδρασης και με τη βοήθεια εικονικού ελέγχου, ασθενείς με πάρκινσον, θα υποβοηθούνται τόσο με προληπτικό τρόπο (πρόληψη πτώσης), όσο και με ενεργό τρόπο (υποβοήθηση στον ανεξάρτητο τρόπο ζωής και έμφαση στην ασφάλεια του ασθενούς). Το σύστημα «υπόσχεται» να συνεισφέρει στην πρόληψη πτώσης παρακινώντας τους ασθενείς να ασκούνται περισσότερο, με ένα φιλικό τρόπο. Τα κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος είναι το προσιτό οικονομικό κόστος και η αξιοπιστία του στη διαδικασία διάγνωσης και αποκατάστασης.

Οι λειτουργίες υψηλού επιπέδου του προαναφερθέντος μοντέλου παροχής υπηρεσιών περιγράφονται στη συνέχεια:

- **Λειτουργία τηλεπαρακολούθησης**

Ανθεκτικές με την έννοια της μηχανικής αντοχής, μη παρεμβατικές συσκευές παρακολούθησης, οι οποίες θα βασίζονται σε οικονομικές και αποδοτικές τεχνολογίες για την εκτίμηση της κίνησης, θα καταγράφουν και θα μεταφέρουν δεδομένα στο σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (MBI).

Ο υπολογιστής που θα είναι εγκατεστημένος στο περιβάλλον του ασθενούς, θα συλλέγει αυτόματα τα δεδομένα που προκύπτουν από τις συσκευές, θα τα επεξεργάζεται και θα τα στέλνει μετά το τέλος κάθε συνεδρίας, με έναν ασφαλή τρόπο στο κεντρικό αποθετήριο του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (MBI) [30].

- **Λειτουργίες παιχνιδιού και αποκατάστασης**

1. Μέσω της διεπαφής ασθενή – παιχνιδιού και του υλικού υπολογιστή (πληκτρολόγιο και ποντίκι αρχικά, οθόνη αφής ή ακόμα και χειριστήριο παιχνιδιού σε μεταγενέστερο στάδιο), οι ασθενείς θα μπορούν:
2. Να κάνουν Log in/ Log Out, να πλοηγούνται στα μενού και να έχουν ατομική πρόσβαση σε διασκεδαστικά και εξειδικευμένα προγράμματα αποκατάστασης/ εκπαίδευσης, σε ζητήματα φυσικής αντοχής, κινητικότητας, ενδυνάμωσης και ισορροπίας, ανάλογα με τις κινητικές τους ικανότητες. Επίσης θα τους δίνεται η δυνατότητα να λαμβάνουν, αυτοματοποιημένη καθοδήγηση σε πραγματικό χρόνο για την πορεία της άσκησης και να υπόκεινται σε έλεγχο και επίβλεψη από το σύστημα. Με τη λειτουργία

τηλεπαρακολούθησης θα καταστεί δυνατή η δημιουργία ενός συστήματος αξιολόγησης «σκορ» σε πραγματικό χρόνο καθώς οι ασθενείς εξασκούνται με τη βοήθεια των αισθητήρων που φέρουν οι ελεγκτές των παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας.

3. Να δίνουν και να λαμβάνουν επίσημα γραπτά μηνύματα μέσα από το Web portal [31].

- **Σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης**

Τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στο κεντρικό αποθετήριο θα δίνουν πρόσβαση στα λειτουργικά χαρακτηριστικά του ασθενή (π.χ. εξέλιξη της σκελετικής δομής, κλίμακες της κίνησης, γωνίες των αρθρώσεων, τρέμουλο και βραδυκινησία). Με βάση αυτά τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τα οποία αντλούνται σε πραγματικό χρόνο και χάρη σε μία αυτοματοποιημένη διαδικασία, το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης, θα είναι σε θέση να μπορεί να ξεχωρίσει, από τη μια συνεδρία στην άλλη, τα συμπτωματικά χαρακτηριστικά από τα μη συμπτωματικά χαρακτηριστικά και να τα κατηγοριοποιεί σε επίπεδα κινδύνου. Όλη η σχετική πληροφορία θα εμφανίζεται μέσω του γραφικού περιβάλλοντος χρήστη (GUI). Η διαθέσιμη πληροφορία, θα βοηθά τους φροντιστές υγείας, να παρακολουθούν με αποδοτικό τρόπο την κατάσταση του ασθενούς με την πάροδο του χρόνου, να είναι σε θέση να διαγνώσουν τυχών επιπλοκές και κινδύνους πτώσης και να αποφασίζουν για την προληπτική ή άμεση δράση που θα πρέπει να υλοποιηθεί. Επιπλέον το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης θα παρέχει τα εργαλεία στους ιατρούς για την αποδοτική και φιλική προς το χρήστη σχεδίαση του παιχνιδιού [32].

- **Διαδικτυακή πύλη**

Πρόκειται για τη διεπαφή που θα παρέχει την ανάλογη υποστήριξη, στους ασθενείς του πάρκινσον, τους φροντιστές υγείας, τους γιατρούς και τους διαχειριστές του συστήματος. Θα παρέχονται υπηρεσίες με συγκεκριμένη πρόσβαση σύμφωνα με την κατάσταση του χρήστη π.χ. E-learning στην πρόληψη πτώσης, βραδυκινησία και τρέμουλο, και θα απεικονίζεται ένα εξατομικευμένο πρόγραμμα αποκατάστασης, σύμφωνα με ιστορικό του ασθενούς και την τρέχουσα κατάσταση του [32][33].

4. Σύνοψη των Απαιτήσεων

Οι περιπτώσεις χρήσης έχουν προκύψει με βάση τις απαιτήσεις των χρηστών και προσδιορίζονται για κάθε ενδιαφερόμενο μέρος. Για λόγους πληρότητας συνοψίζουμε τις απαιτήσεις χρηστών στην παράγραφο 4.1. Στην παράγραφο 4.2 απαριθμούμε τις προτεινόμενες υπηρεσίες και τέλος στην παράγραφο 4.3 αναφέρουμε τις λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά που ικανοποιούν τις απαιτήσεις των χρηστών.

Διαφορετικοί μηχανισμοί βοηθούν στον καθορισμό των απαιτήσεων από τα διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη. Μια σύνοψη αυτών των μηχανισμών παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Ερωματολογία: Η τεχνική αυτή αποτελείται από μια λίστα με συγκεκριμένες ερωτήσεις προς επιλεγμένους συμμετέχοντες (ενδιαφερόμενα μέρη). Κάθε ερώτηση περιλαμβάνει ένα σύντομο ενημερωτικό περιεχόμενο και απαιτείται η υποβολή μιας απάντησης, από μια προκαθορισμένη λίστα με πιθανές απαντήσεις. Οι συμμετέχοντες πρέπει απλά να επιστέψουν το ερωματολόγιο συμπληρωμένο με τις απαντήσεις τους [34].

Επαναχρησιμοποίηση γνώσης: Τα συστήματα σπάνια σχεδιάζονται από το μηδέν. Οι μηχανικοί που ασχολούνται με τον καθορισμό των απαιτήσεων και τα ενδιαφερόμενα πρόσωπα, τείνουν να επαναχρησιμοποιούν γνώση από παρελθοντικές εμπειρίες με παρεμφερή συστήματα. Οι γνώσεις αυτές μπορούν να αναφέρονται στην οργάνωση, στην περιοχή που το πρόβλημα έχει τις ρίζες του, στο είδος των προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν με παρόμοια συστήματα ή ακόμα και στις προηγούμενες απαιτήσεις των στοιχείων που επαναχρησιμοποιούνται στο ίδιο το σύστημα. Η συστηματική χρησιμοποίηση ενός τέτοιου είδους γνώσης μπορεί να επιταχύνει σε σημαντικό βαθμό τη διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων [35].

Συνεντεύξεις: Στην περίπτωση των συνεντεύξεων δεν περιέχονται προκαθορισμένες ερωτήσεις. Γίνεται απλά μια συζήτηση με τα ενδιαφερόμενα πρόσωπα, σχετικά με τη χρήση του προτεινόμενου συστήματος. Η συζήτηση μπορεί να περιλαμβάνει ερωτήσεις του τύπου: ποιες είναι οι ανάγκες τους, πως προτιμούν να αλληλοεπιδρούν με το σύστημα κτλ. [36].

4.1 Σύνοψη των Απαιτήσεων για τους Χρήστες

Όλες οι απαιτήσεις των χρηστών, που συνοψίζονται παρακάτω και έχουν άμεσο ή έμμεσο αντίκτυπο στο σύστημα, προκύπτουν από τη συμπλήρωση των σχετικών ερωματολογίων και τις απαντήσεις που έδωσαν σε συνεντεύξεις, οι πιθανοί χρήστες ενός τέτοιου συστήματος.

4.1.1 Απαιτήσεις Ασθενών

- Οι ασθενείς αντιμετωπίζουν με θετικό τρόπο τις υπηρεσίες πρόληψης, που βασίζονται στη φυσική άσκηση και συμφωνούν ότι αυτό μπορεί να συμβάλει στη μείωση των πτώσεων βελτιώνοντας παράλληλα την υγεία τους και γενικά το επίπεδο ζωής τους.
- Οι ασθενείς είναι επίσης θετικοί στην φυσική άσκηση, μέσω παιχνιδιών. Πιστεύουν ότι η άσκηση αποκτά μεγαλύτερο ενδιαφέρον, αν αυτή συσχετίζεται με μορφωτικές και πνευματικές δραστηριότητες.

- Οι ασθενείς δείχνουν αρκετό ενδιαφέρον για τεχνολογίες που θα τους επιτρέπουν να εκτελούν τις ασκήσεις, όσο αυτοί παραμένουν στο σπίτι, ειδικά όταν ο καιρός ή η φυσική τους κατάσταση δεν τους επιτρέπουν την άσκηση στο ύπαιθρο.
- Προγενέστερη γνώση έχει δείξει ότι αρκετοί από τους ασθενείς και ειδικά οι πιο ηλικιωμένοι, έχουν μια περιορισμένη ή ακόμα και καμία ανάμιξη με τις σύγχρονες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (ICT). Έτσι η διαμόρφωση του παιχνιδιού θα πρέπει να αποτελεί ευθύνη των τεχνικών, των διαχειριστών του συστήματος, κτλ.

Οι ασθενείς θα πρέπει να λάβουν κατάλληλη εκπαίδευση, για να μπορούν να αλληλοεπιδρούν με τις διάφορες υπηρεσίες του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης ή να εκτελούν τις ασκήσεις παρουσία κάποιου φροντιστή υγείας, αν αυτό είναι δυνατό.

Παρατηρείται ότι οι ασθενείς παρουσιάζουν συγκεκριμένες απαιτήσεις όσον αφορά την εμπειρία χρήσης του συστήματος, όπως:

- Το μέγεθος των πλήκτρων θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να διευκολύνει τη λειτουργία των διαφόρων συστημάτων, από τους ασθενείς.
- Τα πλήκτρα να μη βρίσκονται πολύ κοντά το ένα με το άλλο
- Επαρκής ένταση της ομιλίας/ήχου
- Χαμηλή πολυπλοκότητα της λειτουργίας του συστήματος

Είναι σημαντικό για τους ασθενείς να βρεθεί μια οικονομικά αποδοτική λύση. Πιο συγκεκριμένα, ένα κόστος κοντά στα 300 ευρώ, θα ήταν μια καλή λύση. Αρκετοί ασθενείς αναφέρουν πως αρκετές φορές νιώθουν απομονωμένοι και θα ήταν χρήσιμο εάν το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης τους προσέφερε τη δυνατότητα επικοινωνίας, για παράδειγμα, χρήση του Skype, έτσι ώστε να είναι σε θέση να επικοινωνούν με άλλους χρήστες του συστήματος ή με τους συγγενείς τους, σχετικά με την πρόοδο τους και την πορεία της υγείας τους. Επίσης:

- Οι ασθενείς υποστήριξαν ότι η εγκατάσταση των μέσων καταγραφής (π.χ. κάμερες) στους χώρους που θα λαμβάνουν χώρα οι ασκήσεις, ίσως εγείρουν ανησυχίες για την προστασία της ιδιωτικής τους ζωής.
- Οι ασθενείς ανέφεραν ότι δεν υπάρχει καμία ανησυχία για την προσωπική τους ζωή από τη χρήση των depth sensors. Επίσης προτιμούν να βλέπουν την άσκηση που πρέπει να εκτελέσουν, στην τηλεόραση, παρά στην οθόνη ενός κινητού ή τάμπλετ.
- Οι ασθενείς θα ήθελαν να ενημερώνονται τόσο με ηχητικό μήνυμα όσο και με ένδειξη στην οθόνη, όταν η συνεδρία ξεκινά και όταν η κάμερα ξεκινά την καταγραφή.

- Οι ασθενείς νιώθουν άνετα με τη χρήση του Skype, για να λαμβάνουν την απαραίτητη πληροφορία, σχετικά με την πρόοδο τους, από έναν απομακρυσμένο γιατρό.
- Οι ασθενείς νιώθουν επίσης άνετα με την ανατροφοδότηση (οπτική, ακτική) σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, έτσι ώστε να μπορούν να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους .

4.1.2 Απαιτήσεις Ιατρών

Το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης, που βασίζεται αποκλειστικά σε τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών, έχει ως στόχο:

- Να παρέχει τεχνολογία, η οποία είναι οικονομικά προσιτή, εύκολη στην εγκατάσταση και στη λειτουργία (από τους ασθενείς και από τους γιατρούς).
- Να παρέχει εικονική βοήθεια στους ασθενείς, στην οθόνη, κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού και να τους βοηθά στη βελτίωση της εκτέλεσης των ασκήσεων.
- Να παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία, για την εκτίμηση του κινδύνου πτώσης, εστιάζοντας κυρίως σε εγγενείς παράγοντες σχετικούς με το επίπεδο πτώσης και να κατηγοριοποιεί τους ασθενείς, ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου, σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες:
 1. Καθόλου κίνδυνος
 2. Χαμηλός κίνδυνος
 3. Υψηλός κίνδυνος
- Να παρέχει τα εργαλεία, που θα βοηθήσουν στον υψηλού επιπέδου σχεδιασμό των παιχνιδιών (παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας), τα οποία θα είναι σχεδιασμένα, στο να εμποδίζουν τις πτώσεις, μέσω ασκήσεων φιλικών προς το χρήστη και σύμφωνα με το επίπεδο κινδύνου των πτώσεων.
- Να ακολουθεί με την πάροδο του χρόνου την φυσική κατάσταση του ασθενούς, κατά τη διάρκεια των ασκήσεων αποκατάστασης και των ασκήσεων εκτίμησης κατάστασης του κινδύνου. Να αναδιαμορφώνει το πρόγραμμα πρόληψης, ανάλογα με την παρούσα κατάσταση βηματισμού του ασθενή.
- Να παρακινεί όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη που αντιμετωπίζουν κινδύνους πτώσης, μέσω ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, να συμμετάσχουν στο πρόγραμμα, παρουσιάζοντας τους τα οφέλη που θα αποκομίσουν από τις ασκήσεις, μέσω των παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας.
- Να εκμεταλλευθεί τα αποτελέσματα των παιχνιδιών, με σκοπό τη βοήθεια των ειδικών, έτσι ώστε να μπορούν να διαμορφώσουν με ένα πιο αποδοτικό και εξειδικευμένο τρόπο τα σετ των ασκήσεων στις ανάγκες του κάθε ασθενούς.

- Να διασφαλίζει ότι οι συνθήκες περιβάλλοντος θα είναι κατάλληλες κάθε φορά για τους ασθενείς, έτσι ώστε να μπορούν να εκτελέσουν με ασφάλεια τις ασκήσεις.
- Να παρακολουθεί τη φυσική κατάσταση των ασθενών κατά τη διάρκεια των ασκήσεων, για να μπορεί να προσδιορίσει την ένταση των ασκήσεων και να διασφαλίσει ότι οι ασθενείς θα εκτελούν σωστά και με ασφάλεια τα σετ των ασκήσεων.
- Να παρέχει ένα σύστημα επεξεργασίας κειμένου και αρχειοθέτησης, καθώς και μια υποδομή βάσης δεδομένων, η οποία θα περιέχει τα ψηφιακά έγγραφα που αφορούν το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς, έτσι ώστε ο ιατρός να μπορεί να παρέχει την απαραίτητη φροντίδα με το πέρασμα του χρόνου.
- Να παρέχει μια εφαρμογή για άμεση επικοινωνία (π.χ. Skype), έτσι ώστε να υπάρχει στενή επαφή μεταξύ ιατρού και ασθενή.
- Το σύστημα θα πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, που οι μόνες αλλαγές και παρεμβάσεις να μπορούν να γίνουν, μόνο από τους ιατρούς και τους διαχειριστές του συστήματος, χωρίς καμία παρέμβαση από την πλευρά του ασθενούς.

Τα εξαρτήματα του συστήματος (αισθητήρες/συσκευές) θα πρέπει να έχουν καλή ενεργειακή αυτονομία, έτσι ώστε να μη μένουν συχνά χωρίς ισχύ.

4.1.3 Απαιτήσεις Ανεπίσημων Φροντιστών

Ο ανεπίσημος φροντιστής είναι ένα άτομο, όπως για παράδειγμα ένα μέλος της οικογένειας, φίλος ή γείτονας του ασθενούς, ο οποίος παρέχει συστηματική φροντίδα και βοήθεια στο άτομο που έχει ανάγκη. Ο όρος «ανεπίσημος» τον διαφοροποιεί από τους επαγγελματίες φροντιστές, οι οποίοι αμείβονται για τις υπηρεσίες τους.

Οι ανεπίσημοι φροντιστές παίζουν συχνά σημαντικό ρόλο στις ζωές πολλών ανθρώπων. Η φροντίδα που μπορούν να παράσχουν αφορά τόσο τη προσωπική φροντίδα στις καθημερινές ανάγκες του ασθενούς, όσο και τη μεταφορά του στο νοσοκομείο ή στο ιατρείο του επιβλέποντος ιατρού. Μπορεί να παρέχουν τη φροντίδα τους σε συνδυασμό, με κάποιον επαγγελματία φροντιστή, με κάποιον άλλο ανεπίσημο φροντιστή ή να είναι οι αποκλειστικά υπεύθυνοι με τη φροντίδα του ασθενούς. Το άτομο, που είναι υπεύθυνο για το μεγαλύτερο μέρος της φροντίδας του ασθενούς, είναι γνωστό ως κύριος φροντιστής.

Ενώ το να δίνεις φροντίδα σε κάποιον που έχει ανάγκη μπορεί να σου προσφέρει ηθική ικανοποίηση, οι φροντιστές πολλές φορές μπορούν να έρθουν αντιμέτωποι με κοινωνική απομόνωση ή ακόμα και με στρες, λόγω της σωματικής και ψυχολογικής τους καταπόνησης. Οι ανεπίσημοι φροντιστές λόγω του φόρτου που έχουν επωμιστεί

με την περίθαλψη του ασθενούς, ίσως έχουν λιγότερες ευκαιρίες για επιπλέον μόρφωση ή εύρεση εργασίας.

4.2 Προτεινόμενες Υπηρεσίες

Οι υπηρεσίες που θα πρέπει να παρέχει το σύστημα, για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των ασθενών και των ιατρών παρατίθενται παρακάτω:

- Σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (MBI), το οποίο θα παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία, για τη διαχείριση των ιατρικών αρχείων των ασθενών [32].
- Σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης, που θα παρέχει εργαλεία υποβοήθησης απόφασης (DSS tools), για την ανάλυση, της κίνησης, του τρέμουλου και της πιθανότητας πτώσης των ασθενών, με βάση την κινηματική ανάλυση των ασκήσεων που εκτελεί ο κάθε ασθενής [37].
- Διαδικτυακή πύλη που θα παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία λογισμικού και το περιβάλλον χρήστη για τον σχεδιασμό του πλάνου αποκατάστασης των ασθενών [33].
- Σύστημα ειδοποιήσεων περιεχομένου: Τα παιχνίδια προσφέρουν εργαλεία για την παρακολούθηση διάφορων παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο, όπως οι καρδιακοί παλμοί του ασθενούς, η θερμοκρασία και η υγρασία του χώρου [38].
- Πλατφόρμα εκτέλεσης παιχνιδιών, με χαμηλό κόστος, εύκολη εγκατάσταση και λειτουργία.
- Εφαρμογή διαδικτυακής πύλης για απομακρυσμένη διαχείριση του παιχνιδιού [33].
- Εφαρμογή για ηλεκτρονική εκπαίδευση, που θα παρέχεται μέσω της διαδικτυακής πύλης και του γραφικού περιβάλλοντος του παιχνιδιού.

4.3 Λειτουργίες και Χαρακτηριστικά

Σε αυτό το κεφάλαιο θα κάνουμε ένα πρώτο βήμα, από την περιογή του προβλήματος σε αυτή, της λύσης. Γι' αυτό το σκοπό θα προσδιορίσουμε:

- Τις λειτουργίες αποκατάστασης των ασθενών και
- Τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας των παιχνιδιών, που θα ενεργοποιήσουν υπηρεσίες και εργαλεία, τα οποία θα ικανοποιούν τις προαναφερθείσες απαιτήσεις χρηστών (ασθενών ή ιατρών). Τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες που σχετίζονται με τις απαιτήσεις των ασθενών (A) και τις

απαιτήσεις των Ιατρών (I), παρουσιάζονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

4.3.1 Εκπαίδευση και Αποκατάσταση Ασθενών με Πάρκινσον

Ειδικοί σε θέματα υγείας και ιατροί, προτείνουν μια προσέγγιση δύο σταδίων για τη διαχείριση των πτώσεων: Το στάδιο της διάγνωσης και το στάδιο της εκτέλεσης των παιχνιδιών.

1. Το στάδιο διάγνωσης.

Αυτό το στάδιο αποτελείται από δύο φάσεις:

- Τη φάση της πρώτης αξιολόγησης και
- Τη φάση της τηλεπαρακολούθησης

Η πρώτη αξιολόγηση, θα λάβει χώρα στις εγκαταστάσεις των φροντιστών και η αξιολόγηση θα γίνει από τους φροντιστές. Η φάση της τηλεπαρακολούθησης, που θα ακολουθήσει αυτή της πρώτης αξιολόγησης, θα παρακολουθεί το άτομο με την πάροδο του χρόνου, σύμφωνα με την αξιολόγηση που έχει προηγηθεί, μέσω των διάφορων υποσυστημάτων τηλεπαρακολούθησης. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη συνεδρία έχει ως στόχο, να εγκαθιδρύσει μια σχέση εμπιστοσύνης μεταξύ του ασθενούς και του ιατρού, να αποσαφηνίσει το σκεπτικό του προγράμματος, να επιδείξει τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού, να δώσει στον ιατρό τη δυνατότητα να πάρει το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς (αν δεν είναι ήδη διαθέσιμο) και να αξιολογήσει τους παράγοντες ίσως επηρεάσουν την ασφάλεια και την τήρηση του προγράμματος, που θα πρέπει να ακολουθήσει ο ασθενής. Η αξιολόγηση απαιτεί τη φυσική παρουσία τόσο του ιατρού όσο και του ασθενούς στις εγκαταστάσεις του ιατρικού κέντρου ή νοσοκομείου. Η διάγνωση θα δώσει τη δυνατότητα στον ιατρό να εξάγει ένα συμπέρασμα για την πιθανότητα και των κίνδυνο των πτώσεων, το τρέμουλο καθώς και τη δυσκολία βάδισης του ασθενούς. Τότε ο γιατρός θα είναι σε θέση να σχεδιάσει τις κατάλληλες στάσεις που θα πρέπει να έχει το παιχνίδι και να προσδιορίσει τον προσδοκώμενο βαθμό εκπλήρωσης της κάθε μιας από τον ασθενή. Με βάση αυτές τις πληροφορίες θα είναι σε θέση να εκτελέσει τον κατάλληλο σχεδιασμό του παιχνιδιού. Μία συγκεκριμένη ανάλυση του βηματισμού του ασθενούς (π.χ. Tinetti scale test) [39] θα βοηθήσει στον καθορισμό του επιπέδου του ασθενούς σχετικά με τον κίνδυνο πτώσης.

Η φάση της τηλεπαρακολούθησης, αφορά την παρακολούθηση του ασθενούς με την πάροδο του χρόνου, χάρη σε περιοδικές αξιολογήσεις που θα λαμβάνουν χώρα στο χώρο του ασθενούς, μέσω των υποσυστημάτων τηλεπαρακολούθησης [30]. Θα αναπτυχθεί ένα σύστημα καταγραφής βίντεο (ανεξάρτητο του παιχνιδιού), με σκοπό να παρακολουθεί την κίνηση του ασθενούς κατά τη διάρκεια της συμμετοχής του στο

παιχνίδι [40]. Επιπρόσθετα δεδομένα από έναν αισθητήρα βάθους σε συνδυασμό με δεδομένα που θα προκύπτουν από διάφορους wearable αισθητήρες, που θα έχει ο ασθενής στο σώμα του [41], θα παρέχουν μια πιο ακριβή εκτίμηση σχετικά με τις κινήσεις του σώματος. Οι πληροφορίες, που προκύπτουν από αυτά τα δεδομένα, θα αποθηκεύονται στο server του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης, έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα στους επαγγελματίες υγείας για μεταγενέστερη πρόσβαση στα δεδομένα αυτά (όχι σε πραγματικό χρόνο). Έχοντας αυτή τη δυνατότητα οι επαγγελματίες υγείας, θα είναι σε θέση να κάνουν μια εκτίμηση και αξιολόγηση του κινδύνου πτώσης και να ενημερώνουν/αναβαθμίζουν τη διαμόρφωση του παιχνιδιού ανάλογα.

2. Το στάδιο εκτέλεσης του παιχνιδιού

Το πρόγραμμα θα βασίζεται σε ασκήσεις που αφορούν την ισορροπία, το βηματισμό, την ενδυνάμωση και την ευλυγισία του ασθενούς, διότι σύμφωνα με τους ειδικούς, αυτές οι παράμετροι θεωρούνται οι πιο εύκολα διαχειρίσιμες και η βελτίωση τους θα έχει άμεση συνεισφορά στην πρόληψη της πτώσης [40]. Το σενάριο του παιχνιδιού (ακολουθία ασκήσεων) και μερικές υψηλού επιπέδου ρυθμίσεις του παιχνιδιού (διάρκεια, βαθμός δυσκολίας, επίπεδο εκπλήρωσης) θα διαχειρίζονται απομακρυσμένα από τον ιατρό.

Εφόσον τα παιχνίδια σχεδιάζονται και παραμετροποιούνται για κάθε χρήστη, ο ασθενής θα έχει την επιλογή να ξεκινήσει το παιχνίδι τη στιγμή που τον βολεύει. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού οι στάσεις του σώματος του ασθενούς θα πρέπει να εναρμονίζονται με το μοντέλο στάσεων σώματος που θα παρουσιάζεται στην οθόνη. Το μέγεθος του σώματος του κάθε χρήστη θα καταχωρείται στο σύστημα με τη βοήθεια του αισθητήρα βάθους ή αν είναι απαραίτητο θα χρησιμοποιούνται και wearable αισθητήρες, τοποθετημένοι στα άκρα του ασθενούς, για τον ακριβέστερο προσδιορισμό των σωματομετρικών χαρακτηριστικών του. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, όλες οι πληροφορίες από τους αισθητήρες θα καταγράφονται και θα ανεβαίνουν στον cloud server για μια απώτερη ανάλυση από τους θεραπευτές ή αναλυτές, για το σκοπό της φάσης τηλεπαρακολούθησης που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο.

4.3.1 Χαρακτηριστικά Παιχνιδιού

Τα εργαλεία και οι λειτουργίες που θα πρέπει να ενσωματωθούν στην πλατφόρμα των παιχνιδιών, για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των ασθενών, αποτελούν τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας του παιχνιδιού και παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Εύκολο και απλό στη χρήση περιβάλλον χρήσης παιχνιδιού.

- Πίνακας σκορ των επιδόσεων του ασθενούς σε πραγματικό χρόνο, έτσι ώστε αυτός να μπορεί να διορθώνει τα λάθη του και να βελτιώνει την απόδοσή του.
- Καταγραφή και αποθήκευση της πληροφορίας που αποκτάται από τους αισθητήρες, σε μια απομακρυσμένη βάση δεδομένων, για περαιτέρω ανάλυση.
- Εργαλεία, διαθέσιμα στους ιατρούς, για τις ρυθμίσεις των παραμέτρων του παιχνιδιού και για την εξ' αποστάσεως αναβάθμιση του μελλοντικά.
- Αισθητήρες, για την καταγραφή της κατάστασης του ασθενούς όπως:
 - Αισθητήρας υγρασίας,
 - Αισθητήρας θερμοκρασίας του χώρου και να στέλνουν ειδοποιήσεις όποτε είναι αναγκαίο.
- Όλοι οι αισθητήρες, εκτός από τον αισθητήρα βάθους, θα πρέπει να είναι ασύρματης τεχνολογίας, έτσι ώστε να απλοποιηθεί η διαδικασία εγκατάστασης του παιχνιδιού στο σπίτι του ασθενούς [42]. Οι αισθητήρες βάθους στέλνουν μεγάλο όγκο δεδομένων και γι' αυτό το λόγο είναι δύσκολο να το μεταδώσουν ασύρματα [43].
- Για οικονομία και ευκολία στην εγκατάσταση οι αισθητήρες που προτείνουμε είναι:
 - Αισθητήρες βάθους (κόστος κάτω από 200€) [44], όπως για παράδειγμα το KINECT [45]
 - Μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα με δυνατότητα τοποθέτησης στο σώμα του ασθενούς (wearable MEMS), επιταχυνσιόμετρα και έξυπνα τηλέφωνα [46]
 - Αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας [47]
- Το σύστημα θα πρέπει να χρησιμοποιεί πρωτόκολλα ασύρματης επικοινωνίας, που θα είναι ενεργειακά αποδοτικά και θα έχουν επαρκές εύρος ζώνης, με σκοπό να αυξήσουν την ενεργειακή αυτονομία του συστήματος [48].
- Οθόνη για προβολή του αποτελέσματος του αισθητήρα βάθους.
- Τοπικό υπολογιστή που θα φιλοξενεί τον ελεγκτή του παιχνιδιού και θα αποθηκεύει προσωρινά δεδομένα από τις συνεδρίες.
- Εύκολη πρόσβαση σε περιεχόμενο τηλεεκπαίδευσης, το οποίο θα ενημερώνει τον ασθενή για τη λειτουργία της πλατφόρμας.
- Επικοινωνία του παιχνιδιού με το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης, μέσω της βάσης δεδομένων.

Το παιχνίδι τρέχει έναν βρόχο ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο μέσω του οποίου ο ακροατής αισθητήρων (sensor listener) αποκτά τα δεδομένα των αισθητήρων τα προ επεξεργάζεται και τα στέλνει στον ελεγκτή παιχνιδιού, ο οποίος με τη σειρά του εκτελεί παρακολούθηση των σκελετικών αρθρώσεων του ασθενούς [49]. Οι εντοπισμένες σκελετικές στάσεις συγκρίνονται με τα κινητικά σχέδια ενός

ιδανικού μοντέλου εκτέλεσης των στάσεων (αποθηκευμένο στη μνήμη του παιχνιδιού). Με βάση αυτή τη σύγκριση ο ελεγκτής παιχνιδιού παράγει διορθωτικά σήματα, τα οποία προβάλλονται στη διεπαφή του παιχνιδιού, ανάλογα με την απόκλιση των κινήσεων του ασθενούς σε σχέση με τις στάσεις του ιδανικού μοντέλου εκτέλεσης. Με αυτό τον τρόπο ο ασθενής έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την κίνηση του και να αξιολογήσει τον εαυτό του με βάση το σκορ που παράγεται από τη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου. Στο τέλος κάθε συνεδρίας, ο κύριος όγκος των δεδομένων αποθηκεύεται στο τοπικό αποθετήριο της οικιακής εγκατάστασης του ασθενούς και αυτόματα «ανεβαίνει» στην βάση δεδομένων του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης, που βρίσκεται στο ιατρικό κέντρο [50].

4.3.2 Χαρακτηριστικά Συστήματος Ιατρικής Επιχειρησιακής Νοημοσύνης

- Όλη η απαραίτητη πληροφορία που παράγεται από κάθε συνεδρία, θα αποθηκεύεται και θα διαχειρίζεται από τη βάση δεδομένων.
- Ο ελεγκτής παιχνιδιού, μετά το πέρας της κάθε συνεδρίας, θα «ανεβάζει» στη βάση δεδομένων, όλη την απαραίτητη πληροφορία.
- Ένα σύστημα υποβοήθησης αποφάσεων (DSS system), επεξεργάζεται τα δεδομένα της κάθε συνεδρίας με σκοπό να εκτιμήσει το επίπεδο του ρίσκου πτώσεων του ασθενούς (Η εκτίμηση περιλαμβάνει ενδιάμεσα βήματα στα οποία εκτιμώνται οι χωροχρονικές παράμετροι της κινηματικής κατάστασης του ασθενούς).
- Απαιτείται η χρήση ενός middleware, για τη διασύνδεση των υποσυστημάτων του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης, τη λειτουργία ενός απομακρυσμένου κεντρικού σέρβερ δεδομένων και της πλατφόρμας παιχνιδιού.
- Διαδικτυακή πύλη, η οποία έχει λειτουργίες για την προσπέλαση της βάσης δεδομένων του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης από την οικογένεια και τους φροντιστές του ασθενούς.
- Λειτουργίες που θα εισάγουν μηνύματα σε καταστάσεις ανάγκης θα ενσωματώνονται στο σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης.
- Εργαλεία για το σχεδιασμό του παιχνιδιού. Τα εργαλεία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσω της διαδικτυακής πύλης, από τον ιατρό. Ο ασθενής θα είναι εξοπλισμένος με έναν αισθητήρα βάθους, ο οποίος θα συνδέεται στο σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης και θα καταγράφει τις στάσεις του σώματος του για τις ανάγκες του προγράμματος αποκατάστασης. Τα εργαλεία για το σχεδιασμό του παιχνιδιού θα δίνουν τη δυνατότητα στον ιατρό να θέτει το βαθμό δυσκολίας, τον αριθμό των ασκήσεων και τη διάρκεια της

κάθε άσκησης. Μόλις ο ιατρός σχηματίσει μια ακολουθία ασκήσεων, τότε αυτές θα «ανεβαίνουν» στο σύστημα [51][32][50].

5. Περιγραφή Περιπτώσεων Χρήσης

Οι περιπτώσεις χρήσης περιγράφουν πως οι χρήστες και η πλατφόρμα του παιχνιδιού αλληλοεπιδρούν, έτσι ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες της υπηρεσίας [52]. Το σύνολο των περιπτώσεων χρήσης παρέχει μια συστηματική περιγραφή των εργαλείων και υπηρεσιών του συστήματος, εξάγει τις απαραίτητες ενότητες λογισμικού και βοηθάει στο να βρεθεί το σύστημα αρχιτεκτονικής που εκτελεί καλύτερα αυτές τις υπηρεσίες και τα εργαλεία. Οι περιπτώσεις χρήσης αφορούν όλες τις λειτουργίες που πρέπει να εκτελέσει ένα ενεργό συστατικό του συστήματος και παρέχουν ένα απλό και λειτουργικό περίγραμμα του συστήματος, χωρίς να στέκονται σε λεπτομέρειες [53]. Οι περιπτώσεις χρήσης που παρουσιάζονται χρησιμοποιούν μια υψηλού επιπέδου περιγραφή, ώστε να γίνεται κατανοητό και από μη επαγγελματίες του χώρου, τι δυνατότητες και λειτουργίες παρουσιάζουν τα εργαλεία/συσκευές του συστήματος, αλλά και ποιος είναι ο ρόλος του κάθε ενός στο σύστημα.

5.1 Περιπτώσεις Χρήσης για τις Λειτουργίες Εγγραφής

Τίτλος	Εγγραφή του χρήστη από τον διαχειριστή
Σκοπός/Στόχος	Κάθε χρήστης (Ιατρός, ασθενής η φροντιστής) θα πρέπει να εγγράφεται στο σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης και με βάση τα δικαιώματα του θα μπορεί να χρησιμοποιεί τις διαθέσιμες λειτουργίες.
Επίπεδο	Υπολειτουργία
Πρωτοβάθμιος φορέας	Διαχειριστής
Δευτεροβάθμιος φορέας	<ul style="list-style-type: none"> • Ιατρός • Ασθενής
Συνθήκες	Καμία
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Ο διαχειριστής αποκτά πρόσβαση στο GUI του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης και

	επιλέγει την λειτουργία Νέος Λογαριασμός .
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ο κύριος φορέας είναι ο διαχειριστής: Ο διαχειριστής εισέρχεται στη διαδικτυακή πύλη του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης και πιστοποιεί τον αυτό του. 2. Μέσω της διεπαφής του συστήματος, ο διαχειριστής αποκτά πρόσβαση στο αποθετήριο του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης, προετοιμάζει τους νέους λογαριασμούς και εγγράφει τους χρήστες στο σύστημα. 3. Ο διαχειριστής καθορίζει τις προκαταρκτικές πληροφορίες του νέου ιατρού: το ρόλο του και μία σειρά από βασικές πληροφορίες για να τον κατατάξει ανάλογα με τα προσόντα του. 4. Ο διαχειριστής εκχωρεί πρόσβαση και άδεια στον ιατρό για τη διαμόρφωση του παιχνιδιού. 5. Ο ιατρός λαμβάνει ένα email που τον ειδοποιεί ότι είναι πλέον εγγεγραμμένος στο σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης και μπορεί να εισέλθει σε αυτό με τον όνομα χρήστη και τον κωδικό του.
Εναλλακτική ροή	<p>Ο πρωτοβάθμιος φορέας είναι ο ιατρός:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ο ιατρός προσδιορίζει τις πληροφορίες του ασθενούς (ή του φροντιστή). 2. Ο ιατρός εγγράφει τον ασθενή (ή τον φροντιστή). 3. Ο ασθενής (ή ο φροντιστής), λαμβάνει ένα email που τον ειδοποιεί ότι είναι πλέον εγγεγραμμένος στο σύστημα και θα πιστοποιείται η παρουσία του με ένα όνομα χρήστη και έναν κωδικό.

Πίνακας 1: Εγγραφή του χρήστη από τον διαχειριστή

Τίτλος	Πιστοποίηση του χρήστη
Σκοπός/Στόχος	Ο χρήστης πρέπει να πιστοποιηθεί και να κάνει log in για να εκτελέσει μόνο τις δραστηριότητες που θα του επιτραπούν.

Επίπεδο	Υπολειτουργία
Πρωτοβάθμιος φορέας	<ul style="list-style-type: none"> • Ιατρός • Ασθενής
Δευτεροβάθμιος φορέας	Κανένας
Συνθήκες	Ο ιατρός έχει είδη εγγραφεί από το διαχειριστή.
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Ο ιατρός αποκτά πρόσβαση στο GUI της διαδικτυακής πύλης του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης και επιλέγει τη λειτουργία log in .
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ο ιατρός ανοίγει τη διαδικτυακή πύλη του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης. 2. Ο ιατρός επιλέγει τη λειτουργία log in και δίνει το όνομα χρήστη και τον κωδικό του. 3. Η διαδικτυακή πύλη του συστήματος εξουσιοδοτεί τον ιατρό και ανοίγει τη διεπαφή με τις λειτουργίες που αυτός μπορεί να χρησιμοποιήσει.
Εναλλακτική ροή	<p>Ο ασθενής ζητά πρόσβαση:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ο ασθενής ανοίγει την κονσόλα παιχνιδιών του συστήματος. 2. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου του παιχνιδιού, εμφανίζει στον ασθενή το μενού log in. 3. Ο ασθενής κάνει log in βάζοντας το όνομα χρήστη και τον κωδικό του. 4. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου πιστοποιεί τον ασθενή και στη συνέχεια ανοίγει μια συνεδρία παιχνιδιού. 5. Στην περίπτωση που ο ασθενής ξεχάσει τον κωδικό του, επικοινωνεί με έναν φροντιστή για να τον βοηθήσει στην ανάκτηση του κωδικού του.

Πίνακας 2: Πιστοποίηση του χρήστη

Τίτλος	Κατέβασμα ασκήσεων για το παιχνίδι
---------------	---

Σκοπός/Στόχος	Γίνεται πρόσβαση στη βάση δεδομένων του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης, με σκοπό το κατέβασμα ακολουθιών από ασκήσεις και ενημέρωση της μηχανής γραφικών πραγματικού χρόνου.
Επίπεδο	Υπηρεσία
Πρωτοβάθμιος φορέας	Μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου
Δευτεροβάθμιος φορέας	Σέρβερ βάσης δεδομένων συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης.
Συνθήκες	Οι ασκήσεις στο σέρβερ του συστήματος έχουν ενημερωθεί.
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Ο ασθενής έχει κάνει log in στη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου και μια καινούρια συνεδρία έχει ξεκινήσει.
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου λειτουργεί σαν client και «ζητά» να συνδεθεί στο σέρβερ της βάσης δεδομένων του συστήματος. 2. Η βάση δεδομένων του συστήματος αρχίζει την αναζήτηση. 3. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου κάνει log in στον σέρβερ του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (πιστοποίηση και πρόσβαση). 4. Ο σέρβερ του συστήματος εκτελεί έλεγχο έκδοσης (συγκρίνει τον αριθμό έκδοσης των εγκατεστημένων ασκήσεων στη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου, με αυτές που είναι αποθηκευμένες στο σέρβερ του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης). 5. Εάν ο σέρβερ του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης έχει μία πιο πρόσφατη έκδοση, τότε η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου κατεβάζει την ενημερωμένη έκδοση των ασκήσεων. 6. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου, κάνει log out και αποσυνδέεται από το σέρβερ του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης. 7. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου ενημερώνει

	την διαμόρφωση.
Εναλλακτική ροή	<p>Μη ενημερωμένες ασκήσεις υπάρχουν στον σέρβερ του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου πραγματοποιεί Log out και αποσυνδέεται από το σέρβερ του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης. 2. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου ξεκινά το παιχνίδι.

Πίνακας 3: Κατέβασμα ασκήσεων για το παιχνίδι

5.2 Περιπτώσεις Χρήσης για τις Συνεδρίες Εκπαίδευσης

Τίτλος	Διαμόρφωση παιχνιδιού από τον ιατρό
Σκοπός/Στόχος	Διαμόρφωση παραμέτρων για τις συνεδρίες εκπαίδευσης σύμφωνα με την τελευταία εκτίμηση κινδύνου πτώσεων του ασθενούς.
Επίπεδο	Υπηρεσία
Πρωτοβάθμιος φορέας	<ul style="list-style-type: none"> • Ιατρός • Ασθενής
Δευτεροβάθμιος φορέας	Κανένας
Συνθήκες	Καμία
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Καμία
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ο ιατρός αποκτά πρόσβαση στο GUI της διαδικτυακής πύλης του συστήματος και ανοίγει τη λειτουργία Διαμόρφωση παιχνιδιού. 2. Ο ιατρός αποκτά πρόσβαση στο αποθετήριο όπου

	<p>βρίσκονται οι στάσεις των ασκήσεων.</p> <p>3. Ο ιατρός χρησιμοποιεί τις λειτουργίες σχεδιασμού του παιχνιδιού που του παρέχονται από το σύστημα, για να επιλέξει τις στάσεις και να «χτίσει» το παιχνίδι σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πλάνου αποκατάστασης του ασθενούς.</p> <p>4. Ο ιατρός θέτει το βαθμό εκπλήρωσης του κάθε βήματος στο παιχνίδι.</p> <p>5. Ο ιατρός συνδέει τις συσκευές και τους αισθητήρες με τον ασθενή.</p>
Εναλλακτική ροή	<p>Ο ιατρός επιλέγει τη συνεδρία εκπαίδευσης και αξιολόγησης</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ο ιατρός επιλέγει συγκεκριμένες ασκήσεις που έχουν στόχο να αξιολογήσουν τις χωροχρονικές παραμέτρους της κινηματικής κατάστασης του ασθενούς. • Ο ιατρός χρησιμοποιεί τις λειτουργίες σχεδιασμού του παιχνιδιού για να επιλέξει ασκήσεις και να «χτίσει» το παιχνίδι σύμφωνα με το πλάνο εκτίμησης κίνησης του ασθενούς. • Ο ιατρός συνδέει τις συσκευές και τους αισθητήρες με τον ασθενή.

Πίνακας 4: Διαμόρφωση παιχνιδιού από τον ιατρό

Τίτλος	Προετοιμασία παιχνιδιού
Σκοπός/Στόχος	Ο ασθενής αρχίζει τη συνεδρία εκπαίδευσης απλά πατώντας ένα κουμπί. Το σύστημα επαληθεύει ότι όλες οι συσκευές είναι ενεργές και έτοιμες προς χρήση.
Επίπεδο	Λειτουργία
Πρωτοβάθμιος φορέας	<ul style="list-style-type: none"> • Ασθενής • Μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου
Δευτεροβάθμιος φορέας	Σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης.

Συνθήκες	Καμία
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Ο ασθενής επιλέγει τη λειτουργία log in
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ταυτοποίηση του ασθενούς 2. Ο ασθενής αλληλοεπιδρά με τη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου του παιχνιδιού και επιλέγει την « αρχικοποίηση παιχνιδιού». 3. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου κατεβάζει από τη βάση δεδομένων του συστήματος την ενημερωμένη έκδοση του παιχνιδιού (πρόγραμμα και παράμετροι παιχνιδιού) 4. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου εντοπίζει ενεργές συσκευές και αισθητήρες και επαληθεύει ότι είναι ανοιχτοί και έτοιμοι προς χρήση. 5. Ο ασθενής λαμβάνει μια ειδοποίηση από τη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου για την κατάσταση λειτουργίας της πλατφόρμας. 6. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου «περιμένει» από τον ασθενή να πατήσει το κουμπί έναρξης.
Εναλλακτική ροή	<p>Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου εντοπίζει συσκευές ή αισθητήρες που βρίσκονται εκτός λειτουργίας.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου βγάζει ένα «μήνυμα σφάλματος» στην οθόνη του ασθενούς και στέλνει ένα σήμα συναγερμού στο σύστημα μαζί με μια αναφορά σφάλματος για περαιτέρω ανάλυση.

Πίνακας 5: Προετοιμασία παιχνιδιού

Τίτλος	Εκτέλεση του παιχνιδιού
Σκοπός/Στόχος	Ο ασθενής εκτελεί τις ασκήσεις υπό την επίβλεψη του ελεγκτή παιχνιδιού.
Επίπεδο	Υπηρεσία
Πρωτοβάθμιος φορέας	<ul style="list-style-type: none"> • Ασθενής

	<ul style="list-style-type: none"> • Μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου
Δευτεροβάθμιος φορέας	Κανένας
Συνθήκες	Καμία
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Ο ασθενής πατάει το κουμπί έναρξης.
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ο ελεγκτής παιχνιδιού ξεκινά την συνεδρία παιχνιδιού. 2. Ο ελεγκτής παιχνιδιού ζητά τα δεδομένα των αισθητήρων από τον sensor listener . 3. Ο ασθενής λαμβάνει σήματα ανατροφοδότησης υπολογισμένα από τον ελεγκτή παιχνιδιού. 4. Όταν το παιχνίδι ολοκληρωθεί επιτυχώς ο ελεγκτής παιχνιδιού τερματίζει τη συνεδρία. 5. Ο ασθενής λαμβάνει ένα συνολικό σκορ από τον ελεγκτή του παιχνιδιού. 6. Όταν ο ασθενής είναι έτοιμος, πατάει το κουμπί έναρξης για την επόμενη συνεδρία, αλλιώς τερματίζει το παιχνίδι.
Εναλλακτική ροή	Ο ελεγκτής παιχνιδιού τερματίζει την εκτέλεση του παιχνιδιού, όταν λάβει ένα σήμα διακοπής (είτε από κάποιο συναγερμό, είτε από μια δυσλειτουργία ενός αισθητήρα/μιας συσκευής).

Πίνακας 6: Εκτέλεση του παιχνιδιού

Τίτλος	Αίτηση των δεδομένων του αισθητήρα
Σκοπός/Στόχος	Παρακολούθηση και καταγραφή της επίδοσης των ασθενών κατά τη διάρκεια των ασκήσεων.
Επίπεδο	Λειτουργία
Πρωτοβάθμιος φορέας	Sensor listener

Δευτεροβάθμιος φορέας	Αποθήκευση τοπικών δεδομένων
Συνθήκες	Ο ασθενής ακολουθεί τις οδηγίες του παιχνιδιού και εκτελεί την ακολουθία των ασκήσεων.
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Ο sensor listener καταγράφει δεδομένα.
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ο sensor listener συλλέγει πληροφορίες από: <ul style="list-style-type: none"> • Τον αισθητήρα βάθους • IMU δεδομένα • Άλλους αισθητήρες (υγρασία, καρδιακοί παλμοί κτλ.) 2. Ο sensor listener προ επεξεργάζεται τα δεδομένα. 3. Τα δεδομένα του KINECT και τα δεδομένα από το επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο και μαγνητόμετρο αποθηκεύονται στην μονάδα αποθήκευσης του τοπικού υπολογιστή για επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο. 4. Δεδομένα βίντεο καθώς και άλλα δεδομένα αποθηκεύονται στο τοπικό αποθετήριο του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης και «ανεβαίνουν» στην κεντρική βάση δεδομένων του συστήματος αμέσως μετά τον τερματισμό της συνεδρίας.
Εναλλακτική ροή	Καμία

Πίνακας 7: Αίτηση των δεδομένων του αισθητήρα

Τίτλος	Αίτημα σήματος ανάδρασης
Σκοπός/Στόχος	Επεξεργασία των δεδομένων από τους αισθητήρες του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης, για ανάδραση σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της συνεδρίας του παιχνιδιού.
Επίπεδο	Λειτουργία
Πρωτοβάθμιος φορέας	Μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου

Δευτεροβάθμιος φορέας	Κανένας
Συνθήκες	Κανένας
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Η παραγόμενη ανάδραση ενεργοποιείται αυτόματα από τη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου.
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ο ελεγκτής παιχνιδιού λαμβάνει δεδομένα για τη στάση του σώματος από το KINECT. 2. Ενημερώνονται τρισδιάστατα avatars με τη στάση του σώματος. 3. Υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ της ιδανικής στάσης του σώματος και της πραγματικής στάσης σώματος και προκύπτει το σκορ στην άσκηση. 4. Παρέχονται σήματα ανάδρασης με δόνηση στον ασθενή βασισμένα στην υπολογισμένη διαφορά. 5. Εμφανίζεται στην οθόνη το σκορ που πέτυχε ο ασθενής στην άσκηση.
Εναλλακτική ροή	Καμία

Πίνακας 8: Αίτημα σήματος ανάδρασης

Τίτλος	Ειδοποιήσεις περιεχομένου
Σκοπός/Στόχος	Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου «ζητά» κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες γενικού περιεχομένου: καρδιακός ρυθμός, θερμοκρασία και υγρασία. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί η κατάσταση του ασθενούς και αν χρειαστεί να ενεργοποιηθεί κάποιος συναγερμός.
Επίπεδο	Υπηρεσία
Πρωτοβάθμιος φορέας	Μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου
Δευτεροβάθμιος φορέας	Διαδικτυακή πύλη του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης.

Συνθήκες	Καμία
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Καμία
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου αναζητά δεδομένα περιεχομένου από το sensor listener. 2. Ο sensor listener στέλνει τα ζητούμενα δεδομένα στη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου. 3. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου επεξεργάζεται τα δεδομένα με βάση ένα σετ κανόνων. 4. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου αυξάνει τους συναγερμούς εάν οι τιμές των αισθητήρων υπερβούν τα όρια.
Εναλλακτική ροή	Καμία

Πίνακας 9: Ειδοποιήσεις περιεχομένου

Τίτλος	Εκτίμηση της κινηματικής ανάλυσης
Σκοπός/Στόχος	Τα δεδομένα από τις προπονήσεις επεξεργάζονται και αναλύονται off-line και παράγονται χρήσιμα αποτελέσματα στο σύστημα DSS.
Επίπεδο	Υπηρεσία
Πρωτοβάθμιος φορέας	<ul style="list-style-type: none"> • Εφαρμογή κινηματικής ανάλυσης • Εφαρμογή DSS του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης
Δευτεροβάθμιος φορέας	Διαδικτυακή πύλη συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης.
Συνθήκες	Το σύστημα επιχειρησιακής νοημοσύνης έχει τελειώσει το ανέβασμα των δεδομένων από την τελευταία συνεδρία παιχνιδιού.
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Καμία

Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Η εφαρμογή των MBI-DSS ενεργοποιεί την εφαρμογή κινηματικής ανάλυσης. 2. Η εφαρμογή κινηματικής ανάλυσης προσπελαύνει την βάση δεδομένων του MBI και ανακτά τις εντοπισμένες σκελετικές αρθρώσεις της τελευταίας συνεδρίας παιχνιδιού. 3. Η εφαρμογή κινηματικής ανάλυσης εκτιμά τις χωροχρονικές τιμές. 4. Η εφαρμογή κινηματικής ανάλυσης αποθηκεύει τις εκτιμώμενες χωροχρονικές τιμές στη βάση δεδομένων του MBI. 5. Η εκτίμηση της κινηματικής ανάλυσης τερματίζει επιτυχώς.
Εναλλακτική ροή	Καμία

Πίνακας 10: Εκτίμηση της κινηματικής ανάλυσης

Τίτλος	Εκτίμηση κινδύνου πτώσης
Σκοπός/Στόχος	Ο ιατρός, με τη βοήθεια της εφαρμογής εκτίμησης κινδύνου πτώσης, διαπιστώνει τον κίνδυνο πτώσης των ασθενών.
Επίπεδο	Υπηρεσία
Πρωτοβάθμιος φορέας	<ul style="list-style-type: none"> • Εφαρμογή εκτίμησης κινδύνου πτώσης/MBI • Ιατρός
Δευτεροβάθμιος φορέας	Διαδικτυακή πύλη συστήματος
Συνθήκες	Η κινηματική ανάλυση έχει τερματιστεί με επιτυχία
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Καμία
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Η εφαρμογή MBI-DSS ενεργοποιεί την εφαρμογή κινδύνου πτώσης. 2. Η εφαρμογή κινδύνου πτώσης ανακτά τα χωροχρονικά

	<p>αποτελέσματα που βρίσκονται αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης.</p> <p>3. Επεξεργασία των χωροχρονικών αποτελεσμάτων. Ο αλγόριθμος εκτίμησης κινδύνου πτώσης διακρίνει τα συμπτωματικά λειτουργικά χαρακτηριστικά από τα μη λειτουργικά χαρακτηριστικά, σε κάθε συνεδρία και τα κατηγοριοποιεί σε επίπεδα κινδύνου.</p> <p>4. Αποθηκεύει στη βάση δεδομένων του MBI το επίπεδο κινδύνου πτώσης.</p> <p>5. Η βάση δεδομένων του MBI παράγει ως αποτέλεσμα εξόδου της εφαρμογής κινδύνου πτώσης, μια ετικέτα με το επίπεδο κινδύνου πτώσης.</p>
Εναλλακτική ροή	Καμία

Πίνακας 11: Εκτίμηση κινδύνου πτώσης

Τίτλος	Επιθεώρηση της εκτίμησης κινδύνου πτώσης
Σκοπός/Στόχος	Ο ιατρός, δέχεται ή απορρίπτει το αποτέλεσμα της εκτίμησης κινδύνου πτώσης.
Επίπεδο	Υπηρεσία
Πρωτοβάθμιος φορέας	<ul style="list-style-type: none"> • MBI-DSS • Ιατρός
Δευτεροβάθμιος φορέας	Διαδικτυακή πύλη συστήματος
Συνθήκες	Η κινηματική ανάλυση έχει τερματιστεί επιτυχώς.
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Καμία
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ο ιατρός κάνει log in στη διαδικτυακή πύλη του συστήματος. 2. Ο ιατρός εισάγει το αρχείο διαχείρισης του ασθενούς. 3. Ο ιατρός αποκτά πρόσβαση στο MBI-DSS και ζητά το αποτέλεσμα κινδύνου πτώσης.

	<p>4. Ο ιατρός ζητά πρόσβαση στο ιατρικό ιστορικό του ασθενούς.</p> <p>5. Ο ιατρός εξετάζει τις πληροφορίες και δέχεται η απορρίπτει το αποτέλεσμα εκτίμησης κινδύνου πτώσης.</p>
Εναλλακτική ροή	Καμία

Πίνακας 12: Επιθεώρηση της εκτίμησης κινδύνου πτώσης

Τίτλος	Σχεδιασμός πλάνου αναμόρφωσης
Σκοπός/Στόχος	Ο ιατρός υποβοηθείται, από τη νοημοσύνη του DSS, για να χτίσει ένα πλάνο αποκατάστασης ασθενών.
Επίπεδο	Υπηρεσία
Πρωτοβάθμιος φορέας	<ul style="list-style-type: none"> • Εφαρμογή MBI/DSS • Ιατρός
Δευτεροβάθμιος φορέας	Διαδικτυακή πύλη συστήματος
Συνθήκες	<ul style="list-style-type: none"> • Ο ιατρός κάνει log in στη διαδικτυακή πύλη του συστήματος. • Το MBI/DSS έχει ενημερώσει το αποτέλεσμα της εκτίμησης κινδύνου πτώσης.
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Καμία
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ο ιατρός ξεκινά την ενότητα του DSS 2. Το DSS ανακτά από τη βάση δεδομένων του MBI: <ol style="list-style-type: none"> a) Τα αποτελέσματα της εκτίμησης κινδύνου πτώσης. b) Τα σκορ του τελευταίου παιχνιδιού. 3. Ο αλγόριθμος του DSS παράγει ένα προτεινόμενο πρόγραμμα παιχνιδιού μαζί με τις παραμέτρους του. 4. Ο ιατρός, δέχεται, απορρίπτει ή τροποποιεί το προτεινόμενο πρόγραμμα παιχνιδιού. 5. Το ενημερωμένο σετ των ασκήσεων καθώς και το

	πλάνο αποκατάστασης ασθενών, αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων του MBI.
Εναλλακτική ροή	Καμία

Πίνακας 13: Σχεδιασμός πλάνου αναμόρφωσης

5.3 Περιπτώσεις Χρήσης για τη Διαχείριση Αρχείων

Τίτλος	Επιλογή λογαριασμού ασθενούς
Σκοπός/Στόχος	Επιλογή του φάκελου του ασθενούς από τη βάση δεδομένων των εγγεγραμμένων χρηστών του συστήματος.
Επίπεδο	Λειτουργία
Πρωτοβάθμιος φορέας	ΙΑΤΡΟΣ
Δευτεροβάθμιος φορέας	Διαδικτυακή πύλη συστήματος
Συνθήκες	Αναγνώριση του ιατρού
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Ο ιατρός επιλέγει τη λειτουργία «επιλογή χρήστη»
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ο ιατρός μέσω της διαδικτυακής πύλης του συστήματος εντοπίζει τη λίστα των εγγεγραμμένων χρηστών στους οποίους έχει εξουσιοδότηση πρόσβασης και επιλέγει το όνομα του ασθενούς που τον ενδιαφέρει. 2. Η διαδικτυακή πύλη ελέγχει τις άδειες του ιατρού. 3. Η διαδικτυακή πύλη εμφανίζει ένα μενού με περιεχόμενο στο οποίο ο ιατρός είναι εξουσιοδοτημένος να διαβάσει και να γράψει: <ul style="list-style-type: none"> • Ιατρικό ιστορικό • Συνεδρίες • Προγράμματα παιχνιδιών
Εναλλακτική ροή	Τα διαπιστευτήρια του ιατρού δε του δίνουν τη

	<p>απαραίτητη πρόσβαση στις παραμέτρους του προγράμματος παιχνιδιού.</p> <p>Η διαδικτυακή πύλη ανοίγει μενού με περιεχόμενο στο οποίο ο ιατρός είναι εξουσιοδοτημένος μόνο να διαβάσει:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ιατρικό ιστορικό • Συνεδρίες • Προγράμματα παιχνιδιών
--	---

Πίνακας 14: Επιλογή λογαριασμού ασθενούς

Τίτλος	Διαχείριση του ιατρικού φακέλου
Σκοπός/Στόχος	Επιλογή του φακέλου του ασθενούς από τη βάση δεδομένων εγγεγραμμένων χρηστών του MBI
Επίπεδο	Υπηρεσία
Πρωτοβάθμιος φορέας	Ιατρός
Δευτεροβάθμιος φορέας	Διαδικτυακή πύλη συστήματος
Συνθήκες	Ταυτοποίηση του ιατρού
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Ο ιατρός έχει εισέλθει στην directory του ασθενούς
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Επιλέγει «ιατρικό φάκελο» 2. Επιλέγει διάβασμα ιατρικού φακέλου και περιήγηση μέσω της τρέχουσας κατάστασης ή του ιστορικού του ασθενούς.
Εναλλακτική ροή	<p>Επιλέγει εγγραφή ιατρικού αρχείου</p> <ul style="list-style-type: none"> • Η βάση δεδομένων του MBI ελέγχει τις άδειες. Ένα οι άδειες έχουν χορηγηθεί, τότε ανοίγει το ιατρικό αρχείο σε μορφή επεξεργασίας. Αλλιώς εμφανίζεται μήνυμα απαγόρευσης πρόσβασης. <p>Επιλέγει εξαγωγή φακέλου. Ο ιατρός πλοηγείται μέσω της βάσης δεδομένων του MBI στα αρχεία του ασθενούς και επιλέγει το επιθυμητό αρχείο προς εξαγωγή.</p>

Πίνακας 15: Διαχείριση του ιατρικού φακέλου

Τίτλος	Συμπλήρωση του ηλεκτρονικού ημερολογίου
Σκοπός/Στόχος	Χρήση του ηλεκτρονικού ημερολογίου για τον προγραμματισμό των συνεδριών εκπαίδευσης του ασθενούς.
Επίπεδο	Υπηρεσία
Πρωτοβάθμιος φορέας	Ιατρός
Δευτεροβάθμιος φορέας	Διαδικτυακή πύλη συστήματος
Συνθήκες	Καμία
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Η λειτουργία «ηλεκτρονικό ημερολόγιο» έχει επιλεγεί.
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Επιλογή του φακέλου του ασθενούς. 2. Επιλογή του τρόπου προβολής του ημερολογίου (ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία). 3. Συμβάντα. 4. Ρύθμιση ώρας προγράμματος για ειδοποιήσεις.
Εναλλακτική ροή	<p>Επιλογή του φακέλου του ιατρού (ο ιατρός κανονίζει το πρόγραμμα του)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Επιλογή του τρόπου προβολής του ημερολογίου (ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία). 2. Συμβάντα. 3. Ρύθμιση ώρας προγράμματος για ειδοποιήσεις.

Πίνακας 16: Συμπλήρωση του ηλεκτρονικού ημερολογίου

Τίτλος	Ενημέρωση του σέρβερ του MBI
Σκοπός/Στόχος	Ανέβασμα (από το τοπικό αποθετήριο) των συγκεντρωμένων δεδομένων κατά τη διάρκεια της τελευταίας συνεδρίας παιχνιδιού στη βάση δεδομένων του MBI.

Επίπεδο	Λειτουργία
Πρωτοβάθμιος φορέας	ΙΑΤΡΟΣ
Δευτεροβάθμιος φορέας	Διαδικτυακή πύλη συστήματος
Συνθήκες	Καμία
Πραγματοποιούμενες ενέργειες	Η συνεδρία παιχνιδιού έχει ολοκληρωθεί
Βασική Ροή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Η συνεδρία παιχνιδιού ολοκληρώνεται και στέλνει σήμα τερματισμού στη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου. 2. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου λειτουργεί σαν client ζητά σύνδεση με τη βάση δεδομένων του σέρβερ του MBI. 3. Η βάση δεδομένων του MBI ξεκινά την ανίχνευση. 4. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου κάνει log in στον server του MBI (ταυτοποίηση και πρόσβαση). 5. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου ζητά πρόσβαση εγγραφής στο λογαριασμό του ασθενούς. 6. Η βάση δεδομένων εξουσιοδοτεί τη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου και αποδέχεται το αίτημα. 7. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου ανεβάζει τα δεδομένα από τη συνεδρία παιχνιδιού. 8. Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου κάνει log out και αποσυνδέεται από το server του MBI.
Εναλλακτική ροή	Καμία

Πίνακας 17: Ενημέρωση του σέρβερ του MBI

5.4 Ανάπτυξη Περιπτώσεων Χρήσης

Η χρήση των αφηγήσεων αποδεικνύεται πολύ αποτελεσματική στα πρώιμα στάδια της διαδικασίας των λειτουργικών απαιτήσεων, στο να συγκεντρώσει χρήσιμες πληροφορίες μέσα από συγκεκριμένα παραδείγματα για το πως τρέχουν τα πράγματα και αλληλοεπιδρούν με το ισχύον σύστημα, η πως θα έπρεπε να λειτουργούν σε μια μελλοντική έκδοση. Ένα σενάριο που αποτελείται από περιπτώσεις χρήσης απεικονίζει μια τυπική ακολουθία των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συνιστωσών

του συστήματος και των ενδιαφερόμενων μερών [52][54]. Ισοδυναμεί με μια δομημένη αφήγηση που καλύπτει τα ποιος, τι και πώς. Κατά συνέπεια, το σενάριο που παρουσιάζεται παρακάτω, περιγράφει μια σειρά από υψηλού επιπέδου αλληλεπιδράσεις του συστήματος που υποδηλώνουν πως επιτυγχάνονται οι στόχοι του συστήματος.

Το σενάριο παρουσιάζεται στον πίνακα 18. Η πρώτη στήλη του πίνακα αφορά τη σειρά ακολουθίας των περιπτώσεων χρήσης. Οι επόμενες τρεις στήλες αφορούν τα μέρη που συμμετέχουν στην υπόθεση χρήσης. Τα μέρη μπορεί να είναι είτε άτομα είτε υποσυστήματα του συστήματος. Η πρώτη από αυτές τις τρεις στήλες πάντα θα αναφέρεται στους ασθενείς, η δεύτερη στον ιατρό και η τρίτη στήλη θα αναφέρεται σε ένα ή περισσότερα από τα υπόλοιπα μέρη (σε κάθε διαφορετικό βήμα το όνομα του μέρους που θα συμμετέχει θα υποδηλώνεται με έντονα γράμματα). Η τελευταία στήλη του πίνακα 18, θα αφορά την ταυτότητα της περίπτωσης χρήσης και θα δίνεται μια σύντομη περιγραφή (όλες οι περιπτώσεις χρήσης έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά στην προηγούμενη ενότητα). Ο αριθμός μέσα στην παρένθεση (δίπλα από το αναγνωριστικό του κάθε μέρους), υποδηλώνει τη χρονική ακολουθία των βημάτων που εκτελούνται κατά τη διάρκεια των περιπτώσεων χρήσης.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει μόνο τα βασικά βήματα της κάθε περίπτωσης χρήσης. Αυτό γίνεται για οικονομία χώρου. Εάν ο αναγνώστης θέλει να δει τη πλήρη λίστα των βημάτων για τις περιπτώσεις χρήσης, τον παροτρύνουμε να ανατρέξει στη λεπτομερή περιγραφή που δίνεται στο κεφάλαιο 4.

	Μέρη			Πλατφόρμα συστήματος
Χρονολογική σειρά των περιπτώσεων χρήσης	Ασθενής	Ιατρός	Άλλα μέρη (έντονη γραμματοσειρά)	Περιπτώσεις χρήσης
1		(2) Ο ιατρός λαμβάνει email με το όνομα χρήστη και τον κωδικό	(1) Ο διαχειριστής εγγράφει τον ιατρό	Εγγραφή του χρήστη από το διαχειριστή
2		Ταυτοποίηση και είσοδος στο σύστημα		Ταυτοποίηση του χρήστη
3	(2) Ο ασθενής λαμβάνει το όνομα χρήστη και τον κωδικό κατά την πρώτη επίσκεψη στο ιατρείο		(1) Ο διαχειριστής εγγράφει τον ασθενή και τον πλησιέστερο συγγενή του	Εγγραφή του χρήστη από το διαχειριστή

4	Ταυτοποίηση και είσοδος στο σύστημα			Ταυτοποίηση του χρήστη
5		Ανοίγει τη διαδικτυακή πύλη, επιλέγει και αποκτά πρόσβαση το λογαριασμό του ασθενούς		Επιλέγει το λογαριασμό του ασθενούς
6		Παίρνει πληροφορίες για την παρούσα και προγενέστερη κατάσταση του ασθενούς		Διαχείριση του φακέλου του ασθενούς
7			<p>(1) Η βάση δεδομένων του MBI έχει ανεβάσει και αποθηκεύσει επιτυχώς τα δεδομένα από την τελευταία συνεδρία.</p> <p>(2) Το DSS ξεκινά την εφαρμογή εκτίμησης κινδύνου πτώσης.</p> <p>(3) Το FRA ενεργοποιεί την εφαρμογή εκτίμησης κινηματικής ανάλυσης</p> <p>(4) Το FRA επεξεργάζεται δεδομένα χωροχρονικών παραμέτρων που παράγονται από την εκτίμηση της κινηματικής ανάλυσης και τα συγκρίνει με τις προηγούμενες συνεδρίες</p> <p>(5) Το FRA διαχωρίζει από τη μία συνεδρία παρακολούθησης στην άλλη, συμπτωματικά από μη συμπτωματικά λειτουργικά χαρακτηριστικά και τα κατηγοριοποιεί σε επίπεδα κινδύνου</p> <p>(6) Το FRA υπολογίζει μια τιμή κινδύνου πτώσης</p>	Εκτίμηση κινδύνου πτώσης
8		<p>(1) Ανοίγει την εφαρμογή εκτίμησης πτώσης στη διαδικτυακή πύλη του συστήματος</p> <p>(2) Επιθεωρεί το FRA και δέχεται ή απορρίπτει το περιεχόμενο του</p>	(8) Το νέο περιεχόμενο του FRA αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων του MBI	Επισκόπηση της εκτίμησης κινδύνου πτώσης

9		<p>(1) Ξεκινά τη διαδικασία του DSS</p>	<p>(2) Η εφαρμογή του DSS ανακτά από τη βάση δεδομένων το σκορ της τελευταίας συνεδρίας παιχνιδιού και το περιεχόμενο του κινδύνου πτώσης</p> <p>(3) Το DSS επεξεργάζεται το αποτέλεσμα και προτείνει ένα πρόγραμμα παιχνιδιού και τις παραμέτρους του</p> <p>(4) Το προτεινόμενο πρόγραμμα παιχνιδιού με τις παραμέτρους του αποθηκεύεται από το DSS στη βάση δεδομένων του MBI</p>	Σχεδιασμός πλάνου αποκατάστασης
10		<p>(1) Επιλέγει διαμόρφωση λειτουργιών παιχνιδιού στη διαδικτυακή πύλη του συστήματος</p> <p>(2) Επιλέγει «παιχνίδι εκπαίδευσης και εκτίμησης»</p> <p>(3) Σχεδιάζει την ακολουθία του παιχνιδιού: ασκήσεις και βαθμός εκπλήρωσης</p> <p>(4) Αποθηκεύει τα παιχνίδια στη βάση δεδομένων του MBI</p>		Διαμόρφωση παιχνιδιού
11	<p>(1) Ξεκινά μια νέα συνεδρία.</p> <p>(4) Λαμβάνει μια ειδοποίηση επιβεβαίωσης από τη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου για τη λειτουργική κατάσταση του συστήματος</p> <p>(5) Διαβάζει στη διεπαφή εκπαιδευόμενου πληροφορίες για: αντικείμενο της εκπαίδευσης, τύπο επόμενης άσκησης, διάρκεια, επίπεδο δυσκολίας</p>		<p>(2) Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου κατεβάζει αυτόματα από τη βάση δεδομένων του MBI την ενημερωμένη έκδοση του παιχνιδιού με τις ρυθμίσεις του.</p> <p>(3) Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου επικοινωνεί με την πλατφόρμα υλικού του συστήματος και πιστοποιεί ότι οι συσκευές και οι αισθητήρες είναι ρυθμισμένοι και έτοιμοι προς χρήση και στέλνει μήνυμα επιβεβαίωσης στον ασθενή</p> <p>(6) Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου περιμένει μέχρις ότου ο ασθενής πατήσει το κουμπί έναρξης</p>	Αρχικοποίηση παιχνιδιού

12	<p>(1) Ανοίγει παράθυρο τηλεκπαίδευσης στην πλατφόρμα GUI του συστήματος</p> <p>(2) Ζητά πληροφορίες από την εφαρμογή τηλεκπαίδευσης για την τρέχουσα συνεδρία παιχνιδιού</p> <p>(5) Αποχωρεί από το παράθυρο τηλεκπαίδευσης</p>		<p>(3) Η Εφαρμογή τηλεκπαίδευσης καταδεικνύει τους μαθησιακούς στόχους και περιγράφει την άσκηση και το βαθμό δυσκολίας</p> <p>(4) Η Εφαρμογή τηλεκπαίδευσης καταδεικνύει μια ακολουθία εικόνων της άσκησης που θα εκτελεστεί</p>	Τηλεκπαίδευση
13	<p>(1) Πατάει το κουμπί έναρξης.</p> <p>(5) Λαμβάνει ανατροφοδότηση από τον ελεγκτή παιχνιδιού.</p>		<p>(2) Ο ελεγκτής παιχνιδιού ξεκινά μια συνεδρία παιχνιδιού.</p> <p>(3) Ο sensor listener τα δεδομένα των αισθητήρων του συστήματος</p> <p>(4) Ο ελεγκτής παιχνιδιού λαμβάνει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από τον sensor listener</p> <p>(6) Εάν εμφανιστεί κάποια ειδοποίηση εξαιτίας μιας κακής εκτέλεσης των ασκήσεων το παιχνίδι τερματίζει αυτόματα</p> <p>(7) Ο ελεγκτής παιχνιδιού τερματίζει τη συνεδρία παιχνιδιού μέσα στον προκαθορισμένο χρόνο (εάν δεν έχει εμφανιστεί κάποια ειδοποίηση διακοπής)</p> <p>(8) Ο ελεγκτής παιχνιδιού ξεκινά την επόμενη συνεδρία παιχνιδιού σύμφωνα με το πρόγραμμα του παιχνιδιού</p>	Εκτέλεση του παιχνιδιού και ολοκλήρωση
14			<p>(1) Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου αντιμετωπίζει ένα σήμα τερματισμού</p> <p>(2) Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου κάνει Log in στον σέρβερ του MBI</p> <p>(3) Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου ανεβάζει τα δεδομένα των συνεδριών παιχνιδιού</p> <p>(4) Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου κάνει log out και αποσυνδέεται από το σέρβερ του MBI</p>	Ενημέρωση του σέρβερ του MBI
15			(1) Η εφαρμογή DSS ενεργοποιεί την εφαρμογή κινηματικής	Κινηματική

			<p>ανάλυσης</p> <p>(2) Η εφαρμογή κινηματικής ανάλυσης αποκτά πρόσβαση στη βάση δεδομένων του MBI και ανακτά τις σκελετικές αρθρώσεις που έχουν αποτυπωθεί από την τελευταία συνεδρία παιχνιδιού</p> <p>(3) Η εφαρμογή κινηματικής ανάλυσης εκτιμά τις χωροχρονικές τιμές</p> <p>(4) Η εφαρμογή κινηματικής ανάλυσης αποθηκεύει τις εκτιμώμενες τιμές στη βάση δεδομένων του MBI</p> <p>(5) Η εκτίμηση κινηματικής ανάλυσης τερματίζει επιτυχώς</p>	ανάλυση
--	--	--	---	---------

Πίνακας 18: Περιγραφή σεναρίου περιπτώσεων χρήσης βασικών λειτουργιών του συστήματος

6. Περιγραφή Υποσυστημάτων

Τα βασικά μπλοκ λειτουργιών της αρχιτεκτονικής του συστήματος απεικονίζονται στην εικόνα 6. Η πλατφόρμα του παιχνιδιού βρίσκεται στην οικιακή εγκατάσταση του ασθενούς. Το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης βρίσκεται στο ιατρικό κέντρο. Το ιατρικό κέντρο είναι μόνο ένα, ενώ οι οικίες του ασθενούς μπορεί να είναι περισσότερες από μια (πχ κύρια και εξοχική).

Η πλατφόρμα παιχνιδιού του συστήματος περιλαμβάνει τη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου, τον ελεγκτή παιχνιδιού πραγματικού χρόνου, τον sensor listener, τις συσκευές και τους αισθητήρες του συστήματος, τη διεπαφή χρήστη του παιχνιδιού και το υποσύστημα για τις ασύρματες επικοινωνίες μεταξύ των αισθητήρων και τη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου. Το παιχνίδι του συστήματος τρέχει ένα βρόχο ανάδρασης σε πραγματικό χρόνο, μέσω του οποίου ο sensor listener, αποκτά τα δεδομένα από τους αισθητήρες (βάθους και IMU), προ επεξεργάζεται τα δεδομένα και τα στέλνει στον ελεγκτή παιχνιδιού, ο οποίος με τη σειρά του εκτελεί τον εντοπισμό των σκελετικών αρθρώσεων του ασθενούς. Οι εντοπισμένες σκελετικές πόζες του ασθενούς συγκρίνονται με το πρότυπο κίνησης ενός ιδανικού μοντέλου εκτέλεσης (το οποίο βρίσκεται αποθηκευμένο στη μνήμη του παιχνιδιού). Με βάση αυτή τη σύγκριση, ο ελεγκτής παιχνιδιού παράγει διορθωτικά σήματα, τα οποία προβάλλονται από τη διεπαφή του παιχνιδιού, ανάλογα με την απόκλιση κίνησης του ασθενούς από το ιδανικό μοτίβο εκτέλεσης. Με αυτό τον τρόπο ο ασθενής έχει τη δυνατότητα να διορθώσει και να βελτιώσει την κίνηση του και να αξιολογήσει τον εαυτό του βάσει του σκορ που παράγεται από τη μηχανή

γραφικών πραγματικού χρόνου. Στο τέλος της κάθε συνεδρίας τα μαζικά δεδομένα αποθηκεύονται στο τοπικό αποθετήριο, στο σπίτι του ασθενούς και αυτόματα ανεβαίνουν στη βάση δεδομένων του MBI στο ιατρικό κέντρο.

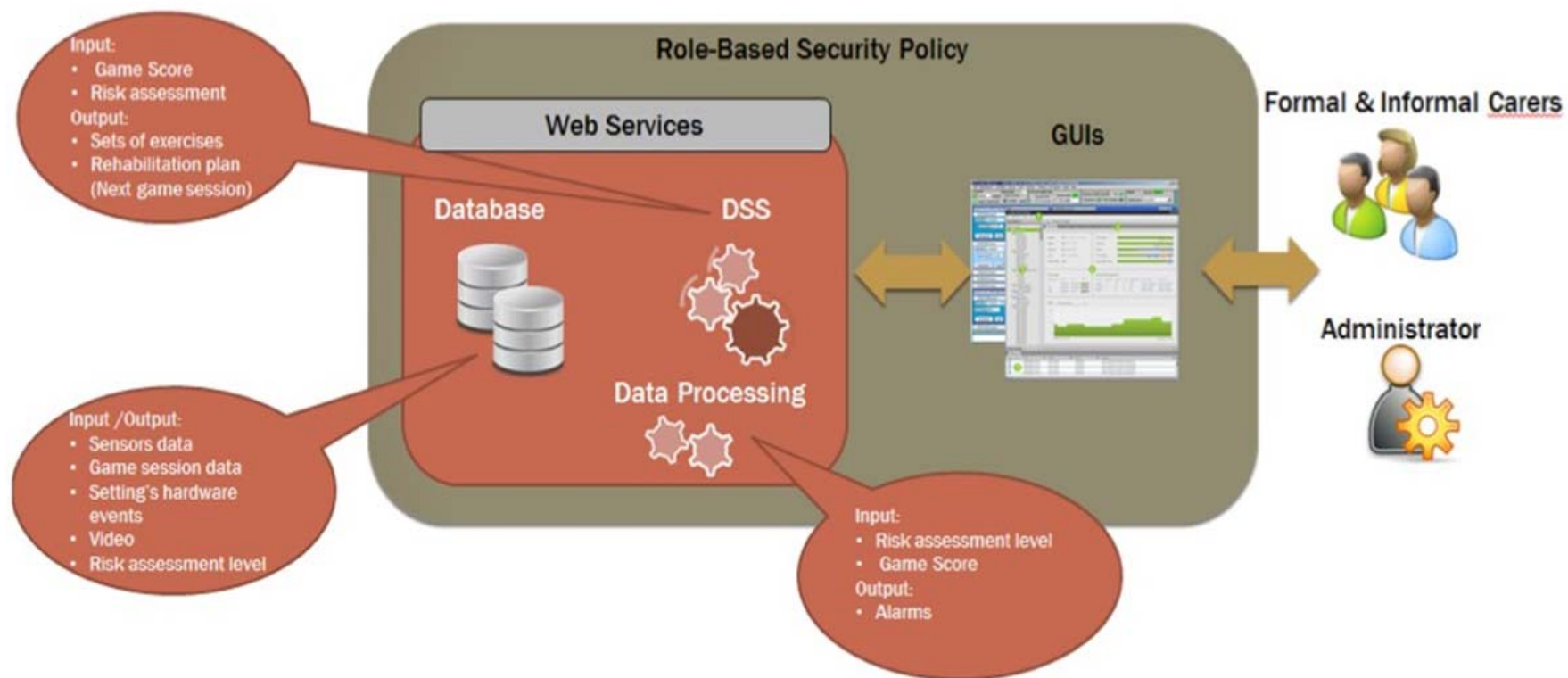
Το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (MBI) παρέχει τις ακόλουθες υπηρεσίες:

- Διεπαφή χρήστη (UI) για την οικογένεια και τους φροντιστές του ασθενούς
- Δρα ως το κύριο αποθετήριο
- Παρέχει το σύστημα υποστήριξης απόφασης (DSS) για τους φροντιστές
- Ξεκινά να παράγει ειδοποιήσεις σε περιπτώσεις ανάγκης

Το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (MBI) περιλαμβάνει τα εξής μέρη του συστήματος:

- Τη διαδικτυακή πύλη
- Τη βάση δεδομένων
- Τον αλγόριθμο τηλεπαρακολούθησης
- Την εφαρμογή DSS

Τα τελευταία τρία μέρη του MBI λειτουργούν μέσω της διαδικτυακής πύλης. Τα συστατικά του συστήματος ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (MBI), αναπαρίστανται γραφικά στην εικόνα 6.



Εικόνα 6: Περιγραφή αρχιτεκτονικής συστήματος

6.1 Μηχανή Γραφικών Πραγματικού Χρόνου

Λειτουργικότητα

Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου αποτελεί το πιο σημαντικό υποσύστημα του παιχνιδιού [55]. Ο κύριος στόχος της είναι να εκτελεί το ίδιο το παιχνίδι [56]. Επίσης είναι επιφορτισμένη με το να μαζεύει όλα τα δεδομένα υψηλού επιπέδου, από τους θεραπευτές, χρήστες και αισθητήρες καθώς και να ενεργοποιεί και να αποθηκεύει γεγονότα και δεδομένα στο σύστημα και στο αρχείο διαμοιρασμού του συστήματος cloud.

Περιγραφή και χαρακτηριστικά των συστατικών του συστήματος

Αυτή η ενότητα θα ενσωματώσει τα συστήματα που αναφέρονται στα επόμενα κεφάλαια.

a) Αρχιτεκτονική Λογισμικού

- Η μηχανή γραφικών είναι το κύριο υποσύστημα στην εφαρμογή του παιχνιδιού. Όλες οι λειτουργίες χειρίζονται από αυτό το υποσύστημα [57].
- Τα κύρια υποσυστήματα που ενσωματώνονται στην εφαρμογή μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την κατηγορία χειρισμού:

Χειρισμός στάσεων σώματος:

- Αισθητήρες
- Δεδομένα εισόδου
- Αναγνώριση στάσεων σώματος
- Εργαλείο συγγραφής
- Καταγραφή δεδομένων
- Συγχρονισμός server

Χειρισμός παιχνιδιού:

- Αλληλεπίδραση
 - Ανάδραση
 - Log in, μενού, διαμόρφωση/παραμετροποίηση
 - Σκορ
- Τα περισσότερα από τα υποσυστήματα είναι ανεξάρτητα και αναπτύσσονται χωριστά. Ως μέρος της ίδιας της εφαρμογής, μπορούμε να θεωρήσουμε:

- Συγχρονισμός server

Επειδή ο μεγάλος όγκος των δεδομένων δεν μπορεί να ανέβει στον server στιγμιαία, μπορούμε να βασιστούμε στο ότι αυτά θα ανέβουν κατά τη διάρκεια της συνεδρίας παιχνιδιού ή αμέσως μετά τον τερματισμό κάθε ξεχωριστού παιχνιδιού ή αμέσως μετά τον τερματισμό ολόκληρης της συνεδρίας. Για το σκοπό αυτό, μια ειδική εφαρμογή τρέχει ανεξάρτητα και φροντίζει ώστε τα παραγόμενα αρχεία κάθε συνεδρίας, να ανεβαίνουν στο αντίστοιχο directory της βάσης δεδομένων του MBI [43].

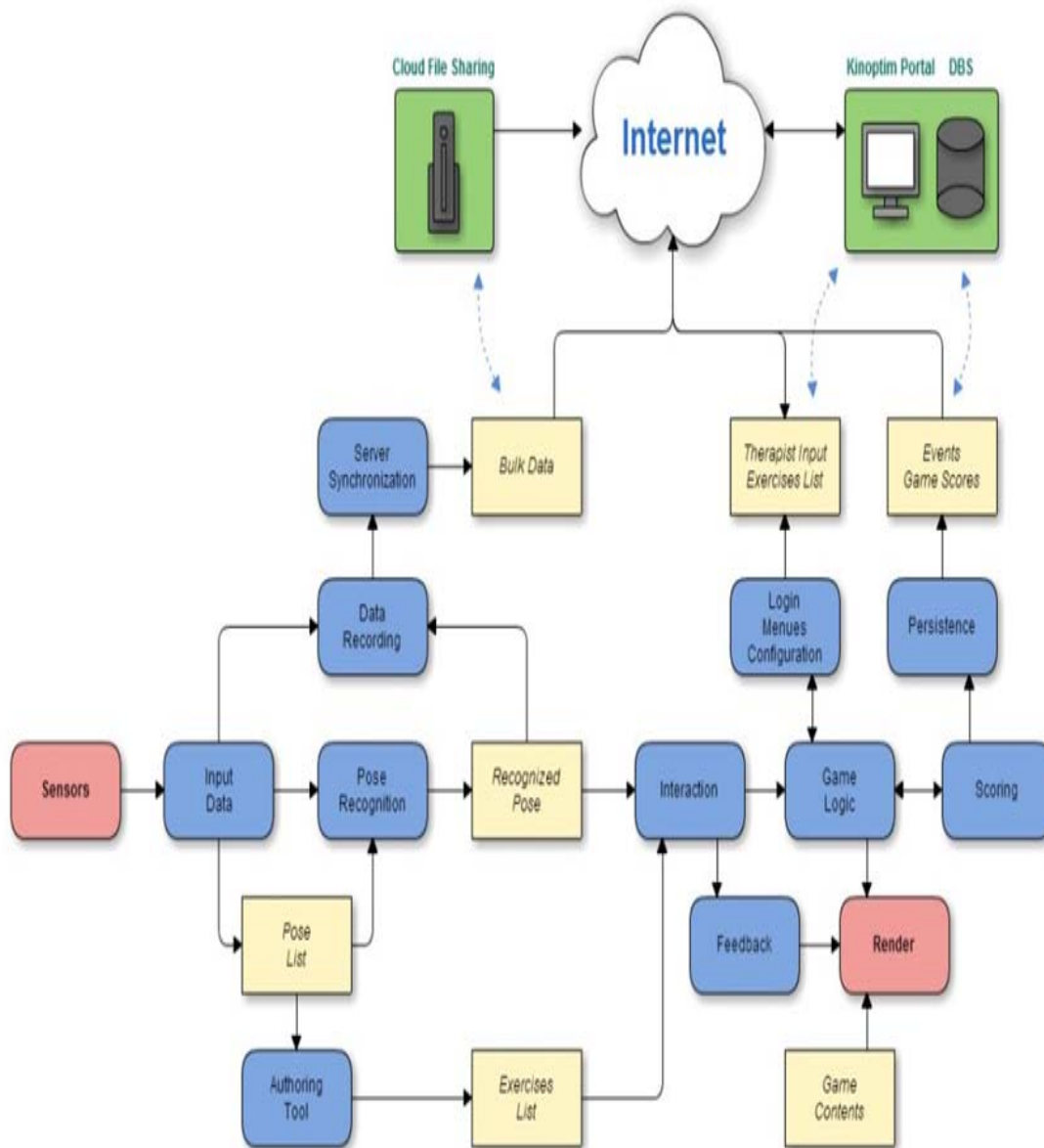
➤ Log in, μενού και διαμόρφωση

Αυτό το υποσύστημα φροντίζει τα καθήκοντα που πρέπει να εκτελέσουν οι χρήστες πριν ξεκινήσουν το παιχνίδι. Το Log in γίνεται προκειμένου οι χρήστες να μπορούν να κατεβάσουν τη λίστα των ασκήσεων που έχει σχεδιάσει ο ιατρός τους, για την επόμενη συνεδρία. Τα μενού και η διαμόρφωση επιτρέπουν στο χρήστη να ρυθμίσει τις παραμέτρους του συστήματος όπως συσκευές αισθητήρων, ήχο, ανάλυση οθόνης κτλ. [58].

➤ Σκορ

Λαμβάνοντας υπ' όψη τα ισχύοντα κριτήρια, αυτό το υποσύστημα υπολογίζει το σκορ κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού σαν μία ακόμα μορφή ανάδρασης προς το χρήστη και προς τους θεραπευτές του, με την έννοια ότι το σκορ αποθηκεύεται μετά το τέλος του παιχνιδιού στο σύστημα [59]. Έτσι τα δεδομένα αυτά είναι διαθέσιμα στους θεραπευτές για μελλοντική ανάλυση και τους βοηθούν στο να βγάλουν συμπεράσματα για την κατάσταση του ασθενούς.

- Η κύρια εφαρμογή και τα υποσυστήματα/ενότητες της προτείνεται να αναπτυχθούν σε C++ και να είναι προσανατολισμένα στο λειτουργικό σύστημα των Windows, λόγω της μεγάλης εξάπλωσης του εν λόγω λειτουργικού [60].



Εικόνα 7: Πλήρες διάγραμμα με τα υποσυστήματα της εφαρμογής παιχνιδιού

Η μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου είναι το μοναδικό υποσύστημα του παιχνιδιού του συστήματος που διασυνδέεται με τη βάση δεδομένων του MBI. Αυτό γίνεται μέσω ενός λογισμικού ασφαλούς πρόσβασης δεδομένων, το οποίο κατεβάζει απευθείας από τη βάση δεδομένων του MBI τα σετ των ασκήσεων που απαιτούνται για την επόμενη συνεδρία παιχνιδιού. Η ίδια εφαρμογή είναι υπεύθυνη για τη το αυτοματοποιημένο ανέβασμα των αποτελεσμάτων και των δεδομένων του παιχνιδιού, μετά τον τερματισμό κάθε παιχνιδιού ή κάθε συνεδρίας. Καμία άλλη διασύνδεση δεν υπάρχει μεταξύ του παιχνιδιού και της βάσης δεδομένων του MBI ή της διαδικτυακής

πύλης. Με αυτό τον τρόπο, απλοποιείται ο τρόπος επικοινωνίας μεταξύ των υποσυστημάτων και διασφαλίζεται ότι η εκτέλεση του παιχνιδιού θα γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον διαχωρίζεται η ανάπτυξη του ελεγκτή παιχνιδιού από το σύστημα MBI και από την διαδικτυακή πύλη και έτσι επιτυγχάνουμε ένα πιο καλά δομημένο και ασφαλές σύστημα [50][51][32].

6.2 Ελεγκτής Παιχνιδιών Πραγματικού Χρόνου

Λειτουργικότητα

Αυτό το υποσύστημα καθορίζει μεταξύ των διαθέσιμων ασκήσεων της λίστας ποια αντιστοιχεί στον εκάστοτε ασθενή και πόσο ακριβές είναι αυτό το ταίριασμα το οποίο γίνεται με βάση όλα τα δεδομένα που προέρχονται από τους διαθέσιμους αισθητήρες του συστήματος.

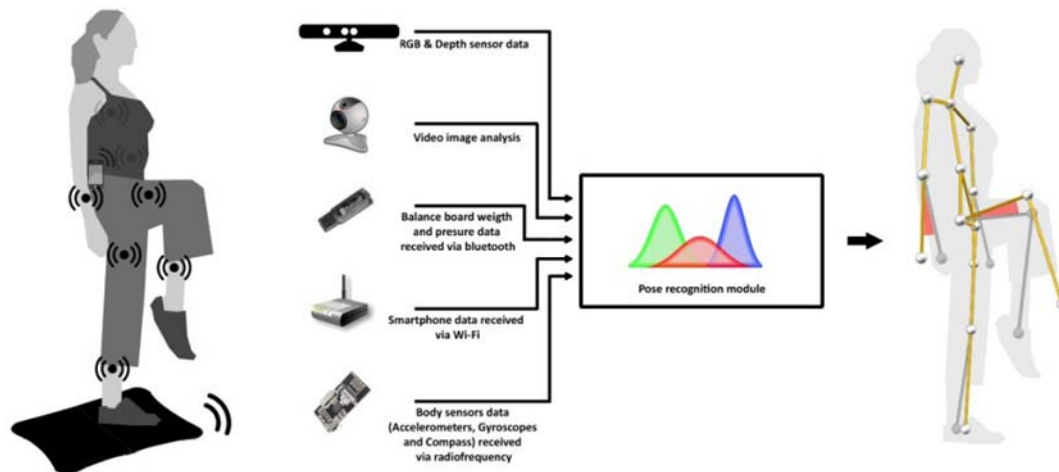
Περιγραφή και χαρακτηριστικά των μερών του συστήματος

Το υποσύστημα αυτό είναι ενσωματωμένο μέσα στη μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου και χρησιμοποιεί δύο διαφορετικές πηγές δεδομένων: τη λίστα των πιθανών στάσεων σώματος (με την σχετική πληροφορία από τους αισθητήρες) και τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από τους αισθητήρες που προκύπτουν από τους χρήστες.

a) Αρχιτεκτονική συστήματος

- Εσωτερική αρχιτεκτονική

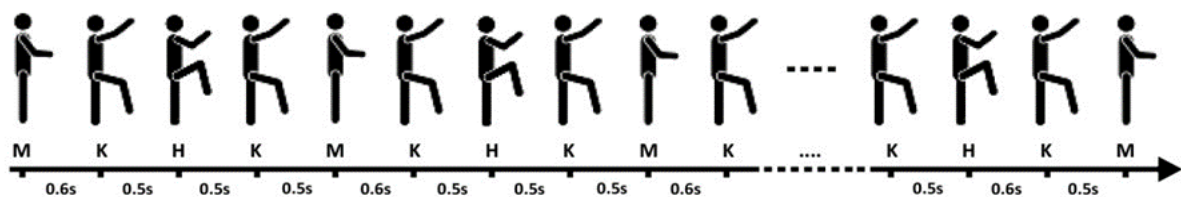
Το κύριο μέρος αυτού του υποσυστήματος και της αρχιτεκτονικής του είναι να πετύχει μια ευκλείδεια απόσταση από την τρέχουσα θέση του ασθενούς, μετρούμενη σαν δεδομένα προερχόμενα από τους αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο, και από δεδομένα αισθητήρων αποθηκευμένα στις λίστες με τις στάσεις σώματος που καταγράφηκαν νωρίτερα.



Εικόνα 8: Αρχιτεκτονική ελεγκτή παιχνιδιού

- Βασική λειτουργία

Η λίστα με τις στάσεις σώματος καθώς και τα δεδομένα από τους αισθητήρες, λαμβάνονται, όταν ο χρήστης τοποθετήσει το σώμα του στην αντίστοιχη στάση σώματος που του υποδεικνύεται.



Εικόνα 9: Λίστα με τις στάσεις σώματος σε μια άσκηση

- Λειτουργικά συστήματα και γλώσσες προγραμματισμού

Αυτό το μέρος δε θα βασίζεται σε κάποια βιβλιοθήκη, αλλά θα είναι απλή C++ και γι' αυτό θα μπορεί να μεταφραστεί σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα (ανεξαρτησία από την πλατφόρμα). Όσον αφορά τα υπόλοιπα υποσυστήματα θα είναι συμβατά με την πλατφόρμα των Microsoft Windows [60].

Χαρακτηριστικά διεπαφής για την ενσωμάτωση με τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος

- Σε αυτό το μέρος του συστήματος δεν προορίζεται η χρήση συγκεκριμένων τύπων αισθητήρων: θα λαμβάνει δεδομένα προερχόμενα από τους αισθητήρες.

- Τα μαζικά δεδομένα από αυτούς τους αισθητήρες επίσης θα καταγράφονται στις λίστες των στάσεων σώματος, οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του καθορισμού των στάσεων σώματος.

Όλες οι επικοινωνίες που εκτελούνται από αυτό το μέρος είναι εσωτερικές στο υποσύστημα του παιχνιδιού του συστήματος (sensor listener και μηχανή γραφικών πραγματικού χρόνου). Αυτό το μέρος δεν επικοινωνεί με το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (MBI) ή με τη διαδικτυακή πύλη.

Χαρακτηριστικά Επικοινωνίας

- Με βάση την παρούσα λίστα αισθητήρων, αυτό το μέρος του συστήματος, θα λαμβάνει, δεδομένα από το ασύρματο δέκτη Zig-bee [61] (λαμβάνει δεδομένα από όλους τους ασύρματους αισθητήρες) και τα επεξεργασμένα δεδομένα του αισθητήρα βάθους. Ο αισθητήρας βάθους αρχικά θα είναι ενσύρματος και σε αργότερο στάδιο θα επικοινωνεί με ασύρματο τρόπο με τον sensor listener.
- Μια αυτοματοποιημένη προγραμματιζόμενη διεπαφή (API) θα είναι διαθέσιμη σε κάθε μέρος του συστήματος, έτσι ώστε να μπορεί να μεταδώσει τα δεδομένα σε ένα πολύ χαμηλό επίπεδο. Η κάθε μετάδοση θα βασίζεται σε μια κλήση συνάρτησης με μερικές παραμέτρους [62]:
 - Όνομα αισθητήρα
 - Όνομα παραμέτρου ή γκρουπ
 - Αριθμός τιμών (πραγματικοί αριθμοί)
 - Buffer δεδομένων
- Μια δεύτερη συνάρτηση θα επιτρέπει στα συστήματα με ανατροφοδότηση να εγγράφουν τους εαυτούς τους, με τη βοήθεια μιας συνάρτησης επανάκλησης που θα τρέχει κάθε φορά που ο ελεγκτής παιχνιδιού χρειάζεται να τα ενεργοποιήσει, τροποποιήσει ή απενεργοποιήσει.

6.3 Διεπαφή Παιχνιδιού

Η διεπαφή του παιχνιδιού αντικατοπτρίζει την κατάσταση του παιχνιδιού στο χρήστη. Βασίζεται κυρίως σε γραφικά, αλλά χρησιμοποιεί επίσης ήχο και απτική ανάδραση [63].

Περιγραφή και χαρακτηριστικά των συστατικών του συστήματος

a. Αρχιτεκτονική Λογισμικού

- Με βάση τη μονάδα απόδοσης, θα γίνει χρήση δειγμάτων ήχου, τρισδιάστατων μοντέλων και άλλων εικονικών εφέ, που θα δημιουργηθούν από την ομάδα καλλιτεχνών.
- Ο κύριος πόρος θα είναι το avatar που θα πρέπει να διαφοροποιηθεί από την ανθρώπινη μορφή, για πιο εύκολη αναγνώριση των χρηστών με αυτόν το τρόπο [64].
- Άλλα 3D στοιχεία θα λάβουν μέρος στις ασκήσεις και ακόμη θα είναι δυνατόν να μπορούν να αλληλοεπιδρούν με τις διάφορες πόζες του χρήστη.
- Τα σενάρια θα ποικίλουν ανάλογα με το επίπεδο και το στάδιο της άσκησης [31].
- Ο ήχος και η απτική ανάδραση θα επιτρέψουν τον ευκολότερο συγχρονισμό του χρήστη με το ρυθμό του παιχνιδιού.

b. Αρχιτεκτονική Υλικού

- Αρχικά, το υλικό για την αλληλεπίδραση ανθρώπου-παιχνιδιού θα αποτελείται από ένα τυπικό PC με ένα πληκτρολόγιο και ποντίκι. Η οθόνη θα μπορούσε να είναι μια οθόνη LCD ή τηλεόραση που υπάρχει ήδη στο σπίτι. Χρησιμοποιώντας αυτά, ο ασθενής θα μπορεί να αλληλοεπιδρά με το παιχνίδι και να κάνει log in/out, να επιλέγει εντολές από το μενού και να κάνει διάφορες ρυθμίσεις του παιχνιδιού. Σε μεταγενέστερο στάδιο θα μπορούσαν να υιοθετηθούν και άλλες διασυνδέσεις υλικού, όπως ένα τάμπλετ με οθόνη αφής, ή ακόμη και ένα ειδικό τηλεχειριστήριο παρόμοιο με εκείνα που χρησιμοποιούνται στο Playstation και στο Xbox.
- Άλλος εξοπλισμός θα περιλαμβάνει:
 - Μια οθόνη 24 ιντσών ή μεγαλύτερη
 - Έναν ισχυρό προσωπικό υπολογιστή
 - Μια κάρτα γραφικών τελευταίας γενιάς

Ως κονσόλα παιχνιδιού προτείνουμε το Microsoft Kinect, καθώς είναι πολύ δημοφιλές και έχουν αναπτυχθεί πολλά παιχνίδια εξειδικευμένα για τους ασθενείς του πάρκινσον. Τα κύρια πλεονεκτήματα του Kinect είναι δύο:

1. Τα κινητικά προβλήματα των ασθενών μπορούν να προσδιοριστούν ανέπαφα μέσα από το περιβάλλον του παιχνιδιού.
2. Η χρήση δημοφιλών ηλεκτρονικών καταναλωτικών προϊόντων αποτελεί μια μη επεμβατική και οικονομικά αποδοτική λύση για οικιακή χρήση.

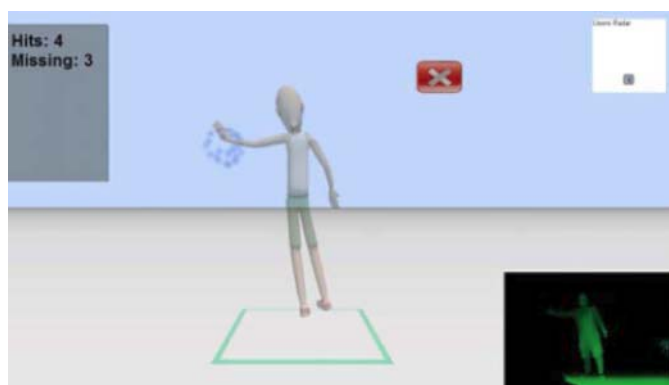
Επιπλέον το Kinect δεν απαιτεί εξωτερικούς ελεγκτές εισόδου και έχει τη δυνατότητα να «αιχμαλωτίσει» την κίνηση ολόκληρου του ανθρώπινου σώματος σε τρεις διαστάσεις, χρησιμοποιώντας μια RGB κάμερα και έναν αισθητήρα βάθους.

Οι παίκτες έχουν τη δυνατότητα να αλληλοεπιδρούν με το παιχνίδι, μετακινώντας απλά το σώμα τους μπροστά από τον αισθητήρα.

Παιχνίδια ειδικά για ασθενείς με πάρκινσον

Υπάρχει μια πληθώρα παιχνιδιών εξειδικευμένα για ασθενείς με πάρκινσον. Ένα τέτοιο παιχνίδι είναι το “balloon game”, στο οποίο οι παίκτες πρέπει να πιάσουν ή να αποφύγουν τις μπάλες που έρχονται προς το μέρος τους [65]. Υπάρχουν δύο τύποι από μπάλες: μπλε και κόκκινες. Αρχικά όλες οι μπάλες είναι κόκκινες και ξαφνικά μερικές από αυτές γίνονται μπλε, καθώς πλησιάζουν τον παίκτη. Το χρονικό διάστημα μέχρις ότου η μπάλα να αλλάξει το χρώμα της μπορεί να είναι μικρότερο ή μεγαλύτερο, ανάλογα με το επιλεγμένο επίπεδο παιχνιδιού. Ο αισθητήρας του Kinect συλλαμβάνει τις κινήσεις του ασθενούς και τις αναπαράγει σε ένα χαρακτήρα στο κέντρο της οθόνης. Ο παίκτης πρέπει να αγγίξει τις μπλε μπάλες με τα χέρια και να εκτρέψει τις κόκκινες μπάλες. Ο κύριος σκοπός του παιχνιδιού είναι να συλλάβει τις κινήσεις του παίκτη, όταν αυτός εκτελεί συγκεκριμένες ενέργειες. Το χρονικό διάστημα μεταξύ της στιγμής που η μπάλα αλλάζει χρώμα και της στιγμής που η μπάλα συλλαμβάνεται από τον παίκτη, μετρά τα αντανακλαστικά του παίκτη, ενώ η ταχύτητα της κίνησης του, υπολογίζεται από την απόσταση που διανύουν τα χέρια του για να συλλάβει τις μπάλες [65].

Κατά τη διάρκεια μιας μικρής περιόδου, συνήθως πέντε λεπτών, προβλέπεται να ζητηθεί από τον παίκτη σχεδόν δέκα φορές, να σηκώσει το δεξί ή αριστερό χέρι, για να πιάσει μια εικονική μπάλα που έρχεται από τον ορίζοντα. Η ταχύτητα και η τροχιά με την οποία έρχεται η μπάλα, προσδιορίζουν έμμεσα το μέγιστο ύψος, τη γωνία, τη ταχύτητα κίνησης αλλά και την ανύψωση του βραχίονα του ασθενούς. Μια τυχαία επιλογή της ταχύτητας και της τροχιάς της μπάλας, εμποδίζουν τον ασθενή από την εκ των προτέρων προετοιμασία της κίνησης [65].



Εικόνα 10: Ballon Game [65]

Ένα ακόμα παιχνίδι για ασθενείς με πάρκινσον βασισμένο στο Kinect, έχει αναπτυχθεί από τον Galna et al. Το παιχνίδι αυτό περιλαμβάνει συγκεκριμένες κινήσεις των άνω και κάτω άκρων για τη βελτίωση της ορθοστατικής στάσης του σώματος [66].

Το επάνω μέρος του κορμού του ασθενούς, χαρτογραφείται σε ένα avatar ενός γεωργού που οδηγεί ένα τρακτέρ, συλλέγει φρούτα και αποφεύγει τα εμπόδια σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον. Με το ένα πόδι στο κέντρο, ο ασθενής κάνει μεγάλα βήματα και με το άλλο κινείται προς τα εμπρός, πίσω και στο πλάι για να «οδηγήσει» το τρακτέρ και να αποφύγει εμπόδια όπως πρόβατα και υψηλά καλώδια [66].

Για να διατηρηθεί το κίνητρο του ασθενούς, το παιχνίδι έχει πολλά επίπεδα αυξανόμενης δυσκολίας. Η πολυπλοκότητα του παιχνιδιού ξεκινά με την απλή κίνηση των χεριών στα πρώτα επίπεδα και μέσα από σύνθετες δραστηριότητες, που συνδυάζουν γνωστικές αποφάσεις και φυσικές κινήσεις σε όλη τη διαδρομή, φτάνουμε στην ταυτόχρονη κίνηση των χεριών και των ποδιών στα επίπεδα υψηλής δυσκολίας [66].

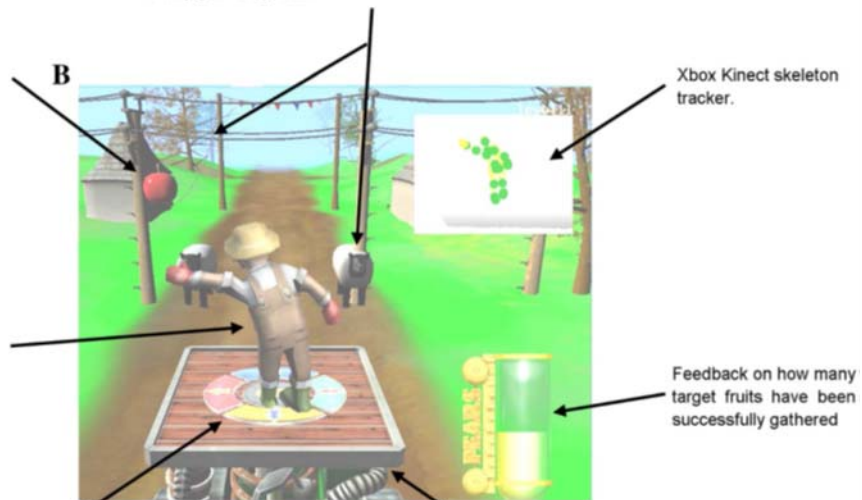


Players are required to reach in multiple directions to gather fruit. Sometimes the fruit is outside of their base of support, challenging their postural control and balance.

On harder levels, players are required to gather fruit specifically with their left or right hand, depending on the colour and type of fruit. This allows the training of postural control when dual-tasking.

Obstacles such as sheep, birds and wires are placed in the game environment for players to avoid whilst concurrently gathering fruit.

The player's avatar provides immediate feedback of where the player is in relation to the steering buttons and fruit.



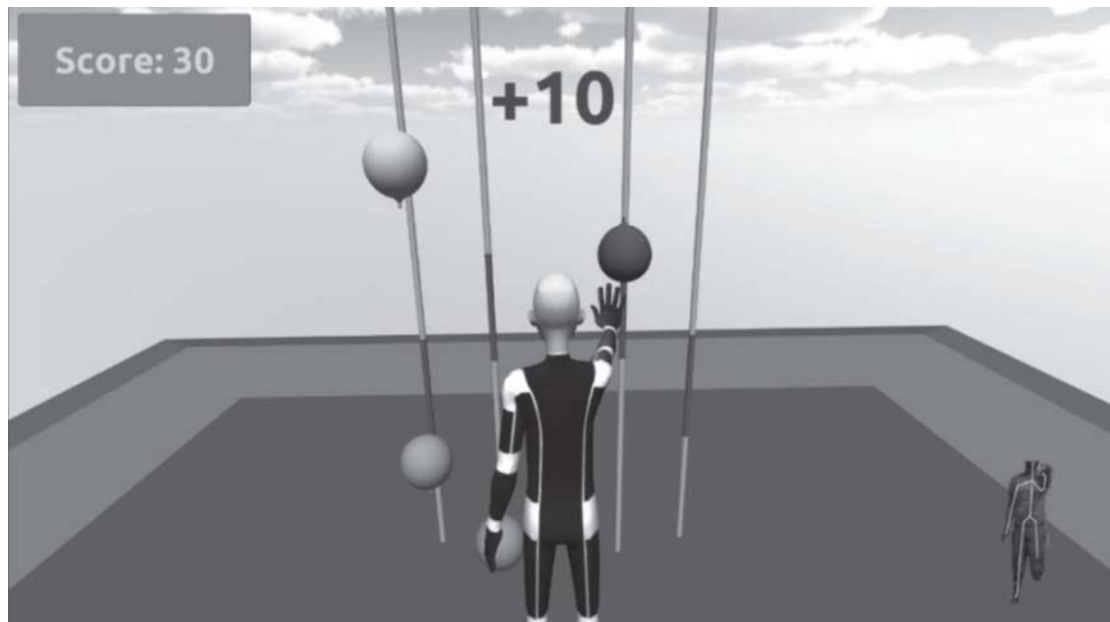
The tractor is driven sideways by the player stepping on the left and right. Large steps are required, prompting the player to take big steps, addressing hypokinetic movement in PD. The player can also drive the tractor up by stepping forward and down

The tractor speed (and so the game speed) increases as more fruit is successfully gathered and slows down when it is missed. In this way the game speed matches the player's ability. The game speed can also be changed manually by either the player or the clinician.

Εικόνα 11: Obstacle Game [66]

Μια άλλη προσέγγιση που επίσης χρησιμοποιεί το Kinect για να βοηθήσει ανθρώπους με πάρκινσον, είναι το παιχνίδι “Balloon Goon Exergame” [67]. Το Balloon Goon είναι ένα παιχνίδι που βασίζεται σε σκορ και στο οποίο ο χρήστης σκάει μπαλόνια, τα οποία πέφτουν τυχαία από τέσσερες διαφορετικές κατευθύνσεις, με κινήσεις των χεριών και των ποδιών που θυμίζουν μπουνιές και κλωτσιές. Τα μπαλόνια που πέφτουν κατά μήκος των δύο εσωτερικών θέσεων μπορούν να σκάσουν με προέκταση των χεριών, «μπουνιές», ενώ τα μπαλόνια που πέφτουν κατά μήκος των εξωτερικών θέσεων μπορούν να σκάσουν με τις προεκτάσεις των ποδιών, «κλωτσιές».

Προκειμένου να γίνει κίνηση και των δύο μερών του σώματος (αριστερό, δεξί), και για την επίτευξη μεγαλύτερου σκορ, τα μπαλόνια που υπάρχουν στην αριστερή μεριά, μπορούν να σκάσουν μόνο με το αριστερό χέρι και πόδι. Αντίστοιχα, τα μπαλόνια που βρίσκονται στη δεξιά μεριά, μπορούν να σκάσουν μόνο με το δεξί χέρι και πόδι. Οι αποδεκτές κινήσεις των χεριών και των ποδιών, προκαλούν τις προκαθορισμένες κινήσεις ενός εικονικού χαρακτήρα κινούμενων σχεδίων. Υπάρχουν τρία επίπεδα αυξανόμενης δυσκολίας. Καθώς ο ασθενής προχωρά σε μεγαλύτερα επίπεδα, η ταχύτητα και ο αριθμός των μπαλονιών αυξάνονται, έτσι ώστε να πέφτουν πιο γρήγορα. Επιπλέον το τρίτο επίπεδο είναι ακόμα πιο απαιτητικό σε ικανότητα κίνησης, συγκέντρωσης και χρόνο αντίδρασης, καθώς περιλαμβάνει επιπλέον μπαλόνια και μπαλόνια «βόμβες» μεταξύ των άλλων. Τα μπαλόνια «βόμβες» δε πρέπει να χτυπηθούν, γιατί αυτόματα θα γίνεται μια μείωση στο σκορ. Τέλος, οι επιδόσεις του ασθενούς κατέχουν περίοπτη θέση στην οθόνη κατά τη διάρκεια αλλά και μετά την ολοκλήρωση του παιχνιδιού [67].

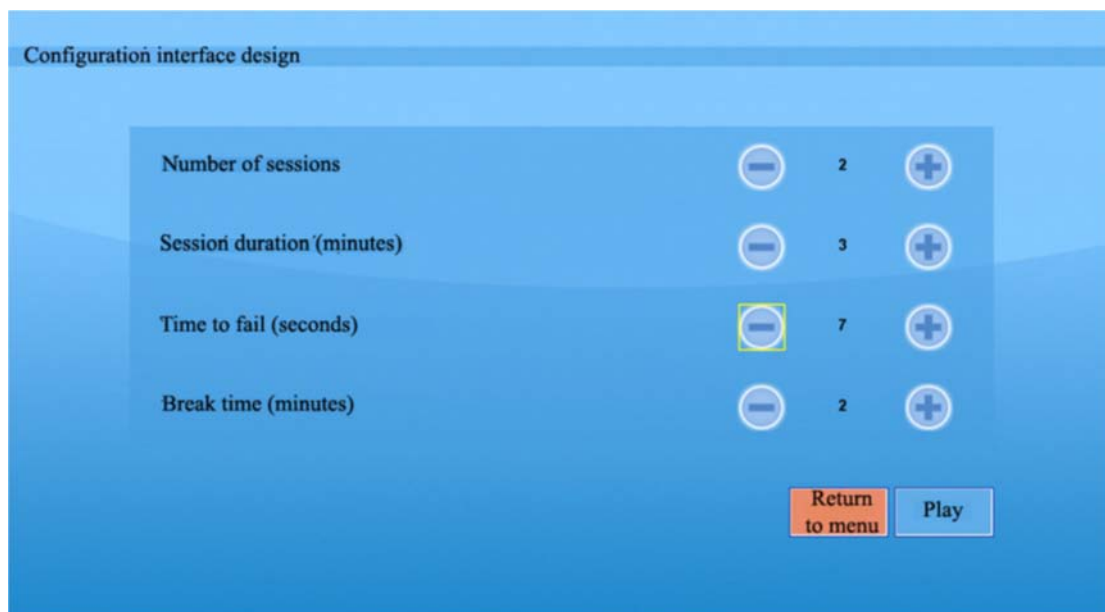


Εικόνα 12: Balloon Goon Exergame [67]

Η κάμερα βάθους του Kinect καταγράφει τις κινήσεις του ασθενούς. Έπειτα το Kinect επεξεργάζεται αυτά τα δεδομένα και εξάγει τον τρισδιάστατο σκελετό του ασθενούς σε πραγματικό χρόνο. Μια μικρή συλλογή από προκαθορισμένες κινήσεις, έχει σχεδιαστεί για την πλοήγηση στα μενού του παιχνιδιού και για την αλληλεπίδραση με τα διάφορα αντικείμενα του παιχνιδιού. Οι προκαθορισμένες κινήσεις ακολουθούν την λογική: όταν η κίνηση του ασθενούς ταιριάζει με μια

προκαθορισμένη κίνηση του παιχνιδιού, ένα τρισδιάστατο avatar θα κινηθεί αναλόγως. Αυτές οι κινήσεις βασίζονται σε δημοσιευμένα προγράμματα εκπαίδευσης και έχουν ως στόχο τη βελτίωση της στάσης σώματος του ασθενούς, τα αντανακλαστικά καθώς επίσης και να αυξήσουν γενικά την κινητικότητα των επάνω και κάτω άκρων [67]

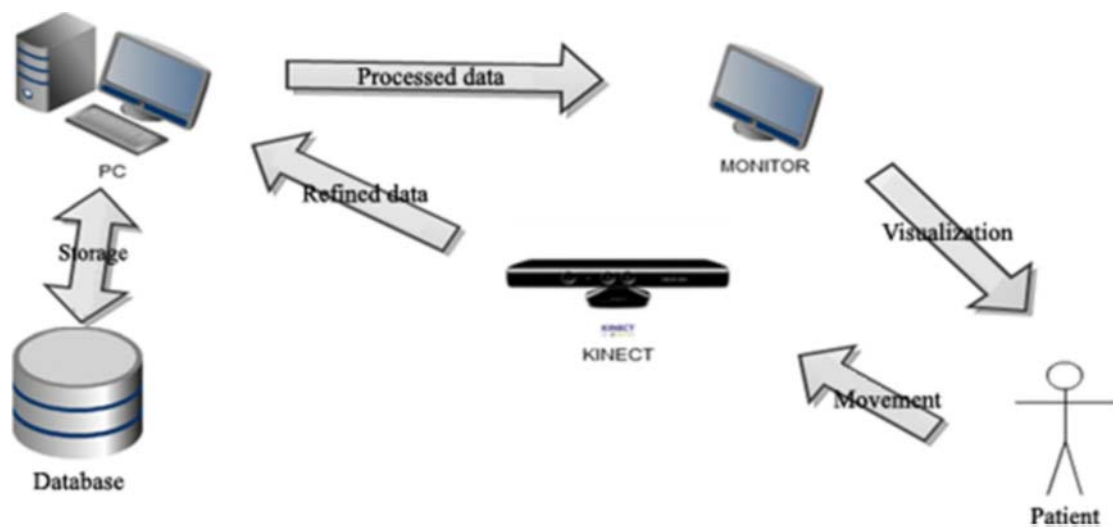
Ένα ακόμα παιχνίδι αναπτύχθηκε από τους Palacios-Navarro, García-Magariño & Ramos-Lorente [68]. Σε αυτό το παιχνίδι ο ασθενής πρέπει με πλάγιες κινήσεις του ποδιού να φθάσει και να συνθλίψει μια σειρά από τυφλοπόντικες που εμφανίζονται στην οθόνη. Ο ασθενής βλέπει τον εαυτό του σε ψηφιακή μορφή στο παιχνίδι. Ενώ στέκεται σε όρθια θέση, θα πρέπει να φθάσει έναν από τους δύο τυφλοπόντικες, οι οποίοι εμφανίζονται με τυχαία σειρά, είτε στα δεξιά του ασθενούς είτε στα αριστερά (πάντα ευθυγραμμισμένοι στην ίδια οριζόντια γραμμή). Η κίνηση θεωρείται ολοκληρωμένη όταν το πόδι φθάσει πρώτο το στόχο (τυφλοπόντικα). Οι θέσεις των στόχων καθορίζονται με σημείο αναφοράς τη θέση του ασθενούς. Ο ασθενής πρέπει να επιστέψει στο κεντρικό σημείο της οθόνης για να είναι έτοιμος για την εμφάνιση του επόμενου τυφλοπόντικα [68].



Εικόνα 13: Στιγμιότυπο της διεπαφής του παιχνιδιού [68]



Εικόνα 14: Στιγμιότυπο κατά την εκτέλεση του παιχνιδιού [68]



Εικόνα 15: Αρχιτεκτονική συστήματος του παιχνιδιού [68]

Η αρχιτεκτονική του συστήματος των παιχνιδιών που αναφέραμε απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα. Η διεπαφή χρήστη σε γενικές γραμμές αποτελείται από διάφορες οθόνες. Αυτό πληροί τα γενικά κριτήρια της ευχρηστίας, όπως η μάθηση, η κατανόηση, η ικανότητα χρήσης και η ελκυστικότητα προς τον τελικό χρήστη. Μεταξύ άλλων, μπορούμε να αναφέρουμε τα επόμενα:

- Αρχική οθόνη: Επιτρέπει στον ασθενή την επιλογή του παιχνιδιού.
- Κύριο μενού: Επιτρέπει την πρόσβαση στις ρυθμίσεις, στο παιχνίδι ή στην έξοδο από την εφαρμογή.
- Οθόνη διαμόρφωσης: Επιτρέπει τη ρύθμιση των παραμέτρων όπως η διάρκεια των συνεδριών, ο αριθμός των παιχνιδιών, ο χρόνος μεταξύ των παιχνιδιών και ο μέγιστος χρόνος άσκησης.
- Οθόνη παιχνιδιού: Υπάρχει μια οθόνη για κάθε παιχνίδι.
- Οθόνη στατιστικών: Δείχνει τα τελικά αποτελέσματα τοποθετώντας τα σε κατηγορίες.

6.4 Σύστημα Αισθητήρων

Αισθητήρες για την καταγραφή βιοϊατρικών δεδομένων

Οι πιο κατάλληλοι αισθητήρες για την καταγραφή των κυριότερων κινητικών συμπτωμάτων της νόσου του Πάρκινσον είναι:

- Το τρισδιάστατο επιταχυνσιόμετρο
- Το τρισδιάστατο γυροσκόπιο και
- Το τρισδιάστατο μαγνητόμετρο

Τέτοιου είδους αισθητήρες είναι πλέον αρκετά διαδεδομένοι και τους συναντάμε σε συσκευές όπως smartphones, tablets και σε βραχιόλια τύπου watchband. Έτσι λοιπόν, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε σχετικά εύκολα τέτοιου είδους συσκευές, για να βοηθήσουμε ανθρώπους που πάσχουν από Πάρκινσον.

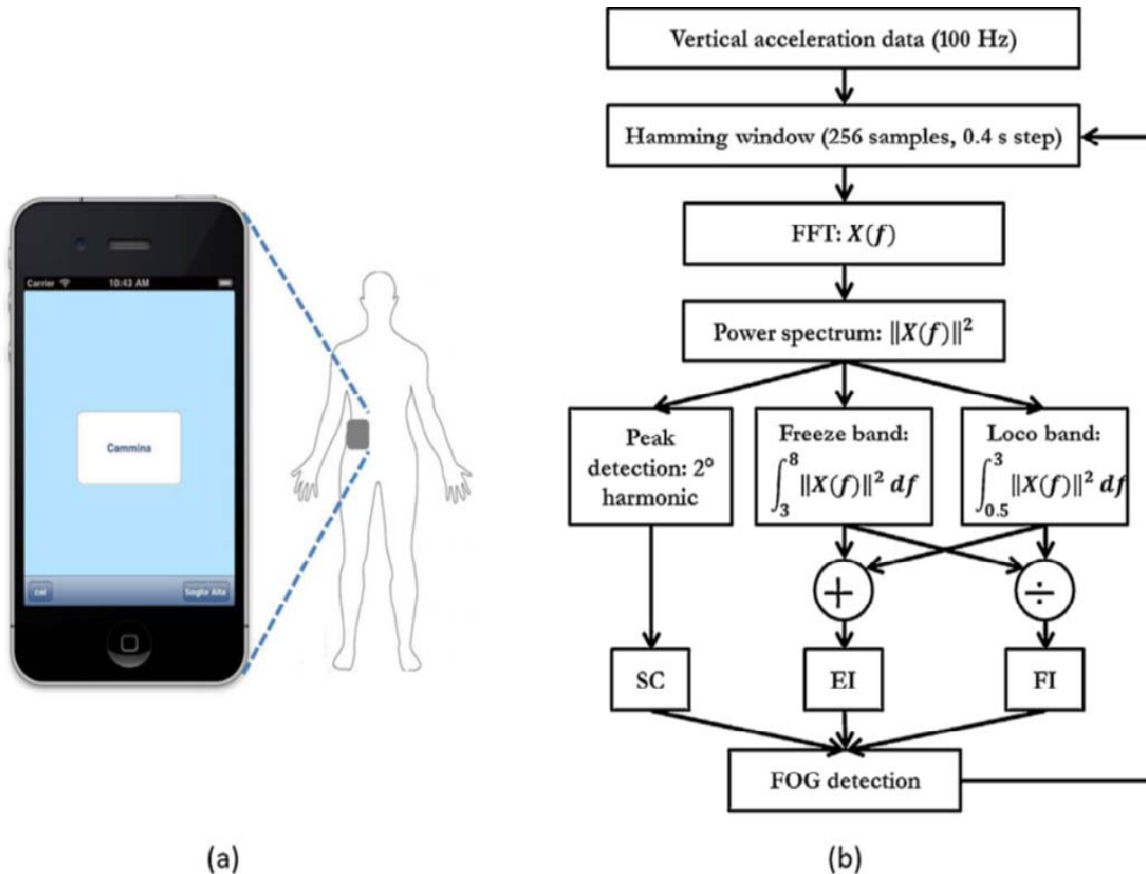
Ένα επιπλέον πλεονέκτημα που έχουν αυτού του είδους οι αισθητήρες, είναι το γεγονός ότι είναι αρκετά οικονομικοί και έτσι μπορούμε να τους ενσωματώσουμε σε κατάλληλες συσκευές για να παρακολουθούμε ασθενείς με Πάρκινσον.

Τα κύρια συμπτώματα της νόσου του Πάρκινσον που μπορούμε να παρακολουθήσουμε και να μετρήσουμε, με την βοήθεια των παραπάνω αισθητήρων, που βρίσκονται στο εσωτερικό ενός smartphone και με τη βοήθεια μιας κατάλληλης εφαρμογής, είναι το *τρέμουλο* και το *πάγωμα της βάδισης*.

Πιο συγκεκριμένα οι Carrecci, Pepa, Verdini και Ceravolo ανέπτυξαν μια αρχιτεκτονική βασισμένη σε smartphone, η οποία εντοπίζει και ποσοτικοποιεί το πάγωμα της βάδισης σε άτομα που πάσχουν από Πάρκινσον [69]. Από τους ασθενείς

ζητείται να εκτελέσουν τρία διαφορετικά είδη ασκήσεων τύπου «σήκω και περπάτα». Σύμφωνα με την περιγραφή του Shumway-Cook et al για τα τεστ σήκω και περπάτα (TUG test), ο ασθενής κάθεται σε μια καρέκλα, έπειτα σηκώνεται και στην εντολή «περπάτα», προχωρά τρία μέτρα με άνετο και ασφαλή βηματισμό, στρίβει, και επιστρέφει πίσω στην καρέκλα όπου και κάθεται ξανά [70].

Το χρονόμετρο ξεκινά, όταν δοθεί το παράγγελμα «περπάτα» και σταματά μόλις ο ασθενής κάτσει ξανά. Με στόχο να μεγιστοποιηθεί η πιθανότητα να εμφανιστεί το πάγωμα της βάδισης, τροποποιήθηκε το αρχικό τεστ «σήκω και περπάτα» από τρία σε πέντε μέτρα. Στο cognitive TUG, ζητήθηκε από τους ασθενείς να μετρούν αντίστροφα αν τρία, καθώς περπατάνε, ξεκινώντας από έναν αριθμό διαφορετικό κάθε φορά. Στο manual TUG, οι συμμετέχοντες έπρεπε να ολοκληρώσουν τη δοκιμασία μεταφέροντας δύο γεμάτα ποτήρια με νερό πάνω σε ένα δίσκο. Τα επίπεδα του νερού και οι θέσεις των ποτηριών πάνω στο δίσκο ήταν προκαθορισμένες. Οι ασθενείς έπρεπε να εκτελέσουν τρεις επαναλήψεις για κάθε δοκιμασία σε τυχαία σειρά. Εάν η κλινική τους κατάσταση δεν τους επέτρεπε να φέρουν εις πέρας και τις τρεις δοκιμασίες, θα γινόταν δεκτός ένας μικρότερος αριθμός δοκιμασιών, αφού η ανάλυση γίνεται στο σύνολο των δειγμάτων που αφορούν το πάγωμα της βάδισης. Κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών, ο ασθενής φορούσε ένα smartphone που έτρεχε την εφαρμογή. Μια ελαστική ζώνη με μια θήκη κρατά το smartphone προσαρμοσμένο στο σώμα του ασθενούς όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



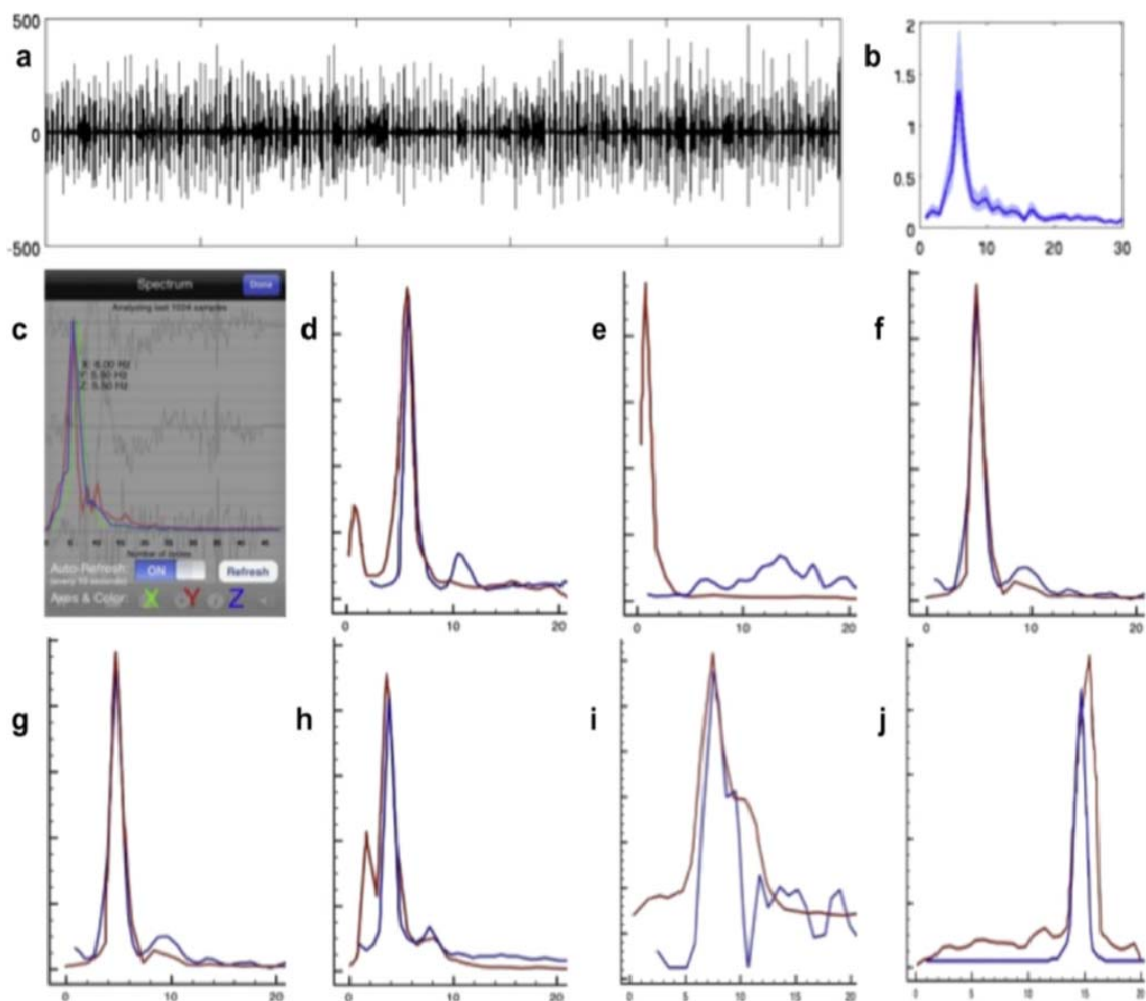
Εικόνα 16: Αρχιτεκτονική βασισμένη σε smartphone [69]

- a) Το υλικό του συστήματος για το πάγωμα της βάρδισης: Ένα smartphone με εγκατεστημένη κατάλληλη εφαρμογή.
- b) Το μπλοκ διάγραμμα της εφαρμογής για τον εντοπισμό του παγώματος της βάρδισης: Δεδομένα επιτάχυνσης αποκτούνται σε δειγματοληψία των 100Hz και έπειτα γίνεται επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο με τη βοήθεια του μετασχηματισμού Fourier και του φάσματος ισχύος.

Από την άλλη πλευρά, το τρέμουλο αποτελεί μια από τις πιο κοινές κινητικές διαταραχές. Το τρέμουλο ορίζεται ως η ρυθμική και ακούσια ταλάντωση ενός μέρους του σώματος, που συνήθως προκαλείται από μυϊκές εννευρώσεις και συνεπάγεται επαναλαμβανόμενες συσπάσεις.

Από τότε που τα smartphones περιλαμβάνουν επιταχυνσιόμετρα, μερικοί ερευνητές άρχισαν να χρησιμοποιούν αυτές τις συσκευές για τη μέτρηση του τρέμουλου. Για παράδειγμα, ο Joundi et al. ερμήνευσε την έξοδο από μια εφαρμογή smartphone γενικού σκοπού (iSeismo) σε ένα iPhone. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι τα αποτελέσματά τους ήταν σχεδόν ίδια με αυτά των κλινικών δοκιμών με ακριβό εξοπλισμό [71].

Η εφαρμογή iSeismo δείχνει μόνο τις μεταβολές του επιταχυνσιόμετρου, και οι ερευνητές ερμήνευσαν αυτή την γραφική έξοδο.



Εικόνα 17: Συγκριτικές εικόνες από το επιταχυνσιόμετρο ενός iPhone και EMG ανάλυση για όλες τις περιπτώσεις τρέμουλου [71]

- a) Παράδειγμα τμήματος 30s του EMG για δραστηριότητα που λαμβάνεται από τρέμουλο.
- b) Αντίστοιχη ανάλυση EMG, δείχνοντας PSD και την αιχμή του τρέμουλου.
- c) Γραφήματα που δείχνουν τα δεδομένα από την ανάλυση EMG (μπλε) και δεδομένα από το iSeismo (κόκκινα)
- d) Τρέμουλο χωρίς βαθιά διέγερση του εγκεφάλου
- e) Τρέμουλο με βαθιά εγκεφαλική διέγερση που δείχνει την καταστολή της αιχμής του τρέμουλου.

- f) Τρέμουλο της ασθένειας του Πάρκινσον
- g) Τρέμουλο πολλαπλής σκλήρυνσης
- h) Τρέμουλο έπειτα από εγκεφαλικό επεισόδιο
- i) Ορθοστατικό τρέμουλο

Μια άλλη εφαρμογή που μπορεί να εκτελεστεί σε οποιαδήποτε κινητή συσκευή (π.χ., smartphones και tablets) των οποίων το λειτουργικό σύστημα είναι το Android 2.3 ή παραπάνω, είναι η HTrembApp [42].

Μόλις το HTrembApp εγκατασταθεί και αρχίσει, ο ανιχνευτής μπορεί να απεικονιστεί άμεσα στο User Interface (UI), αλλά λειτουργεί και ως υπηρεσία παρασκηνίου, όταν ο χρήστης αφήνει την εφαρμογή. Με αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες δεν χρειάζεται να ελέγχουν τακτικά το HTrembApp και αυτό μπορεί να βασιστεί στην καθημερινή τους ρουτίνα.



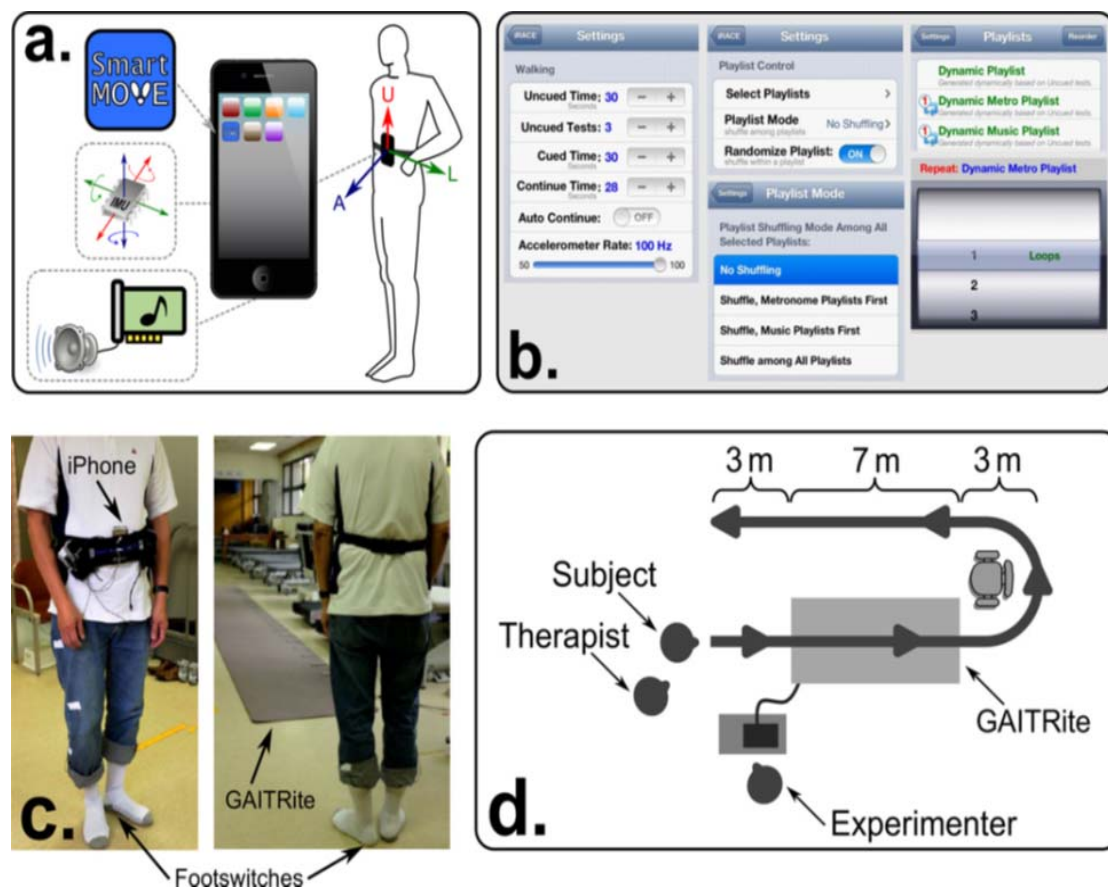
(a)



(b)

Εικόνα 18: UI της εφαρμογής. a) Κύρια δραστηριότητα b) Λεπτομέρειες ειδοποιήσεων [6]

Μια άλλη εφαρμογή για αξιολόγηση της βάδισης ,που τρέχει σε συσκευές IOS είναι το SmartMove app [72]. Το SmartMove app καταγράφει 6 κανάλια δεδομένων IMU, όλα στα 100 Hz, στο xyz σύστημα συντεταγμένων της iOS συσκευής: τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο (ax, ay και az) και τριαξονικό γυροσκόπιο με ρυθμό περιστροφής (ω_x , ω_y και ω_z). Η εφαρμογή αυτή λειτουργεί με τη βοήθεια ενός αισθητήρα ποδοδιακόπτη.



Εικόνα 19: Η εφαρμογή SmartMove [72]

- a) Χρησιμοποιείται η αδρανειακή μονάδα μέτρησης του smartphone για την καταγραφή των κινήσεων κατά το περπάτημα. Ευέλικτες ρυθμίσεις παραμέτρων.
- b) Ικανότητα για ακριβή έλεγχο των παραμέτρων των δοκιμών
- c) Οι συμμετέχοντες καλούνται να φορέσουν το iPhone στο ύψος της κοιλιακής χώρας με τη βοήθεια μιας ζώνης και έχουν στα πόδια τους ειδικούς ποδοδιακόπτες
- d) Οι συμμετέχοντες βαδίζουν εντός ενός προκαθορισμένου διαδρόμου

Επίσης υπάρχουν πολλές «wearable» συσκευές, οι οποίες με τη βοήθεια των αισθητήρων που αναφέρθηκαν προηγουμένως μπορούν να μετρήσουν πολλές από τις παραμέτρους της ασθένειας του Πάρκινσον [41]. Μερικές από αυτές είναι:

Mobility Lab system (APDM). (APDM) Ambulatory Parkinson's Disease Monitoring, δηλαδή παρακολούθηση της κινητικότητας στην ασθένεια του Πάρκινσον, έτσι ονομάζεται το σύστημα και η εταιρία που το αναπτύσσει. Το σύστημα έρχεται με ένα (CDMS) Clinical Management System, δηλαδή ένα σύστημα κλινικής διαχείρισης, που καλείται Mobility Exchange. Είναι μια συσκευή που έχει το μέγεθος ενός ρολογιού χειρός και αποτελείται από έξι αισθητήρες (συμπεριλαμβανομένου επιταχυνσιόμετρου, γυροσκοπίου και μαγνητόμετρου) και έχει μπαταρία που διαρκεί πάνω από 16 ώρες. Επιτρέπει την καταγραφή διαφορετικών αποτελεσμάτων, όπως πίνακας ορθοστατικής ταλάντωσης – ISway (ταχύτητα, συχνότητα, απόσταση), κινητικότητα των κάτω άκρων (ρυθμός, μήκος διασκελισμού, ταχύτητα διασκελισμού, χρόνος κύκλου βάδισης), ορθοστατικές μεταβάσεις (πλήθος βημάτων, διάρκεια, χρόνος βήματος) και κινητικότητα άνω άκρων και κορμού (εύρος κίνησης κορμού) [41].

Physilog®. Είναι μια μέθοδος ανάλυσης της κίνησης, που χρησιμοποιεί γυροσκοπία προσαρμοσμένα στο σώμα του ασθενούς, με σκοπό τη μέτρηση παραμέτρων όπως, δυσκολία στο βάδισμα, φυσική δραστηριότητα, τρέμουλο και βραδυκινησία. Με βάση τα προσδοκώμενα αποτελέσματα, χρησιμοποιούνται ένας έως επτά αισθητήρες [41].

StepWatch 3 (SAM). Είναι ένα μόνιτορ παρακολούθησης βημάτων που χρησιμοποιείται για να συλλάβει διαφορές στη δραστηριότητα βάδισης, ανάλογα με την ηλικία και τη φυσική κατάσταση του ατόμου. Το SAM έχει το μέγεθος ενός χαρτιού και προσαρτάται στον αστράγαλο. Μόλις εφαρμοστεί δεν απαιτεί καμία περαιτέρω ρύθμιση από το χρήστη. Το SAM έχει έναν μικροεπεξεργαστή, ο οποίος συνδυάζει επιτάχυνση, θέση και χρονικές πληροφορίες για την μέτρηση πλήρων κύκλων βάδισης. Το μόνιτορ καταγράφει διασκελισμό και μετράει διαστήματα του ενός λεπτού προκειμένου να συγχρονιστεί με ένα ρολόι 24h, και τα αποθηκεύει στην ενσωματωμένη flash μνήμη [41].

TriTrac RT3. Πρόκειται για ένα τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο, το οποίο είναι κατάλληλο για παρατεταμένη παρακολούθηση για σωματική δραστηριότητα ελεύθερης διαβίωσης σε οικιακό περιβάλλον. Είναι μικρό και μπορεί να συλλέγει δεδομένα σε διαστήματα του ενός λεπτού για 21 ημέρες, ενώ δεν απαιτεί εξωτερικούς χειρισμούς [41].

Axivity (AX3). Είναι ένα τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο το οποίο έχει ένα chip μη πτητικής μνήμης flash συνδεδεμένο με έναν μικροελεγκτή μέσω USB. Μέσα στο σφραγισμένο πακέτο, βρίσκεται ένας αισθητήρας θερμοκρασίας, ένας αισθητήρας

φωτισμού περιβάλλοντος, ένα ρολόι και μια μπαταρία λιθίου. Ο αισθητήρας μπορεί να καταγράφει δεδομένα συνεχόμενα επί 21 ημέρες. Η συσκευή αυτή είναι κατάλληλη για λειτουργία σε αρκετούς χώρους καθώς είναι και αδιάβροχη (μέχρι 1,5m) [41].

Αισθητήρες για την παρακολούθηση Θέσης

Αισθητήρας Βάθους

Ο αισθητήρας βάθους (depth sensor), θα χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια των συνεδριών παιχνιδιού, με σκοπό να εντοπίσει τις κινήσεις του ασθενούς. Ένα από τα πλεονεκτήματα του αισθητήρα βάθους, είναι το γεγονός, ότι μπορεί να διευκολύνει την εκτίμηση των ακριβών τρισδιάστατων θέσεων των αρθρώσεων του σώματος, μέσω του εντοπισμού του περιγράμματος του σκελετού. Αυτές οι τρισδιάστατες θέσεις μπορούν να δώσουν πιο άμεση πληροφορία, παρέχοντας αξιοπιστία έναντι των εναλλαγών του σημείου παρατήρησης. Τέτοιες τρισδιάστατες λήψεις των στάσεων του σώματος, ήταν συνήθως διαθέσιμες μόνο με τη χρήση ακριβού εξοπλισμού καταγραφής κίνησης (MoCap). Όμως πρόσφατα αυτό είναι εφικτό με τη χρήση κοινών αισθητήρων RGB-D με ενσωματωμένες δυνατότητες τρισδιάστατου εντοπισμού ανθρώπινου σώματος σε πραγματικό χρόνο (π.χ. Microsoft Kinect) [73].

Αισθητήρας Αδράνειας

Αυτού του τύπου οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της συνεδρίας παιχνιδιού, προκειμένου να παρακολουθούν τις κινήσεις του σώματος του ασθενούς, οι οποίες λειτουργούν ως αλληλεπίδραση του χρήστη. Με τη χρήση απτικής ανάδρασης οι αισθητήρες αυτοί, μπορούν να δώσουν επιπλέον πληροφορίες για τη θέση του σώματος του ασθενούς στο Kinect. Επίσης έχουν τη δυνατότητα να εντοπίσουν το πάγωμα της βάρδιας [74] ή να αναλύσουν δεδομένα για την ταξινόμηση κατά UPDRS των ασθενών με Πάρκινσον [75] [76].

Αισθητήρας Εικόνας

Ο αισθητήρας αυτού του τύπου θα χρησιμοποιηθεί μόνο εάν ο αισθητήρας βάθους κριθεί ανεπαρκής για την off-line ανάλυση της κίνησης.

6.5 Σύστημα Τηλεπαρακολούθησης

Λειτουργία

Το σύστημα τηλεπαρακολούθησης εκτελείται off-line και η λειτουργία του είναι:

Η παρακολούθηση των ασθενών με βάση την εκτίμηση της κινηματικής ανάλυσης για τη διάγνωση του επιπέδου κινδύνου πτώσης με έναν μη παρεμβατικό τρόπο [75].

Προς το σκοπό αυτό το σύστημα τηλεπαρακολούθησης εκτελεί off-line επεξεργασία με δυνατότητα:

- Εντοπισμού της κίνησης των ασθενών.
- Εξόρυξη των κινηματικών χαρακτηριστικών των ασθενών π.χ. εύρος κίνησης, γωνίες αρθρώσεων κτλ.
- Κατηγοριοποίησης των κινητήριων χαρακτηριστικών των ασθενών σε τρία επίπεδα κινδύνου πτώσεων π.χ. υψηλό, μεσαίο, χαμηλό [75].

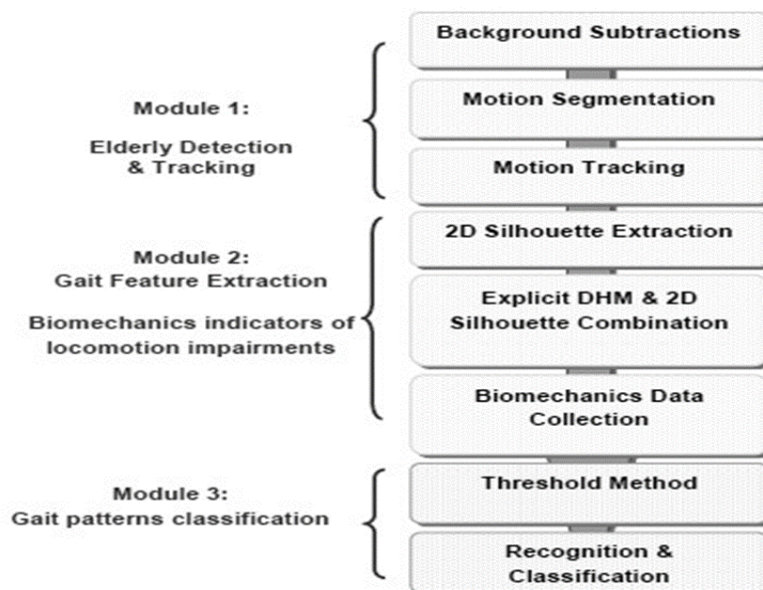
Για μια προκαθορισμένη συνεδρία παρακολούθησης ενός συγκεκριμένου ασθενούς, αυτά τα δεδομένα στέλνονται στο σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (MBI) και εμπλουτίζουν τη βάση δεδομένων του. Το αποτέλεσμα, σε όρους επιπέδου κινδύνου πτώσης, δίνεται αναδρομικά μετά το τέλος της συνεδρίας παρακολούθησης.

a. Αρχιτεκτονική Λογισμικού

Με βάση την πλευρική θέα ενός κινούμενου ατόμου η διαδικασία παρακολούθησης περιλαμβάνει τρία κύρια βήματα:

- Τον εντοπισμό της κίνησης του ασθενούς
- Την εξαγωγή των χαρακτηριστικών της βάρδισης του ασθενούς
- Την ταξινόμηση προτύπων βάρδισης

Το σχήμα που ακολουθεί απεικονίζει την αρχιτεκτονική λογισμικού:



Εικόνα 20: Η αρχιτεκτονική τηλεπαρακολούθησης του συστήματος

- Περιγραφή βασικής λειτουργίας των ενοτήτων λογισμικού

Η πρώτη ενότητα υπολογίζει την κινηματική κατάσταση της κίνησης και την χρονική εξέλιξη της σκελετικής δομής της άρθρωσης του ατόμου (ισχύο, γόνατο και γωνία άρθρωσης αστραγάλου, ισχύο, γόνατο και ενεργό εύρος κίνησης αστραγάλου). Γι' αυτό το σκοπό χρησιμοποιείται μια μέθοδος καταγραφής βίντεο, ενώ μια σειρά από κώδικες αναλύουν το υλικό των βίντεο, επεξεργάζονται τις εικόνες καθώς και τα προκύπτοντα χαρακτηριστικά της κίνησης.

Η δεύτερη ενότητα είναι υπεύθυνη για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών της βάδισης, βασιζόμενη σε βιομηχανικές ενδείξεις.

Η Τρίτη ενότητα αντιστοιχεί στην ίδια την απόφαση υποστήριξης διάγνωσης. Βασισμένη σε έναν αλγόριθμο συγχώνευσης, που εφαρμόζεται στα αποτελέσματα του συστήματος παρακολούθησης (ισχύο, γόνατο και γωνία άρθρωσης αστραγάλου, ισχύο, γόνατο και ενεργό εύρος κίνησης αστραγάλου) και εκτελεί μια αξιολόγηση κινδύνου πτώσης (FRA). Η αξιολόγηση του κινδύνου πτώσης, έχει ως σκοπό, να βοηθήσει τους θεραπευτές, στο να παρέχουν ένα κατάλληλο και προσαρμοσμένο στον ασθενή πρόγραμμα σωματικής άσκησης, κατά τη διάρκεια του προγράμματος αποκατάστασης.

- Λειτουργικά συστήματα και γλώσσες προγραμματισμού

Matlab R2008

- Βιβλιοθήκες

Αρχεία xls ή txt

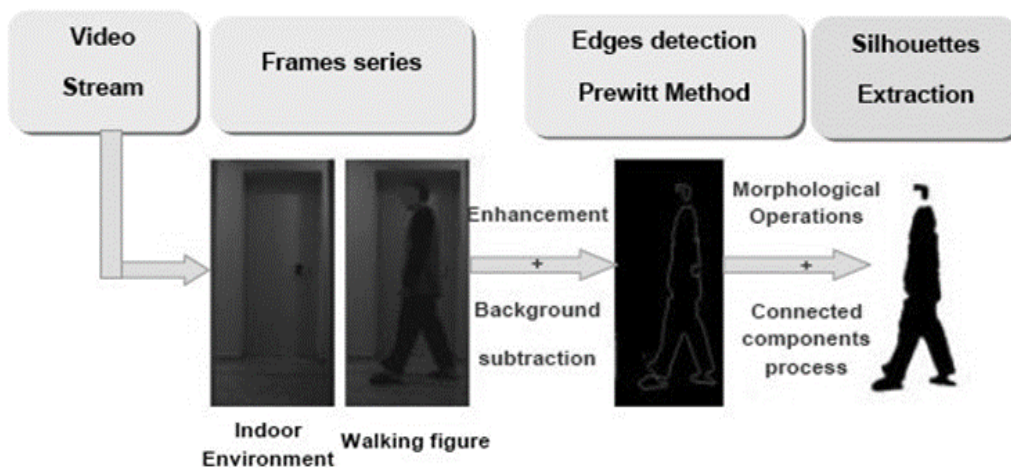
- Περιγραφή αλγορίθμου ψηλού επιπέδου και διαγράμματος ροής

Η περιγραφή του σταδίου της επεξεργασίας από εδώ και κάτω γίνεται σε τέσσερα βήματα. Τα πρώτα τρία βήματα, αναφέρονται στην περίπτωση όπου τα δεδομένα παράγονται μόνο από μια RGB κάμερα. Στο τελευταίο βήμα, παράγονται δεδομένα είτε από μια RGB κάμερα είτε από έναν αισθητήρα βάθους.

- Βήμα 1: Καταγραφή της κίνησης του ασθενούς. Γι' αυτό το σκοπό, το σύστημα παρακολούθησης αποτελείται από μια μικρή IP κάμερα, η οποία εκτελεί πλευρικές λήψεις του ασθενούς καθώς αυτός κινείται. Ο φακός σε συνδυασμό με το ενδεικτικό LED προετοιμάζουν τον ασθενή ότι το σύστημα βρίσκεται σε λειτουργία, έτσι ώστε να μην τίθεται θέμα σχετικά με την ιδιωτικότητα και τα προσωπικά δεδομένα. Τότε η επεξεργασία εικόνας, που βασίζεται στην τεχνική αφαίρεσης του φόντου και την κατάτμηση της

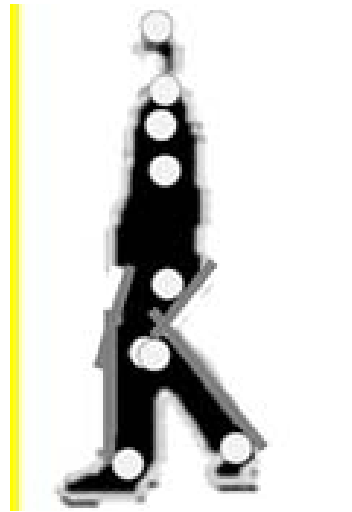
κίνησης, όταν το σύστημα λειτουργεί, εξασφαλίζει την ιδιωτικότητα του ασθενούς καθώς αυτός παρακολουθείται.

- **Βήμα 2:** Εντοπισμός του ασθενούς και παρακολούθηση. Η ροή του βίντεο ξεκινά με μια αλληλουχία, αποτελούμενη μόνο από το εσωτερικό περιβάλλον χωρίς κανένα κινούμενο αντικείμενο. Εν συνεχεία, μετατρέπεται σε μια σειρά από καρέ, βελτιστοποιημένη από μια πρώτη διαδικασία επεξεργασίας (μετασχηματισμός εικόνων από RGB σε κλίμακα του γκρι, αύξηση της αντίθεσης και διαδικασία κατωφλίου) [77]. Εκτελείται η τεχνική αφαίρεση φόντου, για κάθε καρέ της ακολουθίας βίντεο, αποτελούμενη από μια αφαίρεση του εσωτερικού χώρου από το κινούμενο άτομο [78]. Το επόμενο βήμα αποτελείται από την ανίχνευση της ακμής στις εικόνες που προκύπτουν με τη μέθοδο Prewitt gradient [79]. Τέλος, εκτελείται μια διαδικασία βελτίωσης στις εικόνες που προκύπτουν, με βάση τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, για την αφαίρεση όσο το δυνατόν περισσότερου θορύβου [80]. Αυτή η λειτουργία είναι ζωτικής σημασίας για την εξαγωγή του ακριβούς περιγράμματος του κινούμενου αντικειμένου.



Εικόνα 21: Αλγόριθμος επεξεργασίας εικόνας

- **Βήμα 3:** Εξαγωγή των χαρακτηριστικών βάδισης. Συλλέγονται οι διδιάστατες συντεταγμένες του εξωτερικού περιγράμματος του ανθρώπινου σώματος (αλγόριθμος ακολουθίας συνόρων). Με βάση αυτές τις παραμέτρους, εννέα συντεταγμένες σημείων του σώματος (κεφάλι, λαιμός, ώμοι, κορμός, λεκάνη, γόνατα, αστράγαλοι), εξάγονται από την τοπολογική ανάλυση και την γραμμική παλινδρόμηση οδηγούμενη από την ανατομική γνώση [81].



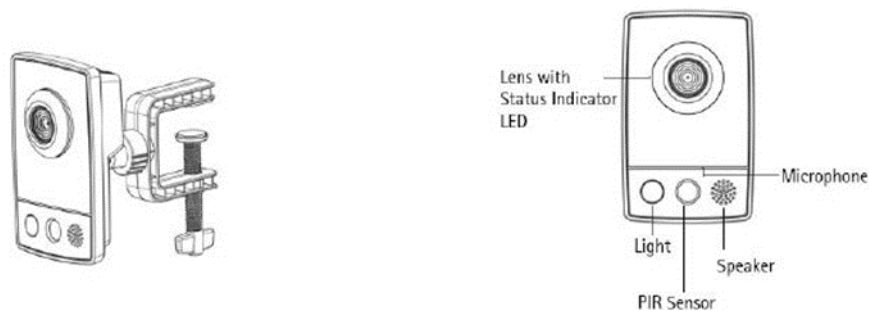
Εικόνα 22: Τα 9 σημεία του σώματος (με λευκό)

Βήμα 4: Συλλογή βιομηχανικών δεδομένων. Ακολουθώντας τις θέσεις των εννέα σημείων του σώματος σε κάθε καρέ της ροής βίντεο, είναι δυνατή η πρόσβαση σε σχετικά δεδομένα, όπως στην ανάλυση της βάδισης, στην οβελιαία γωνία ανύψωσης των μερών του σώματος και στο ενεργό εύρος της κίνησης [81].

b. Αρχιτεκτονική υλικού (Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται RGB αισθητήρες για την ανάλυση της κίνησης)

➤ Σχεδιάγραμμα της τοπολογίας

Το υλικό παρακολούθησης αποτελείται από μια ασύρματη IP κάμερα, η οποία θα εκτελεί πλευρικές λήψεις του ασθενούς καθώς αυτός κινείται.



Εικόνα 23: Τύπος IP κάμερας

Δεδομένα προς αποστολή

Θα είναι δισδιάστατες εικόνες και βίντεο επεξεργασμένα σε ασπρόμαυρο φόντο και θα απεικονίζουν το κινούμενο περίγραμμα του σώματος του ασθενούς.

Δεδομένα που λαμβάνονται από το σύστημα MBI (βάση δεδομένων)

Τα δεδομένα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, είτε από την RGB κάμερα, είτε από τον αισθητήρα βάθους, δεν επεξεργάζονται για τους σκοπούς της κινηματικής ανάλυσης. Μετά το πέρας του παιχνιδιού, ανεβαίνουν στη βάση δεδομένων του MBI για off-line επεξεργασία.

- Τύπος: Δισδιάστατη κινηματική ανάλυση και μελέτη της σκελετικής δομής του ασθενούς (παράμετροι βηματισμού, ισχύο, γόνατο και γωνία άρθρωσης αστραγάλου και ενεργό εύρος της κίνησης).
- Επεξεργασία: Αλγόριθμος διάγνωσης του κινδύνου πτώσης, βασισμένος σε μια προσέγγιση συγχώνευσης δεδομένων, που βρίσκονται αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων του MBI.

Ζητήματα διαχείρισης δεδομένων και ασφάλειας

Κάμερα με προηγμένη ασφάλεια και χαρακτηριστικά δικτυακής διαχείρισης [82]:

- Κωδικοί πολλών επιπέδων
- Φιλτράρισμα IP
- Κρυπτογράφηση https
- Αρχείο καταγραφής της πρόσβασης των χρηστών

Χαρακτηριστικά Επικοινωνιών

Υποστηριζόμενα πρωτόκολλα [83]:

- IPv4/v6
- QoS
- HTTP
- FTP
- SMTP
- DNS
- DynDNS
- RTP
- TCP

6.6 Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS)

Το DSS είναι ένας τρόπος μοντελοποίησης δεδομένων και βοηθά στη λήψη ποιοτικών αποφάσεων με βάση αυτά τα δεδομένα. Η λήψη σωστών αποφάσεων

βασίζεται συνήθως στην ποιότητα των ανωτέρω δεδομένων. Η ικανότητα επιλογής και ανάλυσης τους, συμβάλει στην εύρεση τάσεων, από τις οποίες μπορεί να προκύψει η λύση ενός προβλήματος. Ο χειριστής του DSS, το οποίο είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστή, αναζητεί μέσα σε μεγάλες ποσότητες δεδομένων με σκοπό την εύρεση του καταλληλότερου μεταξύ πολλών αποτελεσμάτων [84]. Τα συστήματα DSS ταξινομούνται κυρίως με βάση τα μοντέλα που εκτελούν. Ένα μοντέλο χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες (παθητικό, ενεργητικό, συνεργατικό). Τα παθητικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για τη συλλογή και οργάνωση δεδομένων, χωρίς να προτείνουν μια συγκεκριμένη απόφαση [85]. Τα ενεργητικά μοντέλα επεξεργάζονται τα δεδομένα και προτείνουν λύσεις, με βάση τα παρεχόμενα δεδομένα [86], ενώ τα συνεργατικά μοντέλα συλλέγουν και αναλύουν δεδομένα, αναμένοντας επιπλέον είσοδο από το χρήστη [87]. Λαμβάνοντας υπόψη τη συμβολή του χρήστη, μπορούν να οριστούν περισσότερες κατηγορίες όπως οδηγούμενο από μοντέλο DSS, οδηγούμενο από επικοινωνία DSS, οδηγούμενο από δεδομένα DSS, οδηγούμενο από έγγραφα DSS και οδηγούμενο από γνώση DSS [88].

Το οδηγούμενο από μοντέλο DSS χρησιμοποιεί στατιστική προσομοίωση ή οικονομικά μοντέλα προκειμένου να εξάγει μια λύση ή στρατηγική. Το οδηγούμενο από επικοινωνία DSS εφαρμόζεται όταν πολλοί συνεργάτες δουλεύουν μαζί για τη λήψη μιας απόφασης ή για την εκτέλεση μιας στρατηγικής. Το οδηγούμενο από δεδομένα DSS δίνει έμφαση στη συλλογή δεδομένων ικανών να ταιριάζουν με τις ανάγκες της απόφασης που πρέπει να ληφθεί. Συνήθως τα δεδομένα συλλέγονται και κατηγοριοποιούνται με βάση τη χρονική σειρά (η συλλογή ακολουθεί ημερήσια, μηνιαία κτλ. μορφή) [88]. Η υποστήριξη αποφάσεων είναι μέρος της βασικής κλινικής πρακτικής και αντίστοιχα ένα εξατομικευμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων είναι μέρος της εξατομικευμένης ιατρικής πρακτικής. Ο σκοπός της εξατομικευμένης ιατρικής είναι η βελτίωση της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας της υγειονομικής περίθαλψης του ασθενούς. Αυτό απαιτεί γενετική πληροφορία προκειμένου να ενσωματωθεί σε ένα κλινικό σύστημα υποστήριξης απόφασης δίνοντας νέα προοπτική στους ιατρούς για τη διάγνωση και θεραπεία.

Ένα εξατομικευμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (PCDSS) παρέχει απλά υπολογιστικά, αλλά μεγάλης σημασίας καθήκοντα. Επιπλέον, καθώς πολλά από αυτά τα καθήκοντα γίνονται όλο και πιο πολύπλοκα το PCDSS χρειάζεται να ενσωματώσει όσο το δυνατόν περισσότερα προσωπικά δεδομένα του ασθενούς. Στο πλαίσιο αυτό και ως μια υπομονάδα του MBI, το PCDSS θα αναπτυχθεί με σκοπό να βοηθήσει τους ιατρούς να σχεδιάσουν πιο αποδοτικά σχέδια αποκατάστασης.

Για να είμαστε πιο ακριβείς, η πρωταρχική χρήση του DSS θα είναι η παροχή συμβουλών για την όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερο, ακριβή και λεπτομερή σχεδιασμό της θεραπείας, για τους ασθενείς με υψηλό επίπεδο κινδύνου πτώσεων.

Στην παρούσα εργασία, το DSS θα υποστηρίζει τους ιατρούς στη διαδικασία σχεδιασμού της επόμενης συνεδρίας αποκατάστασης των ασθενών. Έτσι, όλες οι συνεδρίες αποκατάστασης θα πραγματοποιηθούν από απόσταση, χωρίς τη φυσική παρουσία του ιατρού και θα παραδοθούν ως καινοτόμες συνεδρίες παιχνιδιών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το γεγονός ότι όλες οι κλασικές ασκήσεις αποκατάστασης μετασχηματίζονται σε εικονικές και η εφαρμογή τους εξαρτάται από τη διαμόρφωση των σχετικών συνεδριών παιχνιδιού. Θα πρέπει να αναφέρουμε, ότι το DDS πρόκειται να συμβουλευσει και να μην υποχρεώσει τους γιατρούς, όσον αφορά την τελική τους απόφαση.

Πιο συγκεκριμένα, από τεχνικής σκοπιάς, το DSS θα είναι ένα μοντέλο οδηγούμενο από δεδομένα [89], βασισμένο στις αντίστοιχες τεχνικές (όπως νευρωνικά δίκτυα, δέντρα αποφάσεων κτλ.) ή ακόμα και σε τεχνικές, όπως το δίκτυο Bayes [90]. Αυτές οι τεχνικές βασίζονται σε εποπτευόμενη μάθηση, γεγονός που καθιστά αναγκαία την καταγραφή των στοιχείων που προκύπτουν. Μέσω κατάλληλων εργαλείων θα συλλέγονται τα απαραίτητα δεδομένα, για το σχεδιασμό της αποκατάστασης και οι γιατροί θα είναι σε θέση να τα ονομάσουν, όποτε απαιτείται. Τα τελευταία, θα χρησιμοποιηθούν για την αρχική εκπαίδευση του αλγορίθμου μας, ώστε αυτός να είναι σε θέση να αξιολογεί. Επιπλέον μετά την αρχική εκμάθηση, το DSS θα εκπαιδευτεί εκ νέου, με βάση τα νέα δεδομένα που επισημαίνονται, καθώς ο ιατρός συνεχίζει να χρησιμοποιεί τη διαδικτυακή πύλη, για να σχεδιάσει νέα πλάνα αποκατάστασης. Στην πραγματικότητα, η επανεκπαίδευση του DSS θα εξετάσει το ποσοστό στο οποίο οι γιατροί ακολουθούν τις συμβουλές του DSS και αν όχι, τι εναλλακτική ακολούθησαν.

Το DSS θα παρέχει τις συμβουλές του, τόσο όταν του ζητείται, όσο και κατά την προγραμματισμένη του λειτουργία. Πιο συγκεκριμένα, ο γιατρός θα μπορεί να ζητήσει συμβουλές, όταν αυτός το επιθυμεί, μέσω ενός ειδικού εργαλείου, αλλά το DSS θα παραδίνει και αυτόματα την κατάλληλη καθοδήγηση, κάθε φορά που ο γιατρός σχεδιάζει ένα νέο παιχνίδι αποκατάστασης. Είναι πολύ σημαντικό να καθοριστούν οι είσοδοι και οι έξοδοι του DSS μας, καθώς και η κατηγορία στην οποία ανήκουν. Μερικά από αυτά περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

		Category
Input	Score of game session	Game's output

Score per virtual exercise	Game's output
Score per posture	Game's output
Exercise completion time	Game's output
Game session completion time	Game's output
Age, Sex, Height, Weight	Web Portal
Clinical Initial assessment	Web Portal
Depth sensors	Platform's sensors
Accelerometers sensors	Platform's sensors
Patient's response to haptic feedback	Platform's sensors

Fall Risk Assessment	Web portal
----------------------	------------

Input	Virtual exercises	Game's Configuration
	Sequence of exercises	Game's Configuration
	Difficulty level per exercise	Game's Configuration
	Duration per exercise	Game's Configuration
	Duration of game session	Game's Configuration
	New sequence of postures (new exercises)	Game's Configuration

Πίνακας 19: Είσοδοι και έξοδοι του DSS

Χαρακτηριστικά διεπαφής για την ενσωμάτωση με τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος

Συνδεσιμότητα

Θα παρέχει τις απαιτούμενες υπηρεσίες διαδικτύου ώστε να καταστεί δυνατή, από τα υπόλοιπα υποσυστήματα, η ανάκτηση και αποθήκευση δεδομένων στο MBI.

Υποσυστήματα

Οικιακή εγκατάσταση ασθενούς:

- Λήψη:
 - Δεδομένα αισθητήρων
 - Δεδομένα συνεδριών παιχνιδιού (σκορ και άλλα ακατέργαστα δεδομένα του παιχνιδιού)
 - Ρύθμιση των συμβάντων υλικού

- Βίντεο
- Αποστολή
 - Διαμόρφωση της επόμενης συνεδρίας παιχνιδιού

Ασφάλεια

Για την διασφάλιση της μετάδοσης των μηνυμάτων μέσω του δικτύου θα χρησιμοποιήσουμε WS-Security [91].

Χαρακτηριστικά Επικοινωνίας

Τα περισσότερα μηνύματα που πρόκειται να ανταλλαχθούν, θα χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα HTTP/HTTPS και SOAP [92][93].

6.7 Επικοινωνίες Δεδομένων

Στην ενότητα αυτή, θα παρουσιάσουμε τον αρχικό σχεδιασμό του τοπικού δικτύου επικοινωνιών με βάση τους αισθητήρες που μελετήσαμε σε προηγούμενη ενότητα. Στο πλαίσιο αυτό, θα αναπτύξουμε πρώτα τις υπάρχουσες ασύρματες τεχνολογίες, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν ως βασική τεχνολογία για την κατασκευή των τοπικών υποδομών επικοινωνίας. Στη συνέχεια, θα παρουσιάσουμε τις τεχνικές προδιαγραφές για την ασύρματη επικοινωνία των αισθητήρων και τέλος θα εξηγήσουμε το πώς πρόκειται να χρησιμοποιηθούν οι υπάρχουσες τεχνολογίες σε σχέση με τις προαναφερθείσες προδιαγραφές.

Ασύρματες τεχνολογίες

Αρκετές ασύρματες τεχνολογίες έχουν θεωρηθεί κατάλληλες για εφαρμογή σε έργα υγειονομικής περίθαλψης. Τα κύρια χαρακτηριστικά των διάφορων τεχνολογιών παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

Bluetooth: Είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματες επικοινωνίες μικρών αποστάσεων. Τα κατώτερα στρώματα της στοίβας πρωτοκόλλου Bluetooth, ήτοι PHY και MAC, καθορίζονται στο πρότυπο IEEE 802.15.1, ενώ αντιθέτως μια σειρά από προφίλ εφαρμογών καθορίζονται στα ανώτερα στρώματα προκειμένου να υποστηρίξουν τα ειδικά καθήκοντα των εφαρμογών. Η τεχνολογία Bluetooth λειτουργεί στη ζώνη των 2,4 GHz η οποία είναι τυποποιημένη για βιομηχανική, επιστημονική και ιατρική χρήση. Επίσης, το πρότυπο αυτό, κάνει χρήση του φάσματος εξάπλωσης και των τεχνικών μεταπήδησης μετάδοσης συχνοτήτων.

Προορίζεται κυρίως για συνδέσεις peer to peer ή για μικρά δίκτυα ad hoc με μία κύρια συσκευή (master) και μέχρι επτά δευτερεύουσες (slave) [94]. Στο κομμάτι της ιατρικής (e-Health), το Bluetooth υποστηρίζει ένα προφίλ συσκευής υγείας, που προορίζεται για την υγειονομική περίθαλψη και την καλή φυσική κατάσταση των ασθενών. Η πιο πρόσφατη έκδοση του προτύπου Bluetooth περιλαμβάνει μια τεχνολογία χαμηλής ισχύος, για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, παρέχοντας εξαιρετικά χαμηλής ισχύος και αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, από σημείο προς πολλαπλά σημεία [95].

Wireless Universal Serial Bus (WUSB): Είναι ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας μικρής εμβέλειας, υψηλού εύρους ζώνης και λειτουργεί στο εύρος συχνοτήτων από 3,1 έως 10,6 GHz. Το WUSB βρίσκεται μεταξύ των πρώτων υποψηφίων στο να γίνει εμπορικά διαθέσιμο για μικρής εμβέλειας και υψηλής ταχύτητας, ασύρματη επικοινωνία. Προσφέρει αξιόπιστο και μεγάλο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, σύνδεση σημείο με σημείο και ασφάλεια εφάμιλλη των ενσύρματων επικοινωνιών [96].

ZigBee: Είναι μια στοίβα πρωτοκόλλου, που εφαρμόζεται ευρέως για απομακρυσμένο έλεγχο και εφαρμογές αισθητήρων. Το ZigBee καθορίζει την εφαρμογή, την ασφάλεια και τις προδιαγραφές του στρώματος δικτύου και είναι «χτισμένο» στην κορυφή των στρωμάτων PHY και MAC, που καθορίζονται στο πρότυπο IEEE 802.15.4 [97]. Το πρότυπο IEEE 802.15.4 λειτουργεί κυρίως στην ζώνη συχνοτήτων των 2,4 GHz και βασίζεται στις τεχνικές ακολουθίας φάσματος για την εξάλειψη των παρεμβολών [98]. Περισσότερες πληροφορίες, σχετικά με τις ζώνες συχνοτήτων και το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, παρέχονται στον παρακάτω πίνακα.

Technology	Frequency (MHz)	Rate (Mbps)	Range (m)	Modulation	Topology
Bluetooth LE	2400	1	10	GFSK	star
WUSB	3100--10600	48--53	3--10	MB--OFDM	star
ZigBee (IEEE 802.15.4)	2400, 895, 915	0.25	30--100	O--QPS	P2P, tree, star, mesh
IEEE 802.15.6	Multiple	0.5--1	~ 3	GMSK, M/4--DQPSK	P2P, mesh, tree, two--hop, extended star

WiFi (IEEE 802.11)	5 Ghz	20---160	~70	OFDM	P2P, mesh, tree, two---hop, extended star
-------------------------------	-------	----------	-----	------	---

Πίνακας 20: Τεχνολογίες επικοινωνιών

PHY (MHz)	Frequency band (MHz)	Spreading parameters		Data Parameters		
		Chip rate	Modulation	Bitrate (kbps)	Symbol rate (ksymbol/s)	Symbols
868/915	869---868.6	300	BPSK	20	20	Binary
	902 --- 928	600	BPSK	40	40	Binary
2450	2400– 2483.5	2000	O---QPSK	250	62.5	16---ary

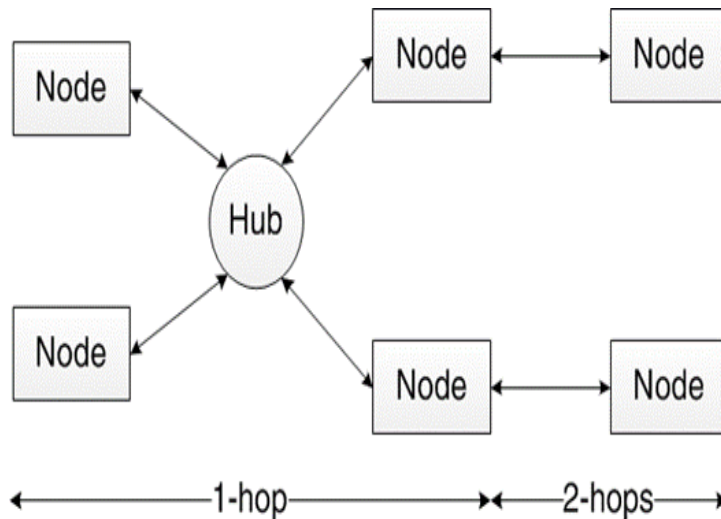
Πίνακας 21: Ζώνες συχνοτήτων και ρυθμοί μετάδοσης για το πρότυπο IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.6: Το πρότυπο αυτό καθορίζει τρία διαφορετικά επίπεδα, τα οποία περιγράφονται σύντομα παρακάτω:

- Η στενή ζώνη PHY. Υποστηρίζει πολλαπλές ζώνες συχνοτήτων, ξεκινώντας από τη ζώνη 402-405 MHz που προορίζεται για την επικοινωνία ιατρικών εμφυτευμάτων και φτάνει στη ζώνη των 2,4 GHz που είναι διαθέσιμη για τα περισσότερα ασύρματα πρότυπα (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee). Με βάση τη συχνότητα λειτουργίας και το σχήμα διαμόρφωσης, η στενή ζώνη PHY παρέχει ρυθμούς μετάδοσης από 76 kbps μέχρι περίπου 1 Mbps.
- Η υπέρ-ευρεία ζώνη PHY (UWB). Βασίζεται σε μια τεχνολογία για τη μετάδοση πληροφοριών με μεγάλο εύρος ζώνης, προσφέροντας υψηλή απόδοση, αξιοπιστία, χαμηλή πολυπλοκότητα και εξαιρετικά χαμηλή ισχύ. Η UWB PHY ορίζει 7 κανάλια στη συχνότητα 499,2 MHz, στις ζώνες συχνοτήτων των 3-5 GHz και 6-10 GHz και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης από 395 kbps έως 12,6 Mbps.
- Οι επικοινωνίες PHY στο ανθρώπινο σώμα (HBC). Το HBC PHY χρησιμοποιεί μια διαφορετική τεχνική μετάδοσης, που χρησιμοποιεί το ανθρώπινο σώμα ως κανάλι διάδοσης. Το πρότυπο ορίζει μια ενιαία ζώνη συχνοτήτων στα 21 MHz και υποστηρίζει ταχύτητες από 164 kbps μέχρι 1.3 Mbps.

Το πρότυπο IEEE 802.15.6 ορίζει επίσης ένα πρωτόκολλο MAC, που ελέγχει την πρόσβαση στο κανάλι και παρέχει μηχανισμούς ασφαλείας για τον έλεγχο της ταυτότητας και κρυπτογράφησης. Τα κύρια χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου MAC περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

- Τοπολογία. Το πρότυπο υιοθετεί μια τοπολογία αστέρα, στην οποία όλοι οι κόμβοι έχουν, είτε άμεση (ένα hop), είτε δύο σταδίων επικοινωνία(δύο hop), με ένα μόνο κόμβο συντονισμού, που συμβολίζεται ως hub ().



Εικόνα 24: Τοπολογία δικτύου σε συνδεσμολογία αστέρα

- Χρόνος Αναφοράς. Στο IEEE 802.15.6 ο άξονας του χρόνου διαιρείται σε περιόδους φάρων ίσου μήκους, που ονομάζονται υπερπλαίσια. Κάθε υπερπλαίσιο, με τη σειρά του, αποτελείται από 256 slots καθορισμένης διάρκειας (η οποία καθορίζεται από το στρώμα PHY).
- Προτεραιότητες χρήστη. Το πρότυπο ορίζει 8 επίπεδα των προτεραιοτήτων χρήστη, με το επίπεδο 0 να αντιστοιχεί στη χαμηλότερη κατηγορία υπηρεσιών προτεραιότητας και το επίπεδο 7 να αποδίδεται στην υψηλότερη προτεραιότητα κίνησης, για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή για περιπτώσεις αναφοράς ιατρικών εμφυτευμάτων.

Τεχνικές προδιαγραφές

Οι τεχνικές προδιαγραφές παρέχουν μια σειρά από τεχνικά χαρακτηριστικά που πρέπει να υποστηρίζονται από την υποδομή επικοινωνιών του αισθητήρα, όπως επιβάλλεται από την εφαρμογή:

Απαιτήσεις Διακίνησης: Το βασικό πρωτόκολλο επικοινωνίας θα πρέπει να υποστηρίζει τις απαιτήσεις διακίνησης της εφαρμογής. Με βάση τους αισθητήρες διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

- Αισθητήρες που παράγουν υψηλούς ρυθμούς δεδομένων: Η κάμερα IP εμπίπτει σε αυτή την κατηγορία, δεδομένου ότι θα μεταφέρει μεγάλο όγκο δεδομένα εικόνας. Με βάση αυτές τις ανάγκες, θα χρησιμοποιήσουμε επικοινωνία μέσω WiFi, που επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων σε υψηλό ρυθμό.
- Αισθητήρες που παράγουν χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων: Οι αισθητήρες βάθους και οι αισθητήρες υγρασίας, παράγουν δεδομένα με χαμηλό ρυθμό μετάδοσης. Αυτές οι απαιτήσεις μπορούν να καλυφθούν με το πρωτόκολλο ZigBee.

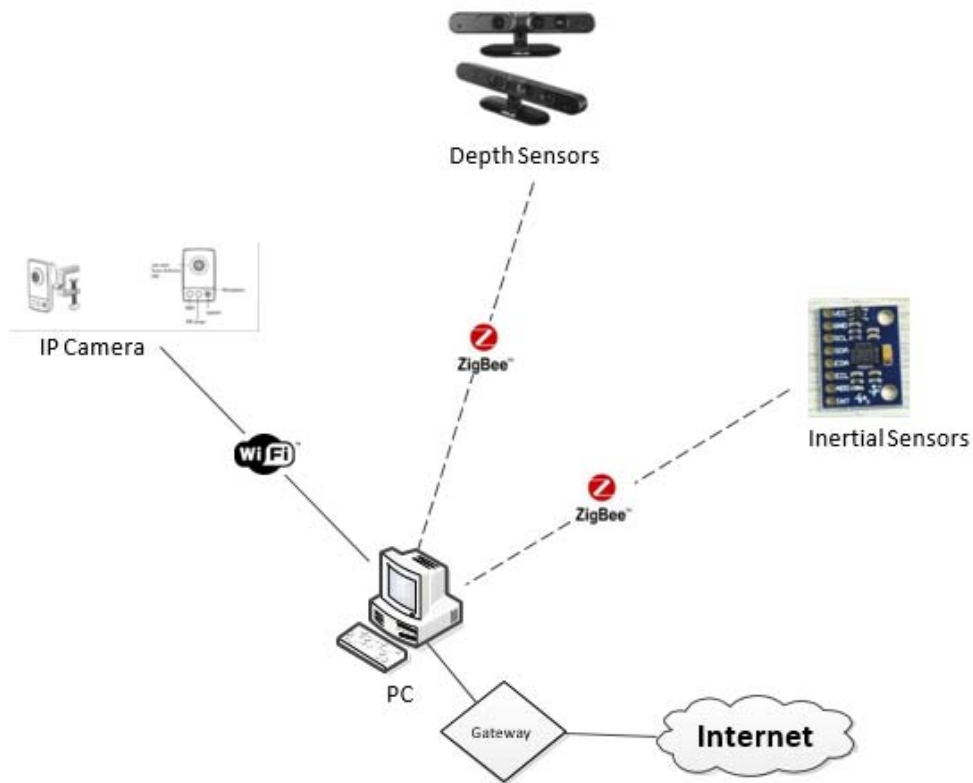
Ενεργειακή απόδοση: Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας θα πρέπει να διατηρούν την κατανάλωση ενέργειας σε όσο το δυνατόν πιο χαμηλά επίπεδα. Ως εκ τούτου, για εφαρμογές χαμηλού ρυθμού δεδομένων, χρησιμοποιούμε ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες επικοινωνίας, όπως το ZigBee.

Διαλειτουργικότητα συσκευών: Επειδή το δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από συσκευές με ετερογενείς ανάγκες επικοινωνίας, πρόκειται να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές τεχνολογίες, π.χ. WiFi, ZigBee, που θα επιτρέπουν την επικοινωνία των αισθητήρων. Συνολικά, η διαλειτουργικότητα των συσκευών θα είναι δεδομένη για το χρήστη, αφού όλες οι συσκευές θα συνδέονται απρόσκοπτα στο δίκτυο των αισθητήρων, επιτρέποντας την επικοινωνία μεταξύ των αισθητήρων και των συσκευών.

Τοπολογία τοπικού δικτύου

Πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε το πρότυπο Wi-Fi για την IP κάμερα και το πρότυπο ZigBee για την επικοινωνία των διάφορων αισθητήρων με τον υπολογιστή. Η εικόνα 25 δείχνει μια επισκόπηση της τοπολογίας του δικτύου.

Χωρίς βλάβη της γενικότητας, υποθέτουμε ένα δίκτυο με τοπολογία αστέρα, όπου οι αισθητήρες μπορούν να επικοινωνούν απευθείας με τον κεντρικό κόμβο, ο οποίος αναπαρίσταται από τον τοπικό υπολογιστή. Ο κεντρικός κόμβος θα συλλέγει όλα τα δεδομένα του αισθητήρα και θα ενεργεί ως πύλη για την κεντρική βάση δεδομένων του συστήματος. Οι συσκευές αισθητήρων θα πρέπει να συνδεθούν με τον υπολογιστή, είτε μέσω ZigBee, είτε μέσω WiFi, ανάλογα με τον απαιτούμενο ρυθμό δεδομένων και τις τεχνικές προδιαγραφές τους, όπως αυτές αναλύθηκαν στην προηγούμενη υποενότητα.



Εικόνα 25: Αρχιτεκτονική δικτύου σε τοπολογία αστέρα

Πιο συγκεκριμένα:

- Οι κόμβοι αισθητήρων ελέγχονται από έναν συντονιστή (hub ή cluster head). Ο ρόλος του συντονιστή είναι, να ρυθμίζει το δίκτυο, να εκτελεί τους απαραίτητους μηχανισμούς ασφαλείας (ταυτότητας, κρυπτογράφησης, κλπ.), να διατηρεί το συγχρονισμό, ενώ παράλληλα να συλλέγει τα δεδομένα από όλες τις συσκευές περιβάλλοντος και σώματος και να τις διαβιβάζει στην πύλη (gateway).
- Ο ρόλος του συντονιστή μπορεί να ανατεθεί σε μια συσκευή με βελτιωμένες δυνατότητες, ή θα μπορούσε να τον αναλάβει μία από τις συσκευές σώματος. Στην τελευταία περίπτωση, θα πρέπει να εγκριθεί ένα καταναμημένος αλγόριθμος, για την επιλογή του συντονιστή.
- Η πύλη (gateway) είναι το σημείο σύνδεσης μεταξύ του αισθητήρα συντονιστή και του δικτύου διανομής. Η συσκευή θα πρέπει να είναι εξοπλισμένη με έναν δευτερεύον πομποδέκτη (π.χ., 3G, 4G, Wi-Fi, IEEE 802.15, κλπ.) ανάλογα με την τεχνολογία του δικτύου διανομής. Επίσης θα πρέπει να έχει υψηλή επεξεργαστική ισχύ και μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, μια ενιαία συσκευή υλικού θα

μπορούσε να αναλάβει τους ρόλους του διαχειριστή και της πύλης με σκοπό να απλοποιήσει την αρχιτεκτονική του δικτύου.

Αν και οι βασικές αρχές έχουν ήδη δοθεί από τον αρχικό σχεδιασμό του δικτύου αισθητήρων, το προτεινόμενο μοντέλο είναι ευέλικτο, ώστε να μπορεί να επεκταθεί και σε πιο σύνθετες τοπολογίες εάν χρειαστεί. Αυτό θα εξαρτηθεί από την ποικιλία των συσκευών που διατίθενται στο περιβάλλον χρήσης. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα τάμπλετ, καθώς και ένας υπολογιστής για τη συλλογή δεδομένων, δημιουργώντας έτσι μια διαφορετική τοπολογία του δικτύου. Ένας άλλος λόγος, για να φύγουμε από το συγκεντρωτικό μοντέλο, είναι η εκτέλεση τοπικής εξισορρόπησης φορτίου (εάν είναι απαραίτητο) ανάμεσα σε περισσότερους από ένα ισχυρούς κόμβους, προκειμένου να μην εκχωρηθούν όλες οι υπολογιστικές εργασίες σε ένα κεντρικό κόμβο (PC).

6.8 Χαρακτηριστικά Βάσης Δεδομένων

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις προδιαγραφές των οντοτήτων, στα πλαίσια των βάσεων δεδομένων. Η ενότητα είναι δομημένη ως εξής: Η πρώτη παράγραφος περιγράφει τις οντότητες δεδομένων και η δεύτερη παράγραφος περιγράφει τις σχέσεις οντοτήτων .

Οντότητες στα πλαίσια των Βάσεων Δεδομένων

Οι οντότητες, στα πλαίσια των βάσεων δεδομένων, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- 1) Οντότητες που σχετίζονται με τα αρχεία των χρηστών
- 2) Οντότητες που σχετίζονται με τη σχεδίαση των παιχνιδιών
- 3) Οντότητες που σχετίζονται με τη συλλογή δεδομένων, κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας παιχνιδιού (όπως δεδομένα αισθητήρων, σκορ παιχνιδιού, κτλ.)

Όλοι οι παραπάνω τύποι οντοτήτων, στα πλαίσια των βάσεων δεδομένων, παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

Οντότητες που σχετίζονται με τα αρχεία των χρηστών

Αυτές οι οντότητες, είναι υπεύθυνες για την πρόσβαση σε πληροφορίες που σχετίζονται με τα αρχεία δεδομένων των χρηστών. Οι χρήστες που μας ενδιαφέρουν είναι: ο ασθενής, ο ιατρός, ο διαχειριστής του συστήματος και ο πλησιέστερος συγγενής.

Ονόματα οντοτήτων:

- PersonID
- Roles
- PersonID_has_Roles
- Medical_expertise
- Administrator
- Medical_centers
- PROJECT_systems
- Elderly_group

Τα χαρακτηριστικά της κάθε οντότητας και των τύπων δεδομένων τους παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Η πρώτη στήλη του κάθε πίνακα ορίζει το πρωτεύον κλειδί της οντότητας (κίτρινο), το οποίο εξασφαλίζει ότι κάθε σειρά της οντότητας είναι μοναδική. Το διάγραμμα επίσης απεικονίζει τα ξένα κλειδιά (ρόμβος με κόκκινο χρώμα). Τα ξένα κλειδιά δείχνουν πως οι πίνακες σχετίζονται και εξασφαλίζουν την ακεραιότητα των αναφορών. Για παράδειγμα, κάθε παιδί έχει ένα έγκυρο όνομα γονέα.

Οντότητες που σχετίζονται με τη σχεδίαση των παιχνιδιών

Οι στάσεις σώματος, είναι τα δομικά στοιχεία του συνόλου του σχεδιασμού του παιχνιδιού. Κάθε στάση σώματος αποτελείται από ένα χρονοδιάγραμμα και μια περιγραφή (όνομα, βαθμός δυσκολίας, σειρά), προκειμένου να αποτελέσει μια πλήρως ορισμένη άσκηση. Ένα παιχνίδι αποτελείται από μια σειρά από ασκήσεις. Μια συνεδρία καθορίζεται από την επιλογή μιας ακολουθίας παιχνιδιών. Ο ιατρός είναι υπεύθυνος (υποβοηθούμενος από το σύστημα DSS) να σχεδιάσει μια συνεδρία με βάση τα διαθέσιμα παιχνίδια. Οι τεχνικοί είναι υπεύθυνοι για τον σχεδιασμό των παιχνιδιών καθώς και των ασκήσεων.

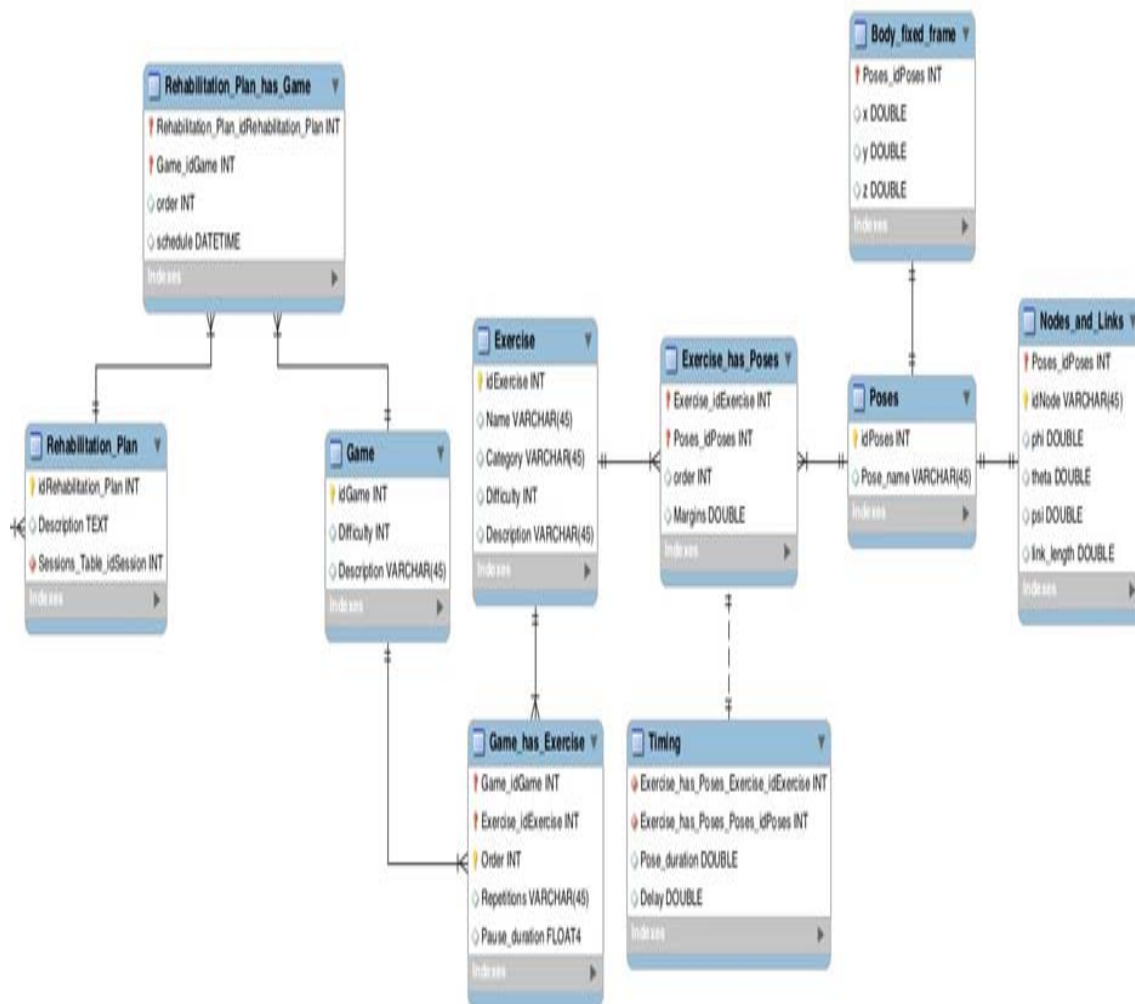
Οι οντότητες που απαιτούνται για την αποθήκευση των δεδομένων που αφορούν, το σχηματισμό των στάσεων σώματος, των ασκήσεων και ακολούθως το σχηματισμό των παιχνιδιών (ακολουθίες ή ασκήσεις) παρουσιάζονται παρακάτω.

Ονόματα οντοτήτων:

- Exercise
- Game
- Set_of_Games
- Poses
- Angles
- Timing
- Set_of_Games_has_Games

- Game_has_Exercises
- Exercise_has_poses
- Body_fixed_frame
- Poses_has_nodes_and_links
- Nodes_and_links

Τα χαρακτηριστικά της κάθε οντότητας και των τύπων δεδομένων τους παρουσιάζονται στην εικόνα 26. Η πρώτη στήλη του κάθε πίνακα ορίζει το πρωτεύον κλειδί της οντότητας (κίτρινο), το οποίο εξασφαλίζει ότι κάθε σειρά της οντότητας είναι μοναδική. Το διάγραμμα επίσης απεικονίζει τα ξένα κλειδιά (ρόμβος με κόκκινο χρώμα). Τα ξένα κλειδιά δείχνουν πως οι πίνακες σχετίζονται και εξασφαλίζουν την ακεραιότητα των αναφορών. Σε μερικές περιπτώσεις, ένα ή περισσότερα ξένα κλειδιά αποτελούν το πρωτεύον κλειδί της οντότητας (κόκκινα κλειδιά).



Εικόνα 26: Οντότητες που σχετίζονται με τη σχεδίαση των παιχνιδιών

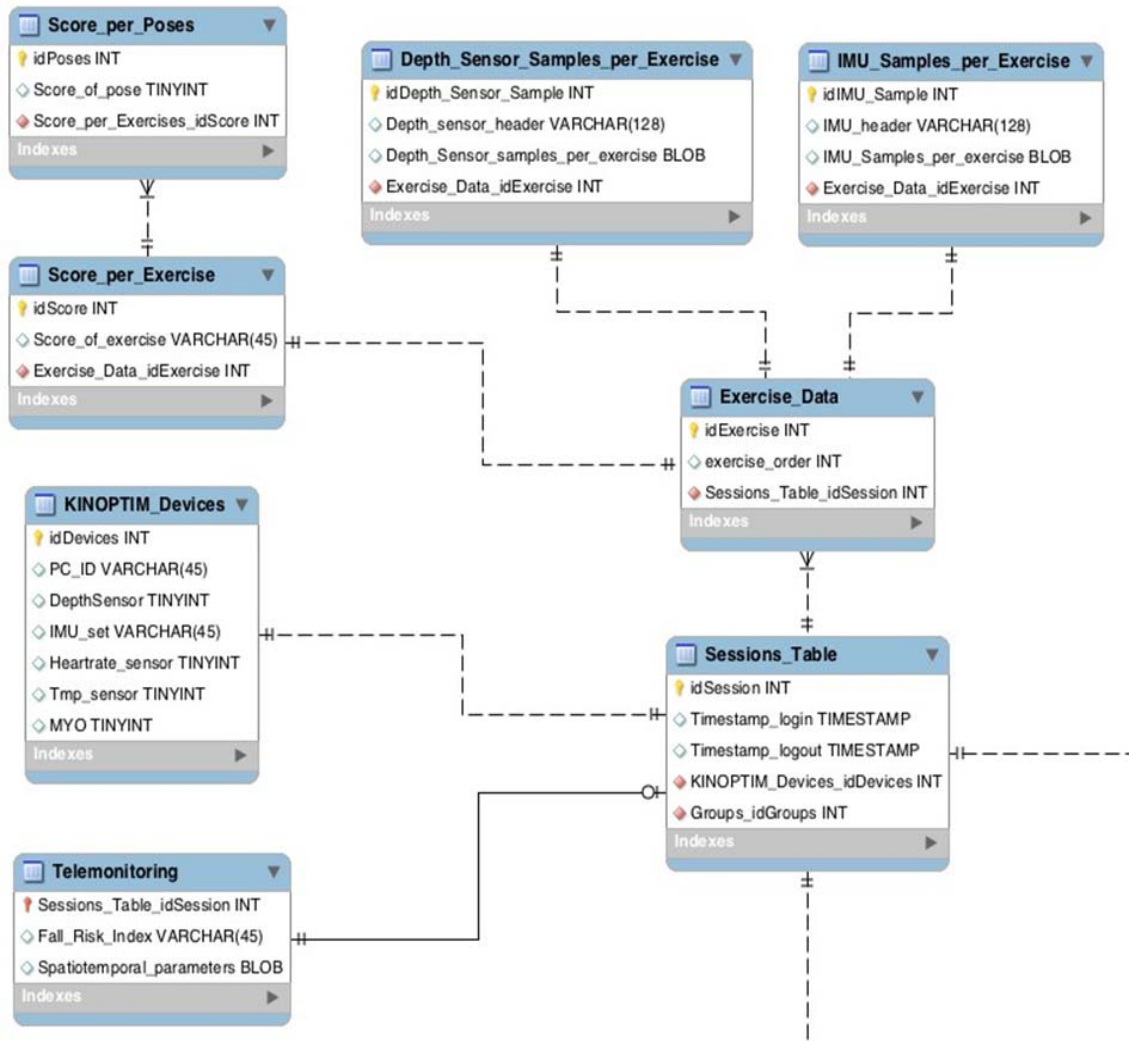
Οντότητες που σχετίζονται με το αποτέλεσμα της συνεδρίας παιχνιδιού

Αυτά είναι τα δεδομένα που παράγονται κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας παιχνιδιού και τα δεδομένα που προκύπτουν από μια μελλοντική επεξεργασία των δεδομένων της συνεδρίας του παιχνιδιού. Τα δεδομένα κίνησης (γωνίες αρθρώσεων και η θέση του σκελετού του ασθενούς) παρέχονται από τον αισθητήρα βάθους και τον αισθητήρα IMU. Αυτά τα δεδομένα είναι αποθηκευμένα στις ακόλουθες οντότητες:

Ονόματα οντοτήτων:

- Session_Table
- Exercises_Data
- IMU_Samples_per_Exercise
- Depth_Sensor_Samples_per_Exercise
- Score_per_Exercise
- Score_per_Poses
- PROJECT_Devices
- Telemonitoring

Τα χαρακτηριστικά της κάθε οντότητας και του τύπου δεδομένων της παρουσιάζονται στη εικόνα 27. Η πρώτη στήλη του κάθε πίνακα ορίζει το πρωτεύον κλειδί της οντότητας, το οποίο εξασφαλίζει ότι κάθε σειρά της οντότητας είναι μοναδική. Τα δείγματα αισθητήρα (30Hz) που δημιουργούνται από την IMU και τον αισθητήρα βάθους αποθηκεύονται ανά άσκηση ως δυαδικό μεγάλο αντικείμενο (BLOB), στις οντότητες IMU_Samples_per_Exercise και Depth_Sensor_Samples_per_Exercise αντίστοιχα. Οι βαθμολογίες που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού αποθηκεύονται, ανά άσκηση καθώς και ανά στάση, στις οντοτήτων Score_per_Exercise και Score_per_Poses:



Εικόνα 27: . Οντότητες που σχετίζονται με τη συνεδρία παιχνιδιού

Σχέσεις της Βάσης Δεδομένων

Όλες οι σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων παρουσιάζονται στο επόμενο διάγραμμα της εικόνας 28. Αυτό το διάγραμμα βοηθά στην κατανόηση της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των διάφορων υποσυστημάτων του συστήματος. Το παρακάτω διάγραμμα περιέχει όλες τις οντότητες που παρουσιάστηκαν προηγουμένως.

7. Επίλογος

Είναι γεγονός ότι η σωστή και αποτελεσματική περίθαλψη των ασθενών με Πάρκινσον είναι υψίστης σημασίας για την βελτίωση της προσωπικής τους ζωής και εν γένει της καθημερινότητας τους. Αν και στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές μελέτες σχετικά με την παρακολούθηση ασθενών, μέχρι στιγμής δεν έχει υπάρξει κάποιο ολοκληρωμένο πρόγραμμα παρακολούθησης και αποκατάστασης των ατόμων που πάσχουν από Πάρκινσον, το οποίο να βασίζεται σε καινοτόμες τεχνολογίες επικοινωνιών και πληροφορικής.

Το σύστημα ιατρικής επιχειρησιακής νοημοσύνης (MBI), που παρουσιάστηκε σε αυτή την εργασία, συνιστά μια εναλλακτική πρόταση και δίνει μια κατεύθυνση, μέσω συγκεκριμένων κανόνων και προδιαγραφών, προς τη διαδικασία αποκατάστασης των ασθενών με Πάρκινσον. Ειδικότερα, με τη βοήθεια αισθητήρων και παιχνιδιών ειδικά σχεδιασμένων για τη νόσο του Πάρκινσον, αποκτάται μια σαφής εικόνα της κατάστασης του ασθενούς σε πραγματικό χρόνο, ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα στους επιβλέποντες ιατρούς και θεραπευτές για συνεχή και έγκαιρη ενημέρωση σχετικά με την εξέλιξη της νόσου. Έτσι μπορούν να σχεδιάσουν ένα πιο εξατομικευμένο πλάνο αποκατάστασης.

Μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιώσεις του συστήματος μπορούν να γίνουν στα περισσότερα μέρη του συστήματος, ανάλογα με την εξέλιξη της τεχνολογίας. Κατά την άποψη μας, ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην ανάπτυξη πιο εξειδικευμένων παιχνιδιών και στη βελτίωση των συστημάτων DSS, ώστε να παρέχουν όσο το δυνατόν ποιοτικότερες προτάσεις για το σχεδιασμό της θεραπείας.

Με βάση όλα τα παραπάνω, η παρούσα εργασία θα μπορούσε να αποτελέσει, τη βάση για την ανάπτυξη παρόμοιων συστημάτων που θα βοηθούν άτομα με παραπλήσιες ανάγκες (πχ πρόβλεψη πτώσης ηλικιωμένων), αλλά και ένα χρηστικό εργαλείο για ιατρούς και θεραπευτές σχετικά με τη βοήθεια που μπορεί να τους δώσει η τεχνολογία για την εξ αποστάσεως και καλύτερη αποκατάσταση των ασθενών.

Τέλος, οι πληροφορίες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική προέρχονται, από απαντήσεις που έδωσαν ενδιαφερόμενοι και πιθανοί χρήστες του συστήματος (ιατροί, ασθενείς, θεραπευτές, ανεπίσημοι φροντιστές κτλ.), από επαναχρησιμοποίηση προγενέστερης γνώσης σε παρόμοια συστήματα και από αποτελέσματα και δεδομένα σχετικής διεθνούς βιβλιογραφίας.

8. Βιβλιογραφία

- [1] “Blausen_0704_ParkinsonsDisease.” [Online]. Available: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cb/Blausen_0704_ParkinsonsDisease.png. [Accessed: 21-Jan-2017].
- [2] J. M. Shulman, P. L. De Jager, and M. B. Feany, “Parkinson’s Disease: Genetics and Pathogenesis,” *Annu. Rev. Pathol. Mech. Dis.*, vol. 6, no. 1, pp. 193–222, Feb. 2011.
- [3] J. D. EUGENE REMOND, “Using Monkeys to Understand and Cure Parkinson Disease - Ethics of Medical Research with Animals.” [Online]. Available: <http://animalresearch.thehastingscenter.org/report/using-monkeys-to-understand-and-cure-parkinson-disease/>. [Accessed: 28-Dec-2016].
- [4] E. A. C. Pereira and T. Z. Aziz, “Parkinson’s disease and primate research: past, present, and future.,” *Postgrad. Med. J.*, vol. 82, no. 967, pp. 293–9, May 2006.
- [5] J. Jankovic, “Parkinson’s disease: clinical features and diagnosis.,” *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, vol. 79, no. 4, pp. 368–76, Apr. 2008.
- [6] A. Samii *et al.*, “Parkinson’s disease.,” *Lancet (London, England)*, vol. 363, no. 9423, pp. 1783–93, May 2004.
- [7] C. A. Davie, “A review of Parkinson’s disease,” *Br. Med. Bull.*, vol. 86, no. 1, pp. 109–127, Feb. 2008.
- [8] M. Barnett-Cowan, R. T. Dyde, S. H. Fox, E. Moro, W. D. Hutchison, and L. R. Harris, “Multisensory determinants of orientation perception in Parkinson’s disease,” *Neuroscience*, vol. 167, no. 4, pp. 1138–1150, Jun. 2010.
- [9] W. R. Galpern and A. E. Lang, “Interface between tauopathies and synucleinopathies: A tale of two proteins,” *Ann. Neurol.*, vol. 59, no. 3, pp. 449–458, Mar. 2006.
- [10] “Paralysis agitans-Male Parkinson’s victim-1892.” [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paralysis_agitans-Male_Parkinson’s_victim-1892.jpg. [Accessed: 12-Jan-2017].
- [11] “Writing by a Parkinson’s disease patient.” [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Writing_by_a_Parkinson’s_disease_patient.png. [Accessed: 12-Jan-2017].
- [12] S. C. Yao, A. D. Hart, and M. J. Terzella, “An evidence-based osteopathic approach to Parkinson disease,” *Osteopath. Fam. Physician*, vol. 5, no. 3, pp.

- 96–101, May 2013.
- [13] J. A. Russell, M. R. Ciucci, N. P. Connor, and T. Schallert, “Targeted exercise therapy for voice and swallow in persons with Parkinson’s disease,” *Brain Res.*, vol. 1341, pp. 3–11, Jun. 2010.
- [14] N. Caballol, M. J. Martí, and E. Tolosa, “Cognitive dysfunction and dementia in Parkinson disease,” *Mov. Disord.*, vol. 22, no. S17, pp. S358–S366, Sep. 2007.
- [15] K. L. Parker, D. Lamichhane, M. S. Caetano, and N. S. Narayanan, “Executive dysfunction in Parkinson’s disease and timing deficits,” *Front. Integr. Neurosci.*, vol. 7, p. 75, Oct. 2013.
- [16] M. Barichella, E. Cereda, and G. Pezzoli, “Major nutritional issues in the management of Parkinson’s disease,” *Mov. Disord.*, vol. 24, no. 13, pp. 1881–1892, Oct. 2009.
- [17] R. A. Armstrong, “Visual signs and symptoms of Parkinson’s disease,” *Clin. Exp. Optom.*, vol. 91, no. 2, pp. 129–138, Mar. 2008.
- [18] L. M. de Lau and M. M. Breteler, “Epidemiology of Parkinson’s disease,” *Lancet Neurol.*, vol. 5, no. 6, pp. 525–535, Jun. 2006.
- [19] C. Freire and S. Koifman, “Pesticide exposure and Parkinson’s disease: Epidemiological evidence of association,” *Neurotoxicology*, vol. 33, no. 5, pp. 947–971, Oct. 2012.
- [20] S. Lesage and A. Brice, “Parkinson’s disease: from monogenic forms to genetic susceptibility factors,” *Hum. Mol. Genet.*, vol. 18, no. R1, pp. R48–R59, Apr. 2009.
- [21] J. E. Ahlskog, “Does vigorous exercise have a neuroprotective effect in Parkinson disease?,” *Neurology*, vol. 77, no. 3, pp. 288–294, Jul. 2011.
- [22] J. Costa, N. Lunet, C. Santos, J. Santos, and A. Vaz-Carneiro, “Caffeine exposure and the risk of Parkinson’s disease: a systematic review and meta-analysis of observational studies,” *J. Alzheimers. Dis.*, vol. 20 Suppl 1, pp. S221–38, 2010.
- [23] M. Quik, L. Z. Huang, N. Parameswaran, T. Bordia, C. Campos, and X. A. Perez, “Multiple roles for nicotine in Parkinson’s disease,” *Biochem. Pharmacol.*, vol. 78, no. 7, pp. 677–685, Oct. 2009.
- [24] K. Castagnoli and T. Murugesan, “Tobacco Leaf, Smoke and Smoking, MAO Inhibitors, Parkinson’s Disease and Neuroprotection; Are There Links?,”

- Neurotoxicology*, vol. 25, no. 1–2, pp. 279–291, Jan. 2004.
- [25] 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, Apr. 2008.
- [26] E. E. Dereli and A. Yaliman, “Comparison of the effects of a physiotherapist-supervised exercise programme and a self-supervised exercise programme on quality of life in patients with Parkinson’s disease,” *Clin. Rehabil.*, vol. 24, no. 4, pp. 352–362, Apr. 2010.
- [27] “Staying Active with Parkinson’s Disease.” [Online]. Available: <https://vimeo.com/169390524>. [Accessed: 12-Jan-2017].
- [28] K. Deane, C. Ellis-Hill, E. D. Playford, Y. Ben-Shlomo, and C. E. Clarke, “Occupational therapy for Parkinson’s disease,” in *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, no. 3, C. Clarke, Ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2001, p. CD002813.
- [29] “Parkinson disease world map - DALY - WHO2004.svg - Wikimedia Commons.” [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parkinson_disease_world_map_-_DALY_-_WHO2004.svg. [Accessed: 14-Jan-2017].
- [30] S. de Lusignan, S. Wells, P. Johnson, K. Meredith, and E. Leatham, “Compliance and effectiveness of 1 year’s home telemonitoring. The report of a pilot study of patients with chronic heart failure,” *Eur. J. Heart Fail.*, vol. 3, no. 6, pp. 723–730, Dec. 2001.
- [31] D. Johnson and J. Wiles, “Effective affective user interface design in games,” *Ergonomics*, vol. 46, no. 13–14, pp. 1332–1345, Oct. 2003.
- [32] I. Kouris *et al.*, “KINOPTIM: The medical business intelligence module for fall prevention of the elderly,” in *2015 IEEE 15th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE)*, 2015, pp. 1–4.
- [33] R. W. Grant *et al.*, “Design and Implementation of a Web-Based Patient Portal Linked to an Ambulatory Care Electronic Health Record: *Patient Gateway* for Diabetes Collaborative Care,” *Diabetes Technol. Ther.*, vol. 8, no. 5, pp. 576–586, Oct. 2006.
- [34] B. W. Norman M. Bradburn, Seymour Sudman, *Asking Questions: The Definitive Guide to Questionnaire Design -- For Market ... - Norman M. Bradburn, Seymour Sudman, Brian Wansink - Βιβλία Google.* .

- [35] W. F. Boh, "Reuse of knowledge assets from repositories: A mixed methods study," *Inf. Manag.*, vol. 45, no. 6, pp. 365–375, 2008.
- [36] J. Goyder, "Face-to-Face Interviews and Mailed Questionnaires: The Net Difference in Response Rate," *Public Opin. Q.*, vol. 49, no. 2, p. 234, 1985.
- [37] P. J. Haug, B. H. S. C. Rocha, and R. S. Evans, "Decision support in medicine: lessons from the help system," *Int. J. Med. Inform.*, vol. 69, no. 2, pp. 273–284, 2003.
- [38] L. Barkhuus and A. Dey, "Is Context-Aware Computing Taking Control away from the User? Three Levels of Interactivity Examined," Springer, Berlin, Heidelberg, 2003, pp. 149–156.
- [39] M. Raïche, R. Hébert, F. Prince, and H. Corriveau, "Screening older adults at risk of falling with the Tinetti balance scale," *Lancet*, vol. 356, no. 9234, pp. 1001–1002, 2000.
- [40] S. D. Choi, L. Guo, D. Kang, and S. Xiong, "Exergame technology and interactive interventions for elderly fall prevention: A systematic literature review," *Appl. Ergon.*, 2016.
- [41] C. Godinho *et al.*, "A systematic review of the characteristics and validity of monitoring technologies to assess Parkinson's disease.," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 13, no. 1, p. 24, 2016.
- [42] I. García-Magariño, C. Medrano, I. Plaza, and B. Oliván, "A smartphone-based system for detecting hand tremors in unconstrained environments," *Pers. Ubiquitous Comput.*, 2016.
- [43] V. Turau and C. Weyer, "Scheduling Transmission of Bulk Data in Sensor Networks Using a Dynamic TDMA Protocol," in *2007 International Conference on Mobile Data Management*, 2007, pp. 321–325.
- [44] Hui-Mei Justina Hsu, "The Potential of Kinect in Education."
- [45] K. Khoshelham, "ACCURACY ANALYSIS OF KINECT DEPTH DATA."
- [46] G. Rescio, A. Leone, and P. Siciliano, "Supervised Expert System for Wearable MEMS Accelerometer-Based Fall Detector," *J. Sensors*, vol. 2013, pp. 1–11, 2013.
- [47] H. Hoshika, T. Saito, T. Yogo, T. Miki, and T. Hosokawa, "Temperature and Humidity Sensor," 2016.
- [48] T. Arampatzis, J. Lygeros, and S. Manesis, "A Survey of Applications of

- Wireless Sensors and Wireless Sensor Networks,” in *Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation Intelligent Control, 2005.*, pp. 719–724.
- [49] I. Jantunen, H. Laine, P. Huuskonen, D. Trossen, and V. Ermolov, “Smart sensor architecture for mobile-terminal-centric ambient intelligence,” *Sensors Actuators A Phys.*, vol. 142, no. 1, pp. 352–360, 2008.
- [50] P. Vartholomeos *et al.*, “KINOPTIM system architecture: Modules and services for fall prevention through telerehabilitation,” in *2014 IEEE 19th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)*, 2014, pp. 135–138.
- [51] C. Barelle *et al.*, “Tele-monitoring and diagnostic for fall prevention: The KINOPTIM concept,” in *IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)*, 2014, pp. 342–345.
- [52] J. P. W. Geri Schneider, *Applying Use Cases: A Practical Guide - Geri Schneider, Jason P. Winters - Βιβλία Google*. .
- [53] R. Ceravolo, D. Frosini, C. Rossi, and U. Bonuccelli, “Impulse control disorders in Parkinson’s disease: definition, epidemiology, risk factors, neurobiology and management,” *Parkinsonism Relat. Disord.*, vol. 15, pp. S111–S115, Dec. 2009.
- [54] S. Adolph, P. Bramble, and P. Bramble, *Patterns for effective use cases*. Addison-Wesley, 2003.
- [55] K. Akeley, “RealityEngine Graphics.”
- [56] E. Hudlicka and Eva, “Affective game engines,” in *Proceedings of the 4th International Conference on Foundations of Digital Games - FDG '09*, 2009, p. 299.
- [57] I. Carmosino, F. Bellotti, R. Berta, A. De Gloria, and N. Secco, “A game engine plug-in for efficient development of investigation mechanics in serious games,” 2017.
- [58] M. G. Jones, “Creating Electronic Learning Environments: Games, Flow, and the User Interface.” 1998.
- [59] R. DeMaria and J. L. Wilson, *High score! : the illustrated history of electronic games*. McGraw-Hill/Osborne, 2004.
- [60] A. Gawer and M. A. Cusumano, “Platform Leadership How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation.”

- [61] P. Kinney, “ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works.”
- [62] J. Bloch, “_How to Design a Good API and Why it Matters How to Design a Good API and Why it Matters.”
- [63] J. W. Satzinger and L. Olfman, “User Interface Consistency across End-User Applications: The Effects on Mental Models,” *J. Manag. Inf. Syst.*, vol. 14, no. 4, pp. 167–193, Mar. 1998.
- [64] D. D. Li, A. K. Liau, and A. Khoo, “Player–Avatar Identification in video gaming: Concept and measurement,” *Comput. Human Behav.*, vol. 29, no. 1, pp. 257–263, 2013.
- [65] L. Medeiros, H. Almeida, L. Dias, M. Perkusich, and R. Fischer, “A Game-Based Approach to Monitor Parkinson’s Disease: The Bradykinesia Symptom Classification,” *2016 IEEE 29th Int. Symp. Comput. Med. Syst.*, pp. 337–342, 2016.
- [66] B. Galna *et al.*, “Retraining function in people with Parkinson ’ s disease using the Microsoft kinect : game design and pilot testing,” pp. 1–12, 2014.
- [67] I. Pachoulakis and N. Papadopoulos, “Exergames for Parkinson ’ s Disease Patients : the Balloon Goon game,” pp. 0–5, 2016.
- [68] G. Palacios-Navarro, I. García-Magariño, and P. Ramos-Lorente, “A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson’s Disease Patients: a Pilot Study,” *J. Med. Syst.*, vol. 39, no. 9, 2015.
- [69] M. Capecci, L. Pepa, F. Verdini, and M. G. Ceravolo, “A smartphone-based architecture to detect and quantify freezing of gait in Parkinson’s disease,” *Gait Posture*, vol. 50, pp. 28–33, 2016.
- [70] A. Shumway-Cook, S. Brauer, and M. Woollacott, “Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test.,” *Phys. Ther.*, vol. 80, no. 9, pp. 896–903, Sep. 2000.
- [71] R. A. Joundi, J. S. Brittain, N. Jenkinson, A. L. Green, and T. Aziz, “Rapid tremor frequency assessment with the iPhone accelerometer,” *Park. Relat. Disord.*, vol. 17, no. 4, pp. 288–290, 2011.
- [72] R. J. Ellis *et al.*, “A validated smartphone-based assessment of gait and gait variability in Parkinson’s disease,” *PLoS One*, vol. 10, no. 10, 2015.
- [73] A. Tejero-de-Pablos, Y. Nakashima, N. Yokoya, F.-J. Díaz-Pernas, and M. Martínez-Zarzuela, “Flexible human action recognition in depth video sequences using masked joint trajectories,” *EURASIP J. Image Video Process.*,

- vol. 2016, no. 1, p. 20, 2016.
- [74] S. Mazilu, “Gait , Wrist and Sensors : Detecting Freezing of Gait in Parkinson ’ s Disease from Wrist Movement Gait , Wrist , and Sensors : Detecting Freezing of Gait in Parkinson ’ s Disease from Wrist Movement,” no. August, pp. 583–588, 2015.
- [75] N. Piro, L. Piro, J. Kassubek, and R. Blechschmidt-Trapp, “Analysis and Visualization of 3D Motion Data for UPDRS Rating of Patients with Parkinson’s Disease,” *Sensors*, vol. 16, no. 6, p. 930, 2016.
- [76] F. Parisi *et al.*, “Body-sensor-network-based kinematic characterization and comparative outlook of UPDRS scoring in leg agility, sit-to-stand, and Gait tasks in Parkinson’s disease,” *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, vol. 19, no. 6, pp. 1777–1793, 2015.
- [77] M. Grundland and N. A. Dodgson, “Decolorize: Fast, contrast enhancing, color to grayscale conversion,” *Pattern Recognit.*, vol. 40, no. 11, pp. 2891–2896, 2007.
- [78] M. Piccardi, “Background subtraction techniques: a review,” in *2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE Cat. No.04CH37583)*, pp. 3099–3104.
- [79] B. Mathieu, P. Melchior, A. Oustaloup, and C. Ceyral, “Fractional differentiation for edge detection,” *Signal Processing*, vol. 83, no. 11, pp. 2421–2432, 2003.
- [80] R. A. Peters, “A new algorithm for image noise reduction using mathematical morphology,” *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 4, no. 5, pp. 554–568, May 1995.
- [81] J.-H. Yoo, M. S. Nixon, and C. J. Harris, “Extracting Gait Signatures based on Anatomical Knowledge.”
- [82] N. Boonma, A. Sangthong, S. Mitatha, and C. Vongchumyen, “Image Recorder Server with IP Camera and Pocket PC,” 2011.
- [83] Charles M. Kozierok, *The TCP/IP Guide: A Comprehensive, Illustrated Internet Protocols Reference - Charles M. Kozierok - Βιβλία Google. .*
- [84] P. G. W. Keen, “Decision support systems : a research perspective,” 1980.
- [85] M. T. Jelassi, K. Williams, and C. S. Fidler, “The emerging role of DSS: From passive to active,” *Decis. Support Syst.*, vol. 3, no. 4, pp. 299–307, Dec. 1987.

- [86] H. R. Rao, R. Sridhar, and S. Narain, “An active intelligent decision support system — Architecture and simulation,” *Decis. Support Syst.*, vol. 12, no. 1, pp. 79–91, 1994.
- [87] T. Bui and M. Jarke, “A Dss for Cooperative Multiple Criteria Group Decision Making.” 1984.
- [88] D. J. Power and D. J. Power, “SPECIFYING AN EXPANDED FRAMEWORK FOR CLASSIFYING AND DESCRIBING DECISION SUPPORT SYSTEMS,” *Commun. Assoc. Inf. Syst.*, vol. 13, pp. 158–166, 2004.
- [89] D. J. Power, “Understanding Data-Driven Decision Support Systems,” *Inf. Syst. Manag.*, vol. 25, no. 2, pp. 149–154, Mar. 2008.
- [90] N. Friedman, M. Linial, I. Nachman, and D. Pe’er, “Using Bayesian Networks to Analyze Expression Data,” *J. Comput. Biol.*, vol. 7, no. 3–4, pp. 601–620, Aug. 2000.
- [91] B. Atkinson *et al.*, “Web Services Security (WS-Security),” 2002.
- [92] J. Roy and A. Ramanujan, “Understanding Web services,” *IT Prof.*, vol. 3, no. 6, pp. 69–73, 2001.
- [93] D. Box *et al.*, “Copied from the W3C Web site Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1.”
- [94] J. Haartsen, M. Naghshineh, J. Inouye, O. J. Joeressen, and W. Allen, “Bluetooth,” *ACM SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, vol. 2, no. 4, pp. 38–45, Oct. 1998.
- [95] C. Gomez, J. Oller, and J. Paradells, “Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology,” *Sensors*, vol. 12, no. 12, pp. 11734–11753, Aug. 2012.
- [96] Ghobad Heidari, *WiMedia UWB: Technology of Choice for Wireless USB and Bluetooth - Ghobad Heidari - Βιβλία Google*. .
- [97] “IEEE 802.15.4.” [Online]. Available: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [98] Drew Gislason, *Zigbee Wireless Networking - Drew Gislason - Βιβλία Google*. .