



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
**ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ
& ΔΙΚΤΥΩΝ**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ & ΔΙΚΤΥΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΡΟΜΟΥ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΑΠΟ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Γακηλάζου Βασιλική

Επιβλέπων : Τσίπουρας Μάρκος
Αναπληρωτής Καθηγητής

Άρτα, Δεκέμβριος, 2020

**AUTOMATIC EVALUATION TREMOR
WITH DAILY ACTIVITY DATA ANALYSIS**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 2020

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Μάρκος Τσίπουρας,

Ph.D. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Αναπληρωτής καθηγητής

2. Μέλος επιτροπής

Χρυσόστομος Στύλιος,

Ph.D. Πανεπιστήμιο Πατρών, Καθηγητής

3. Μέλος επιτροπής

Αλέξανδρος Τζάλλας,

Ph.D. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Επίκουρος Καθηγητής

Ο Διευθυντής του ΠΜΣ

Χρυσόστομος Στύλιος,

Ph.D. Πανεπιστήμιο Πατρών, Καθηγητής

Υπογραφή

© Γακηλάζου, Βασιλική, 2020.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Γακηλάζου, Βασιλική

Υπογραφή

Ευχαριστίες

.....Με εκτίμηση, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κύριο Τσίπουρα Μάρκο, για την απεριόριστη υπομονή που επέδειξε κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας, αλλά και για το χρόνο που διέθεσε. Η βοήθεια και η καθοδήγησή του, καθ' όλο το χρονικό διάστημα εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, ήταν καθοριστικές για να φτάσω στο στόχο μου. Επιπλέον, δεν θα μπορούσα να παραλήψω να ευχαριστήσω τους κ.κ. Γιαννακέα Νικόλαο και Τζάλλα Αλέξανδρο για την καθοριστική συμβολή τους στην εκπόνηση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.....

Περίληψη

Η νόσος του Πάρκινσον είναι μια προοδευτικά εξελισσόμενη νευροεκφυλιστική ασθένεια στην οποία τα νευρικά κύτταρα του εγκεφάλου εκφυλίζονται και χάνουν τη λειτουργικότητά τους. Είναι η δεύτερη πιο συχνή νευροεκφυλιστική νόσος και αποτελεί μια ιδιοπαθή ασθένεια του νευρικού συστήματος. Χαρακτηρίζεται από κινητικές αλλά και μη κινητικές επιπλοκές. Εμφανίζεται κυρίως σε άτομα που έχουν περάσει το 50^ο έτος της ηλικίας τους, χωρίς να αποκλείεται η εμφάνιση περιστατικών και σε νεαρότερες ηλικίες.

Μια νέα μορφή τεχνολογίας, αυτή των φορέσιμων συσκευών, ήρθε για να συμπληρώσει την εφεύρεση των έξυπνων κινητών τηλεφώνων και των “tablets”. Ο όρος “φορέσιμες συσκευές” χρησιμοποιείται για να περιγράψει οποιοδήποτε τεχνολογικό προϊόν μπορεί να φορεθεί και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λήψη πληροφορίας. Σε συνδυασμό με το διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things) και τη χρήση κατάλληλων αισθητήρων μπορούν να οδηγήσουν σε λύσεις που σχετίζονται με την υγεία, την ποιότητα ζωής αλλά και τις καθημερινές ανάγκες, παρακάμπτοντας τον ανθρώπινο παράγοντα.

Στόχος της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής εργασίας είναι η δημιουργία μιας νέας προσέγγισης για την αξιολόγηση των κινητικών συμπτωμάτων που προκαλούνται από τη νόσο του Πάρκινσον, βασιζόμενη σε δεδομένα που καταγράφηκαν με τη χρήση ενός έξυπνου κινητού τηλεφώνου. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αντλήθηκαν από την ηλεκτρονική πλατφόρμα kaggle.com. Η ιδέα της μελέτης είναι να εξοπλιστεί ένας Παρκινσονικός ασθενής με ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο, που θα παρακολουθεί σήματα σε πραγματικό χρόνο για μια χρονική περίοδο.

Τα δεδομένα αναλύθηκαν και δημιουργήθηκε ένα μοντέλο πρόβλεψης που βασίζεται στις τεχνικές μάθησης μηχανής για να παράγει μια συνολική αναφορά για τον γιατρό που δείχνει τα κινητικά συμπτώματα στην καθημερινή ζωή. Κατά την επόμενη επίσκεψη του ασθενούς στο νοσοκομείο ο γιατρός θα μπορεί να γνωρίζει την συνολική εικόνα της κινητικής κατάστασης του ασθενούς, με αποτέλεσμα την παροχή εξατομικευμένης θεραπείας του ασθενούς.

Λέξεις Κλειδιά: Νόσος του Πάρκινσον, Κινητικά Συμπτώματα, Απομακρυσμένη Παρακολούθηση, Φορέσιμες Συσκευές, Παθητική Παρακολούθηση

Abstract

Parkinson's disease is a progressively evolving neurodegenerative disorder in which brain nerve cells lose their functionality. It is the second most common neurodegenerative disorder and an idiopathic disease of the central nervous system, characterized by kinetic and non-kinetic complications, mainly affecting people past the age of fifty, without ruling out the possibility of incidents in younger ages.

A new form of technology, that of wearable devices, has come to complement the invention of smartphones and tablets. The term "wearable devices" is employed to describe any technological product which can be worn and used for receiving information. Together with the Internet of Things and the use of appropriate sensors, they could result in solutions regarding health, quality of life, as well as everyday needs, overriding the human factor.

The aim of this specific postgraduate project is the creation of a new approach when it comes to evaluating kinetic symptoms caused by Parkinson's disease, based on data collected by an accelerometer, and recorded by a smartphone. The data used were obtained from kaggle.com platform. The main idea of the study is to provide a Parkinson's disease patient with a smartphone which will monitor signals in real time for a specific period.

Data is analyzed and a prediction model is created, based on machine learning techniques, to produce an overall report for the doctor which shows kinetic symptoms in everyday life. During the next visit of the patient in the hospital the doctor will be able to have a clear image of the kinetic situation of the patient, resulting in the provision of individualized and improved treatment for the patient.

Keywords: Parkinson's disease (PD), Motor Symptoms, Remote Monitoring, Wearable Devices, passive monitoring

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	i
Περίληψη	ii
Abstract.....	iii
Πίνακας Περιεχομένων	iv
Εισαγωγή	vi
Κεφάλαιο 1 : Νόσος του Πάρκινσον	1
1.1 Ορισμός.....	1
1.2 Αιτιοπαθογένεια	3
1.2.1 Ηλικία.....	3
1.2.2 Κληρονομικότητα και γενετικοί παράγοντες.....	4
1.2.3 Περιβαλλοντικοί παράγοντες	4
1.3 Συμπτώματα.....	5
1.3.1 Βασικά Παρκινσονικά Συμπτώματα	6
1.3.2 Δευτερογενείς διαταραχές της νόσου.....	9
1.3.3 Δευτερογενή παρκινσονικά σύνδρομα από πρωτοπαθείς βλάβες του εγκεφάλου	10
1.4 Διάγνωση.....	10
1.5 Κλίμακες αξιολόγησης.....	11
1.6 Εξελικτική πορεία της νόσου	12
1.7 Επιδημιολογικά - στατιστικά στοιχεία.....	13
1.8 Θεραπεία	14
Κεφάλαιο 2: Φορητές και Φορέσιμες συσκευές για την Αξιολόγηση Κινητικών Συμπτωμάτων της νόσου του Πάρκινσον.....	16
2.1 Έρευνες που βασίζονται σε παθητική συλλογή δεδομένων.....	17
2.2 Έρευνες που βασίζονται σε ενεργητική συλλογή δεδομένων	23
2.3 Έρευνες κατά τις οποίες αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν πλαφόρμες και εφαρμογές ..	27
Κεφάλαιο 3 : Μεθοδολογία	35
3.1 Βάση Δεδομένων	36
3.2 Προεπεξεργασία και εξαγωγή χαρακτηριστικών.....	38
3.3 Σύνολο δεδομένων.....	40
3.4 Ταξινόμηση.....	43
3.4.1 Περιβάλλον Weka	43
3.4.2 Τεχνικές Ταξινόμησης	45

3.4.3 Εκπαίδευση και επικύρωση του μοντέλου ταξινόμησης	48
3.5 Τελικά αποτελέσματα	51
Κεφάλαιο 4 : Αποτελέσματα	53
4.1 Ημερήσια αποτελέσματα ανά ασθενή.....	53
4.2 Συγκεντρωτικές αναφορές κατάστασης ασθενούς.....	58
4.3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για κάθε ασθενή.....	65
Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα	69
5.1 Συγκριτική μελέτη	71
Παράρτημα Α	73
Παράρτημα Β	107
Βιβλιογραφία	108

Εισαγωγή

Η νόσος του Πάρκινσον είναι μια νευροεκφυλιστική ασθένεια που χαρακτηρίζεται κυρίως από κινητικά προβλήματα, που παρατηρούνται σε 1 στους 500 ανθρώπους περίπου, που έχουν περάσει το 50ο έτος της ηλικία τους. Τα συμπτώματα της νόσου εμφανίζονται και εξελίσσονται βαθμιαία. Περιλαμβάνουν ένα συνδυασμό κινητικών και μη κινητικών συμπτωμάτων. Ο συνδυασμός των συμπτωμάτων που παρουσιάζει κάποιος που πάσχει από τη νόσο του Πάρκινσον είναι μοναδικός για κάθε ασθενή, γι' αυτό και απαιτείται εξατομικευμένη θεραπεία. Η εξατομίκευση της θεραπείας του κάθε ασθενούς μπορεί να επιτευχθεί μέσω της συνεχούς παρακολούθησης των συμπτωμάτων της νόσου στην καθημερινή ζωή. Αρωγός σε αυτό μπορεί να γίνει η τεχνολογία των φορητών και των φορέσιμων συσκευών.

Ο αριθμός των συμπτωμάτων και των χαρακτηριστικών της νόσου του Πάρκινσον που μπορούν να μετρηθούν και να παρακολουθηθούν αντικειμενικά, με τη χρήση συσκευών απλής τεχνολογίας που μεταφέρονται καθημερινά, είναι πολλά. Από τις πιο διαδεδομένες συσκευές παρακολούθησης είναι τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα, μιας και διαθέτουν έναν ικανοποιητικό αριθμό αισθητήρων που

μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή δεδομένων των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής που θα μετατραπούν σε πληροφορία ικανή να βελτιώσει την καθημερινότητα του ασθενούς. Επιπλέον, μέσω της προαναφερόμενης τεχνολογίας, είμαστε σε θέση να συλλέξουμε τεράστιο αριθμό βιολογικών δεδομένων, τα οποία μπορούν να μετατραπούν σε γνώση. Σε αυτή την κατεύθυνση, τα συστήματα ασθενών και ασθενειών που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην υποστήριξη αποφάσεων αλλά και την ανακάλυψη νέων διαγνωστικών και θεραπευτικών τεχνικών για τη διάγνωση και τη θεραπεία.

Κλειδί για τη βελτίωση της ποιότητας της υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να αποτελέσουν οι διαδικτυακές ψηφιακές τράπεζες που περιέχουν βιοδείκτες αλλά και η ανταλλαγή εμπειριών ασθενών και ειδικών υγείας μέσω του Διαδικτύου. Η χρήση τεχνολογίας τηλεϊατρικής και κατ' επέκταση η απομακρυσμένη αξιολόγηση των ασθενών μπορεί να αυξήσει την ικανοποίηση των ασθενών και να οδηγήσει στη μείωση των δαπανών στην υγεία. Επιπρόσθετα, η παρακολούθηση στο σπίτι μπορεί να δώσει τη δυνατότητα στον ασθενή να αξιολογεί τα δεδομένα για την κατάστασή του και να επεμβαίνει βραχυπρόθεσμα, λαμβάνοντας άμεσα τη θεραπεία του ή διακόπτοντας δραστηριότητες που ενδεχομένως τον επιβαρύνουν.

Με την παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρούμε να προσεγγίσουμε έναν τρόπο ταξινόμησης των ασθενών με Πάρκινσον χρησιμοποιώντας αντικειμενικά, παθητικά συλλεγμένα δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα, όπως αυτά διατίθενται από την πλατφόρμα Kaggle. Στόχος είναι να χρησιμοποιηθούν τα παρεχόμενα δεδομένα για τη διάκριση των Παρκινσονικών ασθενών από τους συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου. Απώτερος σκοπός είναι η μετατροπή των δεδομένων σε πληροφορία ικανή να ερμηνεύεται άμεσα από τους γιατρούς αλλά και τους ίδιους τους νοσούντες. Αποτέλεσμα αυτού είναι να παρέχεται η δυνατότητα αντικειμενικής και αξιόπιστης αξιολόγησης της νόσου και παροχή καλύτερης και εξατομικευμένης φροντίδας στους ασθενείς. Επιπλέον, με τη βραχυπρόθεσμη αλλαγή της συμπεριφοράς τους οι νοσούντες μπορούν να απολαμβάνουν καλύτερο επίπεδο ζωής. Η δομή της εργασίας παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται αναλυτικά η νόσος του Πάρκινσον. Δίνονται στοιχεία σχετικά με την αιτιοπαθογένεια της ασθένειας και αναλύονται τα συμπτώματα αυτής. Περιγράφεται η μέθοδος διάγνωσης και οι κλίμακες αξιολόγησης για τη διαβάθμιση της κατάστασης του

ασθενούς. Παρουσιάζεται η εξελικτική πορεία της νόσου και δίνονται κάποια επιδημιολογικά και στατιστικά στοιχεία. Τέλος, γίνεται μια μικρή αναφορά στη θεραπεία της ασθένειας.

Έρευνες κατά τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν φορητές ή/και φορέσιμες συσκευές για να συλλεχθούν δεδομένα και να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την ασθένεια του Πάρκινσον, αναφέρονται στο Κεφάλαιο 2. Για κάθε έρευνα γίνεται μια περιγραφή της ομάδας από την οποία συλλέχθηκαν τα δεδομένα, του τεχνολογικού εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε, του τρόπου επεξεργασίας των δεδομένων και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την αυτόματη αξιολόγηση των κινητικών συμπτωμάτων με ανάλυση δεδομένων από καθημερινές δραστηριότητες, παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 3. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται η επιλογή του συνόλου δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την εργασία και αναφέρθηκαν αντίστοιχες έρευνες που χρησιμοποίησαν το ίδιο σύνολο. Παρουσιάστηκε η διαδικασία της προεπεξεργασίας και της εξαγωγής των χαρακτηριστικών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τεχνικές ταξινόμησης καθώς και επικύρωσης που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Τέλος, αποτυπώθηκε ο τρόπος που τα δεδομένα οδήγησαν σε αποτελέσματα, καθώς και οι διαφορετικές απεικονίσεις των αποτελεσμάτων (ημερήσια αποτελέσματα, εβδομαδιαίες αναφορές, συνολικά αποτελέσματα ανά συμμετέχοντα, αποτελέσματα σε επίπεδο ημέρας).

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εργασίας σε πίνακες, συνολικά αλλά και ανά ασθενή, παραθέτονται συγκεντρωτικές αναφορές κατάστασης ασθενούς και περιγράφεται ο τρόπος που αυτές ερμηνεύονται.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 5 συνοψίζονται τα συμπεράσματα από την ολοκλήρωση της εργασίας, καθώς και οι μελλοντικοί στόχοι.

Κεφάλαιο 1 : Νόσος του Πάρκινσον

Η νόσος του Πάρκινσον (Parkinson's disease) ταλανίζει τους ανθρώπους εδώ και εκατοντάδες χρόνια. Οι ερευνητές παρά τη μεγάλη πρόοδο των επιστημών δεν έχουν καταφέρει να εντοπίσουν με ακρίβεια την αιτία της νόσου αλλά ούτε και να παράξουν κάποια φαρμακευτική αγωγή που τουλάχιστον να αναστέλλει αν όχι να σταματά την εξέλιξη της νόσου.

1.1 Ορισμός

Αν και ο Κλαύδιος Γαληνός (129μΧ, Πέργαμος-199μΧ, Ρώμη) ήταν ο πρώτος που το 175μ.Χ. περιέγραψε τη νόσο σαν “Τρομώδη Παράλυση” [1], στην επίσημη νοσολογία εντάχθηκε το 1817 από τον γιατρό James Parkinson (1755-1824) [2], ο οποίος αφού εξέτασε τη μελέτη του Γαληνού “Περί Χρείας των εν ανθρώπου σώματι Μορίων”, την περιέγραψε στην έκθεση του με τίτλο «Δοκίμιο στην τρομώδη παράλυση» («Essay on the shaking palsy») [3]. Η νόσος του Πάρκινσον είναι μια προοδευτικά εξελισσόμενη νευροεκφυλιστική ασθένεια στην οποία τα νευρικά κύτταρα του εγκεφάλου εκφυλίζονται και χάνουν τη λειτουργικότητά τους. Είναι η

δεύτερη πιο συχνή νευροεκφυλιστική νόσος μετά την νόσο του Αλτσχάιμερ (Alzheimer's disease) και αποτελεί μια ιδιοπαθή ασθένεια του νευρικού συστήματος. Χαρακτηρίζεται από κινητικές αλλά και μη κινητικές επιπλοκές. Εμφανίζεται κυρίως σε άτομα που έχουν περάσει το 50^ο έτος της ηλικίας τους, χωρίς να αποκλείεται η εμφάνιση περιστατικών και σε νεαρότερες ηλικίες [4]. Η ασθένεια προσβάλλει κυρίως τα νευρικά κύτταρα που βρίσκονται σε μια περιοχή του εγκεφάλου που ονομάζεται μέλαινα ουσία και που ελέγχουν τις εκούσιες κινήσεις του εγκεφάλου. Οι κινήσεις του σώματος σε ένα υγιές άτομο ελέγχονται με την επικοινωνία μεταξύ των νευρικών κυττάρων μέσω ενός νευροδιαβιβαστή, της ντοπαμίνης. Σε όσους πάσχουν από την ασθένεια του Πάρκινσον υπάρχει έλλειψη ντοπαμίνης στον εγκέφαλο, κάτι που αρχικά διαπιστώθηκε σε νεκρούς ασθενών στις αρχές της δεκαετίας του 1960, με αποτέλεσμα να ανακόπτονται τα νευρικά σήματα και να δημιουργούνται προβλήματα στον έλεγχο των κινήσεων [5].

Όταν ο βαθμός της εκφύλισης των ντοπαμινεργικών κυττάρων της μέλαινας ουσίας φτάσει το 60% εμφανίζονται τα πρώτα κλινικά συμπτώματα [6]. Κυρίως σχετίζονται με την κίνηση, όπως τρόμος, βραδυκινησία, δυσκαμψία, κύφωση, απώλεια στατικού ελέγχου, ανέκφραστο προσωπείο (Μόνιμα θλιμμένη έκφραση χωρίς ο ασθενής να είναι συναισθηματικά φορτισμένος) [7]. Επιπλέον εμφανίζονται και μη κινητικά συμπτώματα, όπως διαταραχές στην όσφρηση και τον ύπνο, κατάθλιψη, άγχος, δυσκοιλιότητα, ζάλη, σιελόρροια, απώλεια βάρους, σεξουαλικές διαταραχές, κόπωση, ψευδαισθήσεις, παραισθήσεις και έκπτωση των νοητικών λειτουργιών, σε μεγαλύτερες όμως ηλικίες [8]. Τα μη κινητικά συμπτώματα μπορεί να εμφανιστούν αρκετά χρόνια πριν τα κινητικά. Το χρονικό διάστημα που μπορεί να εξελίσσεται η νόσος είναι από 2 έως 30 χρόνια, με αποτέλεσμα τη σοβαρή ανικανότητα και το θάνατο [9]. Αξιοσημείωτο είναι ότι η νόσος δεν εμφανίζεται μόνο σε ανθρώπους αλλά και σε άλλα πρωτεύοντα θηλαστικά τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί σε έρευνες για τη νόσο [10, 11].

Το 1997 με πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Εταιρίας για τη Νόσο του Πάρκινσον (EDPA) και την υποστήριξη του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO) καθιερώθηκε σαν Παγκόσμια Ημέρα κατά της ασθένειας του Πάρκινσον η 11η Απριλίου, ημερομηνία γέννησης του James Parkinson. Την ίδια χρονιά εκδόθηκε η Ευρωπαϊκή Κοινή Διακήρυξη για τα Πρότυπα Φροντίδας στη νόσο του Πάρκινσον [12]. Στην Ελλάδα το Μάιο του 2017 το Υπουργείο Υγείας προχώρησε σε ανασύσταση της Επιτροπής για την παρακολούθηση της φαρμακευτικής δαπάνης, την ολοκλήρωση των διαγνωστικών/θεραπευτικών πρωτοκόλλων και τη δημιουργία

μητρώων ασθενών, στοχεύοντας στην ανάπτυξη κλινικών πρωτοκόλλων, τα οποία σε συνδυασμό με τα πληροφοριακά συστήματα θα οδηγήσουν στη δημιουργία Μητρώου Χρόνιων Παθήσεων, μετά από εισηγήσεις των επιστημονικών ομάδων εργασίας, μία από τις οποίες αφορά τη νόσο του Πάρκινσον [13].

1.2 Αιτιοπαθογένεια

Σε μελέτες που έχουν γίνει παρατηρήθηκε ότι το σημαντικότερο πρόβλημα στη νόσο του Πάρκινσον είναι η απώλεια των νευρώνων, που περιέχουν τη μελανίνη, σχηματίζουν τη μέλαινα ουσία και βρίσκονται στο μεσεγκέφαλο. Οι προαναφερόμενοι νευρώνες παράγουν τη ντοπαμίνη, ένα νευροδιαβιβαστή που χρησιμοποιείται από τα νευρικά κύτταρα για να επικοινωνούν μεταξύ τους. Η ντοπαμίνη μεταφέρεται μέσω των απολήξεων των νευρώνων στο τμήμα του εγκεφάλου που ονομάζεται ραβδωτό σώμα και συνδέεται με τους υποδοχείς. Το ραβδωτό σώμα και η μέλαινα ουσία αποτελούν μέρη των βασικών γαγγλίων, του συστήματος εκείνου που συνδέεται με τη ρύθμιση της κινητικότητας. Η καταστροφή των νευρώνων της μέλαινας ουσίας και των νευρικών τους απολήξεων διακόπτει τη μετάδοση σήματος με τη ντοπαμίνη, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η λειτουργία της κίνησης [14].

Αν και η αιτία της νόσου παραμένει αδιευκρίνιστη, υπάρχουν κάποιοι κληρονομικοί, γενετικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν εκφύλιση στους ντοπαμινεργικούς νευρώνες και οδηγούν στον χαρακτηρισμό της νόσου σαν πολυπαραγοντική με γονιδιο-περιβαλλοντική προέλευση [15].

1.2.1 Ηλικία

Η νόσος του Πάρκινσον αποδεδειγμένα είναι μια από της πιο συχνές αναπηρίες στους ηλικιωμένους. Μια βλαπτική επίδραση στη μέλαινα ουσία, σε συνδυασμό με τη φθορά των κυττάρων που οφείλεται στη γήρανση, οδηγεί στην εμφάνιση και επιδείνωση των συμπτωμάτων της ασθένειας κυρίως μετά την ηλικία των 60 ετών.

1.2.2 Κληρονομικότητα και γενετικοί παράγοντες

Ήδη από τις αρχές του περασμένου αιώνα ήταν πολλοί οι ερευνητές που ασχολήθηκαν με τη συμβολή των γενετικών παραγόντων στη νόσου του Πάρκινσον. Το 1890 ο Charcot αμφισβήτησε την κληρονομικότητα της νόσου. Αντίθετα, το 1958 ο Kurland συμπέρανε ότι η γενετική προδιάθεση ευθύνεται για ένα μεγάλο μέρος των ιδιοπαθών περιπτώσεων της ασθένειας. Το 1984 ο Duvoisin στήριξε την άποψη του Charcot ισχυριζόμενος ότι ο ρόλος της γενετικής προδιάθεσης είναι αμελητέος. Από τις πιο σημαντικές μελέτες ήταν αυτές που έγιναν σε διδύμους, από τους οποίους ο ένας ήταν ασθενής. Στην πρώτη έρευνα, που διεξήχθη το 1983, το δείγμα αποτελούταν από 43 ζεύγη μονογενών και 19 διωγενών διδύμων. Συμφωνία για τη νόσο διαγνώστηκε μόνο σε ένα ζεύγος μονογενών ενώ σε ένα δεύτερο διαγνώστηκε πιθανότητα. Η δεύτερη έλαβε χώρα το 1988 στη Φιλανδία μεταξύ 41 ζευγών διδύμων και βρέθηκε μόνο ένα διωγενές ζεύγος με πάσχοντα και τα δύο αδέρφια. Από τα παραπάνω προέκυψε ότι η εκδήλωση της νόσου και στα δύο αδέρφια ήταν σπάνια και έτσι αποκλείστηκε η συσχέτιση με γονιδιακούς παράγοντες.

Οι παραπάνω έρευνες βασίστηκαν στην κλινική εικόνα και όχι σε εξέταση παθολογοανατομικών αλλοιώσεων στον εγκέφαλο. Πιο πρόσφατες μελέτες που έγιναν με τη χρήση τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων με χρήση Flurodopa, οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι πρώιμες βλάβες μπορούν να ανιχνευθούν σε συγγενείς ασθενών [16]. Εκτιμάται ότι για τη νόσο ευθύνεται κάποιος γενετικός παράγοντας μόνο για το 20% με 30% [17]. Μόνο το 10% της εμφάνισης της νόσου είναι κληρονομική, ενώ οι υπόλοιπες περιπτώσεις αφορούν σποραδική μορφή [18].

1.2.3 Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Το 1983 τέσσερις (4) ασθενείς που έπασχαν από μία ασθένεια με παρόμοια συμπτώματα με εκείνα της νόσου του Πάρκινσον ανταποκρίθηκαν θετικά στη μοναδική και παροδική θεραπεία της νόσου, στην αγωγή με λεβοντόπα. Οι άνθρωποι αυτοί πριν νοσήσουν είχαν έρθει σε επαφή με την τοξίνη MPTP. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε την αφορμή για έρευνα πάνω σε τοξικο-περιβαλλοντικούς παράγοντες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν την ανάπτυξη της ασθένειας [19]. Μελέτες που έγιναν τη δεκαετία του 90 ενοχοποιούν την αγροτική ζωή ως αυξημένο παράγοντα για την εμφάνιση της νόσου και πιο συγκεκριμένα την άμεση, μέσω της επαφής με

το δέρμα, αλλά και την έμμεση, με τη χρήση νερού από μολυσμένο υδροφόρο ορίζοντα, επαφή με φυτοφάρμακα όπως τα Rotenone και Paraquat που αποτελούν τοξικούς παράγοντες για τα κύτταρα της μέλαινας ουσίας. Πρόσφατα δεδομένα δείχνουν ότι η χρήση Rotenone προκαλεί επιλεκτική βλάβη των ντοπαμινεργικών νευρώνων από το ραβδωτό σώμα έως την μέλαινα ουσία [20].

Ακόμη ένας παράγοντας που ενοχοποιείται, είναι η άνω των 20 ετών συνεχής έκθεση σε συγκεκριμένα μέταλλα όπως ο χαλκός, ο σίδηρος, το αλουμίνιο, ο υδράργυρος όπως επίσης και σε συνδυασμούς των παραπάνω [21]. Επιπλέον έχει παρατηρηθεί ότι η μόλυνση με τον ιό της ληθαργικής εγκεφαλίτιδας συχνά προηγούνταν του παρκινσονισμού στην πανδημία που ξέσπασε τα τέλη του 1910, γι' αυτό και θεωρήθηκε σαν μια πιθανή μολυσματική προέλευση του παρκινσονισμού. Άλλες μολυσματικές ασθένειες που πιστεύεται πως σχετίζονται με τη νόσο του Πάρκινσον είναι το AIDS, η Ιαπωνική ή τύπου Β εγκεφαλίτιδα και ο έρπης [19]. Τέλος, αυξημένη συχνότητα της νόσου έχει παρατηρηθεί σε εργάτες ορυχείων, εργάτες μετάλλου, γιατρούς, δασκάλους και ξυλοκόπους, πιθανότατα λόγω της έκθεσής τους σε περιβαλλοντικές τοξίνες [21].

1.3 Συμπτώματα

Τα κλινικά συμπτώματα της νόσου χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τους τύπους της νόσου, στα βασικά παρκινσονικά συμπτώματα, στις δευτερογενείς διαταραχές της νόσου και στα δευτερογενή παρκινσονικά σύνδρομα από πρωτοπαθείς βλάβες του εγκεφάλου. Για να μπορεί ένας ασθενής να διαγνωστεί με τη νόσο του Πάρκινσον θα πρέπει να εμφανίζει τουλάχιστον δύο από τα βασικά παρκινσονικά συμπτώματα [22].



Εικόνα 1.1 : Τυπική εμφάνιση της νόσου του Πάρκινσον

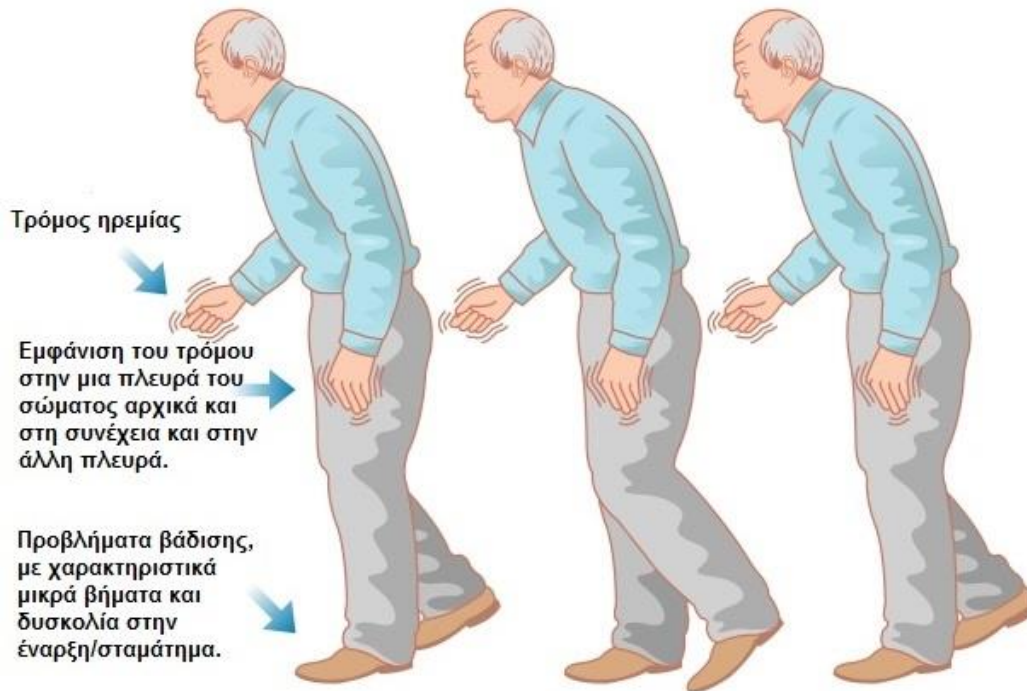
1.3.1 Βασικά Παρκινσονικά Συμπτώματα

Τα βασικά Παρκινσονικά συμπτώματα περιλαμβάνουν τον τρόμο ηρεμίας, την ακινησία και βραδυκινησία, τη μυϊκή δυσκαμψία και τις διαταραχές της στάσης και της βόδισης.

Ο τρόμος ηρεμίας είναι το πιο συνηθισμένο σύμπτωμα και αυτό που τις περισσότερες φορές γίνεται πρώτα αντιληπτό από τον ασθενή και τον οδηγεί στο γιατρό. Χαρακτηρίζεται από παλινδρομικές κινήσεις όταν ο ασθενής βρίσκεται σε ηρεμία, επιτείνονται με την προσπάθεια και τη συναισθηματική φόρτιση, και σταματούν όταν ο ασθενής κοιμάται ή κάνει εκούσιες κινήσεις [23]. Αρχικά εμφανίζεται στα άκρα, αλλά μπορεί να εμφανιστεί και στην κάτω γνάθο, τα χείλη και τη γλώσσα. Στις περισσότερες περιπτώσεις διατηρεί μια υπεροχή στην πλευρά που πρωτοεμφανίστηκε. Σε προχωρημένα στάδια μπορεί να προσβάλλει την άρθρωση του καρπού και του αντιβραχίου [22].

Επόμενο σύμπτωμα είναι η ακινησία και βραδυκινησία. Παρόλο που αναφέρονται μαζί, οι δύο όροι διαχωρίζονται, αφού σαν ακινησία ορίζεται η αδυναμία να αρχίσει μία κίνηση ή η τάση που έχει μία ηθελημένη κίνηση να σταματήσει ακουσίως, ενώ σαν βραδυκινησία η βραδύτητα της κίνησης. Η ακινησία είναι συνέπεια της μυϊκής αδυναμίας και χαρακτηριστικό της δυσκαμψίας. Πρόκειται για ένα ψυχοκινητικό φαινόμενο στο οποίο ο ασθενής δίνει την αίσθηση πως έχει παγώσει, αφού δεν δείχνει πρωτοβουλία και αυθορμητισμό στις κινήσεις του [22]. Η βραδυκινησία είναι το πιο κοινό σύμπτωμα της νόσου του Πάρκινσον, μαζί με τον τρόμο, αλλά λόγω του ότι μπορεί να παρατηρηθεί και σε άλλες διαταραχές, θα πρέπει να συνοδεύεται και από τρόμο ή δυσκαμψία προκειμένου ο γιατρός να οδηγηθεί σε διάγνωση της νόσου. Συνεπάγεται δυσκολίες στον προγραμματισμό, την έναρξη και την εκτέλεση κινήσεων, την εκτέλεση διαδοχικών και παράλληλων εργασιών, και των κινήσεων του προσώπου [23]. Αποτέλεσμα αυτών είναι η δυσκολία την εκτέλεσης καθημερινών λειτουργιών, όπως το κούμπωμα ενός ρούχου, η κοπή τροφίμων ή το βούρτσισμα των δοντιών. Όπως και με άλλα παρκινσονικά συμπτώματα, η βραδυκινησία εξαρτάται από τη συναισθηματική κατάσταση του ασθενούς. Πολλές φορές ακινητοποιημένοι ασθενείς που βιώνουν ένα συναισθηματικό στρες παρουσιάζουν βελτίωση στην κίνηση και είναι σε θέση να περπατήσουν, ακόμη και να τρέξουν. Δυστυχώς το φαινόμενο αυτό, που ονομάζεται *kinesia paradoxica*, είναι παροδικό και ο ασθενής επανέρχεται στην πρότερη κατάσταση [24].

Το σύμπτωμα κατά το οποίο οι μύες γίνονται σφιχτοί και άκαμπτοι ονομάζεται δυσκαμψία. Ο ασθενής την αντιλαμβάνεται σαν αίσθημα σκληρότητας των μυών και δυσκολίας χαλάρωσης των άκρων. Αυτό συμβαίνει λόγω της αύξησης του μυϊκού τόνου στους εκτείνοντες και καμπτήρες μυς, που μπορεί να επηρεάσει όλες τις μυϊκές ομάδες του κορμού και η οποία γίνεται εύκολα αντιληπτή όταν τα άκρα κινούνται παθητικά γύρω από την άρθρωση. Δηλαδή, ενώ μια κίνηση φαίνεται να είναι σε παύση, παρόλα αυτά μια στοιχειώδης κίνηση αποδίδεται επαρκώς από τους μυς, και στη συνέχεια επανέρχεται σε παύση. Για παράδειγμα, ένας ασθενής μπορεί να προσπαθήσει να ανοίξει ένα μπουκάλι, γνωρίζοντας την αργή ανταπόκριση των μυών και χωρίς να είναι σε θέση να επιταχύνει την κίνηση, το αποτέλεσμα όμως είναι να ανοίγει το μπουκάλι [25].



Εικόνα 1.2 : Χαρακτηριστικά των κινητικών συμπτωμάτων

Χαρακτηριστική είναι η στάση του σώματος που αποκτά ένας παρκινσονικός ασθενής, που οφείλεται στο σύμπτωμα των διαταραχών της στάσης και της βάρδισης. Προσδίδουν στο νοσούντα μια εικόνα κύρτωσης του κορμού και κάμψης του κεφαλιού, σαν να κυνηγά το κέντρο βάρους του. Στην αρχή εκδηλώνονται με διαταραγμένη αιώρηση των χεριών κατά τη βάρδιση. Στη συνέχεια ο ασθενής δυσκολεύεται να ξεκινήσει. Μετά την εκκίνηση, τα βήματά του είναι μικρά και αργά. Σε πολλές περιπτώσεις ακουσίως επιταχύνεται το βάρδιση (Παράδοξη κινητικότητα) με κίνδυνο πρόσκρουσης στα αντικείμενα που συναντάει. Ακόμη, σε προχωρημένα στάδια διαταράσσεται η ισορροπία λόγω της απώλειας των διορθωτικών αντανακλαστικών στάσης, με αποτέλεσμα πολλές φορές να οδηγείται σε πτώση. Τέλος, μπορεί να εμφανιστούν επεισόδια “μαρμάρωσης” (freezing), μια διαταραχή γνωστή και ως *mono bloc*, διαφορετική από την ακινησία και τη βραδυκινησία, κατά την οποία διακόπτεται η κίνηση για λίγα δευτερόλεπτα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι όταν κάποιος θέλει να καθίσει σε μία πολυθρόνα και πέφτει μονοκόμματα [22].

1.3.2 Δευτερογενείς διαταραχές της νόσου

Οι δευτερογενείς διαταραχές της νόσου καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών από νοητικές και ψυχικές διαταραχές μέχρι δερματολογικά προβλήματα και μυοσκελετικές ανωμαλίες. Είναι πολύ συχνές και εμφανίζονται σε όλους τους ασθενείς.

Ένας συνδυασμός από αυτές οδηγούν στη χαρακτηριστική εικόνα του προσωπείου. Ο ασθενής, λόγω της σπαστικότητας των προσωπικών μυών, αποκτά ανέκφραστο πρόσωπο και επίμονο βλέμμα, μιας και τα βλέφαρα δεν ανοιγοκλείνουν εύκολα. Η ένταση της φωνής είναι χαμηλή, η ομιλία μονότονη και συχνά επαναλαμβάνεται η πρώτη συλλαβή. Παρατηρείται σιελόρροια και δυσκολία στην κατάποση, γνωστή και ως δυσφαγία, η οποία μπορεί να προκαλέσει πνιγμό από τρόφιμα και υγρά και μπορεί ακόμη και να οδηγήσει σε εισρόφηση [23]. Τέλος, στις διαταραχές που αφορούν το πρόσωπο, πρέπει να αναφέρουμε τη μειωμένη οσφρητική ικανότητα που αφορά το 80% - 90% των ασθενών, ποσοστό αρκετά μεγαλύτερο από αυτό του τρόμου [26]. Συχνά παρατηρούνται μυοσκελετικές ανωμαλίες, όπως παραμορφώσεις σε χέρια και πόδια, με απόκλιση των φαλάγγων προς τα έξω με κάμψη των μετακαρποφαλλαγικών αρθρώσεων, και έκταση του μεγάλου δακτύλου [22]. Εμφανίζεται προοδευτική κύρτωση της σπονδυλικής στήλης, που οδηγεί σε κάμψη του κορμού. Τα άκρα μπορεί να είναι οιδηματώδη λόγω της βραδυκινησίας και του μειωμένου αγγειακού τόνου. Απόρροια των παραπάνω είναι η εμφάνιση άλγων και αισθητικών διαταραχών, όπως μυϊκές κράμπες, δυστονία, αρθραλγίες, αιμωδίες, αίσθημα καύσου κ.α..

Μια ακόμη υποκατηγορία των δευτερογενών διαταραχών που αφορούν τους παρκινσονικούς ασθενείς είναι οι ψυχικές διαταραχές. Πρόκειται για νοητικές διαταραχές, συναισθηματικές, ψυχωσικά φαινόμενα και διαταραχές συμπεριφοράς [27]. Οι νοητικές διαταραχές είναι συνήθεις, από ήπιες επιλεκτικές μέχρι άνοια. Επιβραδύνεται η σκέψη, η λεκτική ευφράδεια και η λειτουργία της μνήμης. Ακόμη εμφανίζονται συναισθηματικές διαταραχές όπως κατάθλιψη, άγχος και μανία. Τα ψυχωσικά φαινόμενα δεν είναι σπάνια, με το 50% των ασθενών να βιώνει ψευδαισθήσεις και με το περισσότερο από το 30% να εμφανίζει παραληρήματα [27]. Παρουσιάζονται διαταραχές συμπεριφοράς όπως διαταραχές ελέγχου των παρορμήσεων, επαναλαμβανόμενες συμπεριφορές και απάθεια. Τέλος, στις δευτερογενείς διαταραχές της νόσου θα πρέπει να αναφέρουμε τις διαταραχές του ύπνου, τις διαταραχές του αυτόνομου συστήματος και τις σεξουαλικές διαταραχές [8].

1.3.3 Δευτερογενή παρκινσονικά σύνδρομα από πρωτοπαθείς βλάβες του εγκεφάλου

Τα σύνδρομα αυτά δεν οφείλονται σε νευροεκφυλιστική ασθένεια, αλλά προκαλούνται από αγγειακές βλάβες του εγκεφάλου, υδροκέφαλο, όγκους και συγκεκριμένη φαρμακευτική αγωγή (π.χ. μετοκλοπραμίδη). Ο ασθενής εμφανίζει κάποια από τα συμπτώματα της νόσου, η φυσιοπαθολογία των οποίων δεν είναι πλήρως κατανοητή. Όταν πρόκειται για αγγειακές βλάβες του εγκεφάλου και υδροκέφαλο τα συμπτώματα διατηρούνται, ενώ στην περίπτωση του όγκου υποχωρούν μετά την αφαίρεσή του, όπως και σε αυτή της φαρμακευτικής αγωγής με τη διακοπή της.

1.4 Διάγνωση

Η διάγνωση της νόσου του Πάρκινσον βασίζεται στην κλινική εικόνα και δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί από αιματολογικές ή διαγνωστικές εξετάσεις. Ο ασθενής θα πρέπει να εμφανίζει δύο από τα βασικά συμπτώματα, με το πρώτο να είναι είτε βραδυκινησία, είτε τρόμος ηρεμίας. Σε κάποιες περιπτώσεις δεν αναγνωρίζονται τα πρώιμα σημεία της νόσου, όπως το μειωμένο κλείσιμο του βραχίονα, η δυσκαμψία των άκρων και η μειωμένη έκφραση προσώπου, με αποτέλεσμα να καθυστερήσει η διάγνωση. Θα πρέπει να ληφθεί ένα λεπτομερές ιστορικό προκειμένου να διαχωριστεί από άλλες ασθένειες που προκαλούν δευτερογενή παρκινσονισμό. Δευτερογενή παρκινσονισμό έχουμε όταν η εμφάνιση των παρκινσονικών συμπτωμάτων δεν οφείλεται στη νόσο του Πάρκινσον αλλά υπάρχουν κάποιες κλινικές καταστάσεις που οδηγούν σε μίμησή τους, χωρίς όμως να υπάρχει ιδιοπαθής βλάβη των ντοπαμινεργικών νευρώνων.

Ένα ευρύ φάσμα κλινικών καταστάσεων συσχετίζεται με παρκινσονικά συμπτώματα, όπως η κρανιοεγκεφαλική κάκωση, η χρήση φαρμάκων (όπως τα αντιψυχωτικά και η μετοκλοπραμίδη και που μπορεί να ευθύνονται έως και για το 20% των περιπτώσεων παρκινσονισμού), η εγκεφαλική βλάβη (όπως ο υδροκέφαλος, το υποσκληρίδιο αιμάτωμα ή ένας όγκος), οι μεταβολικές διαταραχές (όπως ο υποθυρεοειδισμός, η ηπατική και νεφρική ανεπάρκεια και διαταραχές στο μεταβολισμό του ασβεστίου), κάποιες τοξίνες (όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, ο υδράργυρος, το μαγγάνιο, τα κυανικά άλατα, ο διθειούχος άνθρακας και η μεθανόλη), αλλά και λοιμώξεις (όπως η ληθαργική εγκεφαλίτιδα, η τοξοπλάσμωση, η νευροσύφιλη και το AIDS) [28].

1.5 Κλίμακες αξιολόγησης

Η διάγνωση αλλά και η εκτίμηση της σοβαρότητας της κατάστασης ενός ασθενούς με νόσο του Πάρκινσον είναι δύσκολη, γιατί θα πρέπει να γίνει αναγνώριση και αξιολόγηση πλήθους συμπτωμάτων. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι κινητικές εκδηλώσεις, οι μη κινητικές, η θεραπευτική τους απάντηση στις θεραπείες, οι επιπτώσεις των φαρμάκων καθώς και η λειτουργικότητα των ασθενών [29]. Πολλές είναι οι κλίμακες που προσφέρουν είτε δυνατότητα αξιολόγησης της γενικής κατάστασης του ασθενούς, είτε εκτίμησης συγκεκριμένων συμπτωμάτων. Στη συνέχεια θα δούμε τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες.

Η Ενιαία Κλίμακα Αξιολόγησης της Νόσου του Πάρκινσον (Unified Parkinson's Disease Rating Scale - UPDRS) θεωρείται το σημαντικότερο μέσο γενικής αξιολόγησης των Παρκινσονικών ασθενών και έχει αντικατασταθεί από τη βελτιωμένη μορφή της, την κλίμακα MDS-UPDRS [29]. Περιλαμβάνει 4 υποομάδες, τις μη κινητικές δραστηριότητες, τις κινητικές δραστηριότητες και τις επιπλοκές της θεραπείας, δεδομένα για τις οποίες λαμβάνονται από τους ασθενείς ή τους ανθρώπους που βρίσκονται κοντά τους, και την αξιολόγηση κινητικότητας για την οποία πρέπει να γίνει νευρολογική εξέταση. Η βαθμολογία εκφράζεται από το 0 έως το 4 για κάθε υποκατηγορία, και η συνολική βαθμολογία κυμαίνεται από 0 έως 199, με το 0 να δείχνει απουσία της νόσου και το 199 καθολική αναπηρία [30].

Μια ακόμη κλίμακα αξιολόγησης είναι η τροποποιημένη κλίμακα Hoehn and Yahr. Βασίζεται στις κινητικές εκδηλώσεις και μερικώς στο βαθμό λειτουργικότητας του ασθενούς. Είναι η πιο διαδεδομένη και περιλαμβάνει τα στάδια 0 έως 5, στα οποία προστέθηκαν και τα ενδιάμεσα στάδια 1,5 και 2,5 με την τροποποίησή της. Τα στάδια 1 έως 2 δείχνουν ελαφριά μορφή της νόσου, τα 2,5 και 3 μέτρια, και τα 4 και 5 προχωρημένη [31].

Η κλίμακα Schwab and England των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής (ADL) αξιολογεί τον βαθμό λειτουργικότητας του ασθενούς, σύμφωνα με τις απαντήσεις του ίδιου ή των φροντιστών του. Κυμαίνεται από 0% έως 100% και όσο μειώνεται το ποσοστό της κλίμακας, μειώνεται και ο βαθμός ανεξαρτησίας του ασθενούς [32].

Επιπλέον, υπάρχουν κλίμακες που εξειδικεύονται σε σύμπτωμα. Στο βάδισμα για παράδειγμα βρίσκουμε τις PIGB, Berg Balance Scale, Mini-BESTest, Functional Gait Assessment Freezing of Gait Questionnaire, Falls Efficacy Scale κ.ά.. Μπορούμε να αξιολογήσουμε τις επιπλοκές της θεραπείας με ειδικά ερωτηματολόγια, όπως τα Wearing-Off Questionnaires. Για την ολιστική

αξιολόγηση των μη κινητικών συμπτωμάτων μπορεί να γίνει χρήση της κλίμακας Non Motor Symptom Scale (NMSS) και του ερωτηματολογίου Non Motor Symptom Questionnaire (NMSQuest). Άλλες κλίμακες είναι οι κλίμακες αξιολόγησης της κατάθλιψης, διαταραχών του αυτονόμου, της κόπωσης, των γνωσιακών λειτουργιών κ.λ.π. [29].

Τέλος οι κλίμακες αξιολόγησης της ποιότητας ζωής, όπως η PDQ-39, κατέχουν σημαντική θέση και δίνουν την εικόνα της νόσου από τη σκοπιά του αρρώστου [29].

1.6 Εξελικτική πορεία της νόσου

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η πιο διαδεδομένη από τις κλίμακες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της πορείας της νόσου και τον καθορισμό αυτής στο ανάλογο στάδιο, είναι η κλίμακα Hoehn και Yahr. Οι απόψεις των ειδικών δίστανται για το αν τα στάδια είναι τέσσερα ή πέντε, με το πρώτο να περιλαμβάνει τα πιο ήπια συμπτώματα και το τελευταίο τα πιο βαριά. Η νόσος δεν εξελίσσεται απαραίτητα μέχρι το στάδιο τέσσερα ή πέντε και αν αυτό συμβεί συνήθως είναι μετά από αρκετά χρόνια, εκτός και αν πρόκειται για ειδικό τύπο παρκινσονικού συνδρόμου ή αν είναι ταχείας εξέλιξης [25]. Σύμφωνα με τον H. Braak η νόσος εξελίσσεται και σε ένα έκτο στάδιο [33].

- Στο πρώτο στάδιο τα συμπτώματα εμφανίζονται ξαφνικά και απότομα, και εκδηλώνονται με σταδιακό τρέμουλο στα άνω άκρα (συνήθως στη μία πλευρά) και με δυσκαμψία ελαφράς μορφής των άνω ή κάτω άκρων, και ειδικότερα των ακριανών τμημάτων [25]. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να εμφανιστεί και έλλειψη ισορροπίας.
- Στο δεύτερο στάδιο παρουσιάζονται τρέμουλο και δυσκαμψία και στις δύο πλευρές του σώματος, αλλά χωρίς σημαντική διαταραχή στη βάδιση και την ισορροπία [25]. Μπορεί να εμφανιστούν κάποια προβλήματα κατάποσης και ενδεχομένως δυσκολία κινήσεων του προσώπου.
- Στο τρίτο στάδιο η επιβράδυνση των κινήσεων είναι έντονη, ο ασθενής αποκτά ανέκφραστο προσωπείο και η συχνότητα ανοιγοκλεισίματος των βλεφάρων μειώνεται [25]. Παρότι είναι ακόμα λειτουργικά ανεξάρτητος, εμφανίζει δυσκολία στη διατήρηση της ισορροπίας.

- Στο τέταρτο στάδιο το σώμα του ασθενούς γίνεται δύσκαμπτο, τα άνω άκρα κρέμονται ακίνητα στα πλάγια, στο βάδισμα χρειάζεται βοήθεια και γίνεται με σύρσιμο των ποδιών. Ο λόγος επιβραδύνεται, η ομιλία γίνεται μονότονη και η κατάποση δύσκολη.
- Στο πέμπτο στάδιο ο ασθενής είτε χρειάζεται αναπηρική καρέκλα, είτε είναι κληνήρης.

Στα αρχικά στάδια της νόσου τα συμπτώματα μπορεί να εξαφανιστούν για ένα χρονικό διάστημα, που ονομάζεται περίοδος του μέλιτος, για να επανεμφανιστούν στην πορεία. Τα συμπτώματα εξελίσσονται για ένα χρονικό διάστημα από πέντε μέχρι δέκα χρόνια και συνήθως χρειάζονται δέκα με είκοσι χρόνια για επέλθει πλήρης ανικανότητα [34].

1.7 Επιδημιολογικά - στατιστικά στοιχεία

Σύμφωνα με το Ίδρυμα Parkinson, περίπου 60.000 το χρόνο είναι οι νέοι ασθενείς στις ΗΠΑ. Μέχρι το 2020 οι νοσούντες θα είναι σχεδόν ένα εκατομμύριο και θα ξεπερνάνε σε αριθμό συνολικά τους ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας, μυϊκή δυστροφία και νόσο του Lou Gehrig (ή πλάγια αμυοτροφική σκλήρυνση (ALS)). Σε παγκόσμιο επίπεδο περισσότεροι από 10 εκατομμύρια είναι εκείνοι που ζουν με τη νόσο του Πάρκινσον. Παρότι η συχνότητα της νόσου αυξάνεται με την ηλικία, εκτιμάται ότι το 4% των ασθενών θα διαγνωσθεί πριν την ηλικία των 50 ετών. Επιπλέον, οι άνδρες είναι 1,5 φορές πιο πιθανό να εμφανίσουν νόσο του Πάρκινσον από ό,τι οι γυναίκες. Τέλος, υπολογίζεται ότι το άμεσο και έμμεσο κόστος της νόσου του Πάρκινσον, συμπεριλαμβανομένης της θεραπείας, των πληρωμών κοινωνικής ασφάλισης και των απωλεσθέντων εσόδων, εκτιμάται ότι είναι σχεδόν 25 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες, αφού μόνο τα φάρμακα κοστίζουν κατά μέσο όρο 2.500 δολάρια ετησίως και η θεραπευτική εγχείρηση μπορεί να κοστίσει έως και 100.000 δολάρια ανά άτομο [35].

Κατά τα έτη 2011 έως 2015 στην Ευρώπη, σύμφωνα με τη Eurostat, οι θάνατοι από τη νόσο του Πάρκινσον ήταν 188.343 (55% άνδρες και 45% γυναίκες) που αποτελεί το 19,99% των θανάτων από νοσήματα του νευρικού συστήματος. Το 98% των θανάτων αφορούν ηλικίες πάνω από 65 έτη. Τις τρεις πρώτες θέσεις σε ποσοστό θανάτων από τη νόσο του Πάρκινσον καταλαμβάνουν οι Ισλανδία (1,52%), Μάλτα (1,23%) και Φιλανδία (1,21%), ενώ τις τρεις τελευταίες θέσεις οι Λετονία (0,15%), Ρουμανία (0,20%) και Σλοβακία (0,22%) [36].

Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή, το 2013 εξήλθαν από τα ελληνικά νοσοκομεία με διάγνωση της νόσου του Πάρκινσον 1.053 ασθενείς [37]. Τα έτη 2014 έως 2016 στην Ελλάδα υπήρξαν 3.425 συνολικά θάνατοι από τη νόσο του Πάρκινσον, που αντιστοιχούν στο 39,27% των θανάτων από νοσήματα του νευρικού συστήματος κατά τα ίδια έτη. Από αυτούς το 52,67% ήταν άνδρες και το 47,33 γυναίκες. Όλοι αφορούσαν σε ηλικίες από 50 και πάνω έτη, με το 86,60% των θανάτων να αφορούν ηλικίες πάνω από τα 75 έτη [38].

1.8 Θεραπεία

Δυστυχώς μέχρι σήμερα δεν υπάρχει επιβεβαιωμένη θεραπεία που να επιβραδύνει, να αναστέλλει ή να αναστρέφει την εξέλιξη της νόσου του Πάρκινσον, αλλά όλες οι διαθέσιμες θεραπείες αφορούν στον έλεγχο των συμπτωμάτων [25].

Στα αρχικά στάδια της νόσου η φαρμακοθεραπεία αποβλέπει στη βελτίωση της κινητικής συμπτωματολογίας και στην καθυστέρηση της εμφάνισης κινητικών παρενεργειών. Απαιτείται χρόνος και υπομονή για τον καθορισμό του κατάλληλου φαρμάκου και της δόσης που ταιριάζει στον κάθε ασθενή. Η νόσος του Πάρκινσον μεταβάλλεται και γι' αυτό απαιτείται συχνή αξιολόγησή της και πιθανή προσαρμογή της φαρμακευτικής αγωγής [13].

Σε προχωρημένα στάδια της νόσου επιλέγεται σαν θεραπεία η χειρουργική παρέμβαση. Η κατεξοχήν μη φαρμακευτική αγωγή είναι ο εν τω βάθει ερεθισμός. Πρόκειται για ένα συνδυασμό νευροχειρουργικής και νευροφυσιολογικής εφαρμογής σε ασθενείς που μετά από χρόνια λήψης φαρμακευτικής αγωγής δεν μπορούν πλέον να επιτύχουν ποιότητα ζωής [39]. Έρευνες γίνονται σχετικά με μία ακόμη χειρουργική θεραπεία, τη μεταμόσχευση βλαστικών κυττάρων [40].

Οι παρκινσονικοί ασθενείς συχνά παρουσιάζουν περισσότερες από μία ψυχιατρικές διαταραχές, κάτι που κάνει την ψυχοθεραπεία πολύπλοκη. Αρχικά αξιολογείται η συνεισφορά της κάθε κατάστασης, κινητικής, νοητικής και συναισθηματικής στην κλινική εικόνα. Στη συνέχεια εξετάζεται κατά πόσο η αντιπαρκινσονική αγωγή και οι παρενέργειες των ψυχοτρόπων φαρμάκων επιδρούν στη νοητική κατάσταση και επιλέγεται η κατάλληλη θεραπεία. Όπως και σε κάθε θεραπεία που αφορά τη νόσο του Πάρκινσον θα πρέπει να γίνεται συχνά επανέλεγχος του ασθενούς και πιθανά επαναπροσδιορισμός της θεραπείας [27]. Σύμφωνα με τον Πανελλήνιο

Σύλλογο Φυσικοθεραπευτών (χ.χ.) η άσκηση μπορεί να επιδράσει στην παθοφυσιολογία και στην κλινική εικόνα της Νόσου. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι η εκτέλεση προγράμματος ασκήσεων μέτριας έντασης μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα και το μεταβολισμό της ντοπαμίνης, και να οδηγήσει στην καθυστέρηση της εξέλιξης της νόσου και τον περιορισμό των συμπτωμάτων της [41]. Τέλος, ένα πρόγραμμα εργοθεραπείας μπορεί να περιλαμβάνει κινησιοθεραπεία αλλά και εκπαίδευση σε δραστηριότητες της καθημερινής ζωής. Σε σοβαρές περιπτώσεις μπορεί να γίνει εκπαίδευση του ασθενούς, σε συνεργασία με λογοθεραπευτή, σχετικά με την ομιλία [25].

Κεφάλαιο 2: Φορητές και Φορέσιμες συσκευές για την Αξιολόγηση Κινητικών Συμπτωμάτων της νόσου του Πάρκινσον

Ένα νέο πεδίο τεχνολογίας που ονομάζεται φορέσιμες συσκευές (wearable devices), δίνει τη δυνατότητα συλλογής πραγματικής πληροφορίας κίνησης από τους ασθενείς, με απώτερο σκοπό την αντικειμενική αποτίμηση της κατάστασης του αρρώστου, την κατανόηση της νόσου, τη χορήγηση κατάλληλης εξατομικευμένης θεραπείας και τον εντοπισμό των ερευνητών στις ανάγκες των νοσούντων.

Αν και οι φορέσιμες συσκευές εφευρέθηκαν τη δεκαετία του 1970 και έχουν απασχολήσει για πολλές δεκαετίες τους ερευνητές, μόλις τα τελευταία χρόνια είναι σε θέση να χρησιμοποιηθούν στην καθημερινότητα [42]. Αυτό συμβαίνει για τρεις λόγους :

1. Οι σημερινές φορέσιμες συσκευές είναι σημαντικά μικρότερες από εκείνες στο παρελθόν επιτρέποντας στους ασθενείς να τις κουβαλούν εύκολα και επομένως διευκολύνεται η συλλογή πληροφοριών.

2. Η συλλογή και ανάλυση του πολύ μεγάλου όγκου δεδομένων και πληροφοριών, που είναι σε θέση να συλλέξουν οι φορέσιμες συσκευές, γίνεται εύκολα λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας των υπολογιστών και της εμφάνισης των Μεγάλων Δεδομένων.
3. Το κόστος έχει μειωθεί αρκετά σε σχέση με εκείνο των συσκευών που χρησιμοποιούνταν για συλλογή πληροφοριών στο παρελθόν. Συνεπακόλουθα η πρόσβαση στις φορέσιμες συσκευές είναι πιο εύκολη.

Στη Νόσο του Πάρκινσον η πιθανή χρήση φορέσιμων συσκευών περιλαμβάνει :

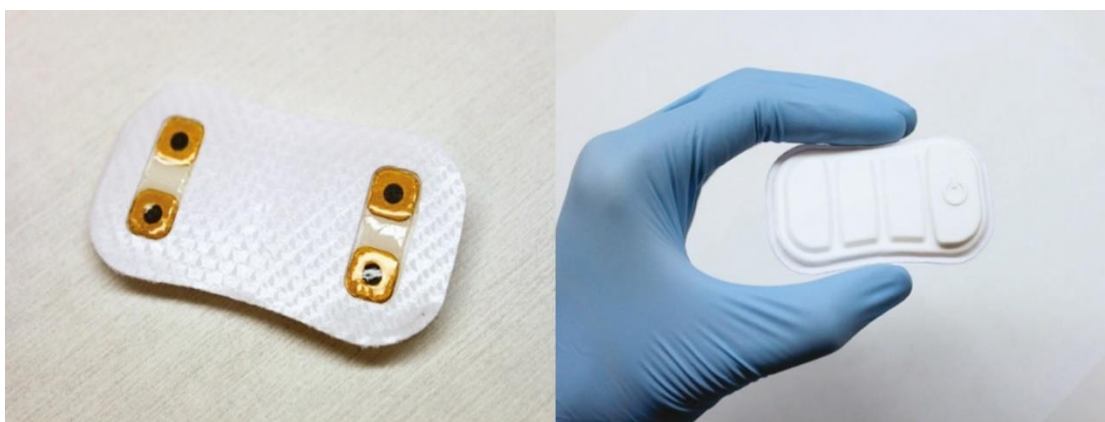
1. Την αύξηση της συνεργασίας μεταξύ των μελών της ομάδας.
2. Τη μείωση των περιορισμών που σχετίζονται με το χρόνο και την απόσταση στην επικοινωνία μεταξύ των ασθενών και των επαγγελματιών υγείας.
3. Την συνεχή παρακολούθηση της εξέλιξης των ασθενών.

Στη συνέχεια θα δούμε κάποιες έρευνες που έχουν γίνει με τη χρήση φορέσιμων συσκευών για τη νόσο του Πάρκινσον, και πως μπορούν να συμβάλλουν θετικά στην αντιμετώπιση της νόσου.

2.1 Έρευνες που βασίζονται σε παθητική συλλογή δεδομένων

Μια ομάδα αποτελούμενη από τον Boroojerdia και τους συνεργάτες του, δημοσίευσε τον Απρίλιο του 2019 μια πιλοτική μελέτη αξιολόγησης της ακρίβειας του φορητού βιοαισθητήρα NIMBLE για την καταγραφή των κινήσεων του σώματος σε κλινικές και οικιακά περιβάλλοντα, συγκρινόμενη με την κλινική μέτρηση των κινητικών συμπτωμάτων [43]. Πρόκειται για έναν αισθητήρα που περιέχει ένα επιταχυνσιόμετρο και έναν ηλεκτρομυογραφικό αισθητήρα, και καταγράφει φυσιολογικά δεδομένα. Μπορεί να μετρήσει και να καταγράψει πρότυπα κίνησης και μυϊκής δραστηριότητας και να μεταδώσει ασύρματα αυτήν την πληροφορία σε smartphone ή tablet, αλλά και σε διακομιστή cloud. Η μελέτη διεξήχθη σε 2 μέρη και οι συμμετέχοντες ήταν ενήλικες παρκινσονικοί ασθενείς που ανήκαν στα στάδια 2 και 3, σύμφωνα με την κλίμακα Hoehn and Yahr, και λάμβαναν σταθερή δόση λεβοντόπας πάνω από 200 mg για τουλάχιστον 4 εβδομάδες πριν από την συμμετοχή τους στη μελέτη. Κατά το πρώτο μέρος, αξιολογήθηκε η ικανότητα του αισθητήρα για την ακριβή καταγραφή κίνησης σε διάφορα μέρη του σώματος κατά την κλίμακα MDS-UPDRS αφού τοποθετήθηκαν έως και 10 επιθέματα σε διάφορα μέρη του σώματος του ασθενούς. Το δεύτερο μέρος είχε διάρκεια 3 ημερών, κατά τις οποίες οι

ασθενείς έφεραν 4 επιθέματα. Τις δύο πρώτες παρέμειναν στην κλινική, ενώ την τελευταία βρίσκονταν στο σπίτι. Οι συμμετέχοντες χρησιμοποίησαν μια εφαρμογή ημερολογίου, αντί για έντυπο ημερολόγιο, στην οποία αποθηκεύθηκαν δεδομένα για τη λήψη φαρμάκων, ύπνου και συμπτωμάτων Πάρκινσον. Ένας αλγόριθμος υπολόγισε τη βαρύτητα των κινητικών συμπτωμάτων, χρησιμοποιώντας δεδομένα από τους αισθητήρες των επιθεμάτων ενώ τα κινητικά συμπτώματα αξιολογήθηκαν επίσης στην κλινική από τους νευρολόγους των ασθενών που παρατήρησαν τα στοιχεία που εκείνοι έδωσαν.



Εικόνα 2.1 : Φορητός βιοαισθητήρας NIMBLE

Από το παραπάνω πείραμα προέκυψε ότι η τεχνολογία του επιθέματος NIMBLE αποδείχθηκε ικανή για τη μέτρηση της σοβαρότητας των κινητικών συμπτωμάτων του Πάρκινσον. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες θεώρησαν ότι το επίθεμα είναι εύκολο, ασφαλές και καλά ανεκτό στη χρήση και οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν αποτελούν πολύτιμο εργαλείο για τη διαχείριση των συμπτωμάτων του Πάρκινσον.

Ανάλογη κλινική δοκιμή διεξήχθη σε ασθενείς με Πάρκινσον από τον Kim και τους συνεργάτες του στην κλινική νευρολογίας του Εθνικού Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου της Σεούλ, κατά την οποία χρησιμοποιήθηκε μια φορέσιμη συσκευή καρπού εξοπλισμένη με επιταχυνσιόμετρο και γυροσκόπιο και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αναλύθηκαν για τη διαφοροποίηση της σοβαρότητας των συμπτωμάτων τρόμου, κάνοντας χρήση ενός συστήματος που βασίζεται σε ένα συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο (CNN) [44]. Τα σήματα τρόμου μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας μια προσαρμοσμένη φορητή συσκευή, που περιλαμβάνει ένα κύριο σύστημα

που φοριέται στον καρπό και έναν αισθητήρα που φοριέται στο δάχτυλο και συνδέεται στη μονάδα καρπού. Και στα δύο τοποθετήθηκαν ένα επιταχυνσιόμετρο και ένα γυροσκόπιο για την καταγραφή δεδομένων, τα οποία μεταδόθηκαν σε φορητό υπολογιστή μέσω Bluetooth. Στόχος ήταν να προβλεφθεί η κλινική εικόνα του ασθενούς συγκρίνοντας τα σήματα από τον καρπό με εκείνα από το δάχτυλο, προσδοκώντας σε αξιόπιστα αποτελέσματα. Τα πειράματα καταγράφηκαν με βιντεοκάμερα FHD για μετα-πειραματική αναφορά και η βιντεοσκοπήση δόθηκε σε επαγγελματίες νευρολόγους που αξιολόγησαν τη σοβαρότητα του τρόμου και στα δύο χέρια σύμφωνα με το πρότυπο UPDRS. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον καρπό χρησιμοποιήθηκαν για ανάλυση και αφού αφαιρέθηκε ο θόρυβος, τα σήματα μετατράπηκαν σε περιοχή συχνοτήτων χρησιμοποιώντας μετασχηματισμό Fast Fourier. Στη συνέχεια τα έξι σήματα από το τρισδιάστατο επιταχυνσιόμετρο και το γυροσκόπιο χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή μιας δισδιάστατης εικόνας για την εκπαίδευση του δικτύου, και το μοντέλο συνελκτικού νευρωνικού δικτύου εκπαιδεύτηκε με την περιστροφή εικόνων σήματος τρόμου με πυρήνες. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική του νευρωνικού δικτύου συγκρίθηκε με αλγορίθμους μηχανικής εκμάθησης και βρέθηκε να τους ξεπερνά.



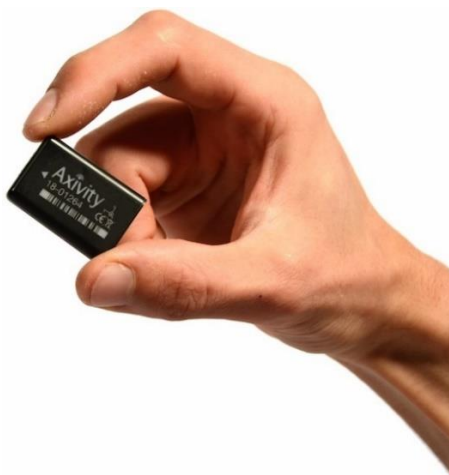
Εικόνα 2.2 : Η φορέσιμη συσκευή που αναπτύχθηκε για τη μελέτη

Το συμπέρασμα που εξήχθη είναι ότι η παραπάνω μέθοδος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην καθημερινή ζωή για ακριβή παρακολούθηση των συμπτωμάτων τρόμου του Πάρκινσον.

Στο Διεθνές Συνέδριο για τη Συνδεδεμένη Υγεία: Εφαρμογές, Συστήματα και Μηχανικές Τεχνολογίες (CHASE) 2017, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα μιας μελέτης του Cheng και των συνεργατών του που βασίστηκε στην παθητική παρακολούθηση του βηματισμού και της κινητικότητας ασθενών με Πάρκινσον με τη χρήση έξυπνου κινητού [45]. Για την έρευνα επιλέχθηκαν ασθενείς με Πάρκινσον αλλά και υγιή άτομα που μετέφεραν το έξυπνο κινητό τους τηλέφωνο ως μέρος της καθημερινής τους ρουτίνας, ενώ οι αισθητήρες κατέγραφαν συνεχώς δεδομένα κίνησης. Συνολικά, συγκεντρώθηκαν πάνω από 30.000 ώρες δεδομένων παθητικής παρακολούθησης. Μετά τη συλλογή τους, τα δεδομένα του επιταχυνσιόμετρου υπέστησαν φιλτράρισμα όπου η τυπική απόκλιση του ευκλείδιου κανόνα ήταν μικρότερη από $0,03 \text{ m/s}^2$ για περισσότερο από 30 λεπτά, καθώς θεωρήθηκε ότι κατά τη διάρκεια αυτών των διαστημάτων οι συμμετέχοντες δεν κουβαλούσαν τις συσκευές, πράγμα που οδήγησε σε μείωση των δεδομένων παθητικής παρακολούθησης κατά 14%. Στη συνέχεια, για να ταξινομηθεί το σήμα του αισθητήρα σε προφίλ δραστηριότητας, δημιουργήθηκε ένα μοντέλο αναγνώρισης ανθρώπινης δραστηριότητας (HAR) χρησιμοποιώντας βαθιά νευρωνικά δίκτυα (DNN) εκπαιδευμένα σε δεδομένα που είχαν ήδη δημοσιευτεί. Το μοντέλο HAR εκπαιδεύτηκε σε δύο σύνολα δεδομένων για να ταξινομήσει έξι δραστηριότητες : περπάτημα, σκάλες, τζόκινγκ, καθιστή, όρθια και ξαπλωμένη στάση. Τα συνεχή δεδομένα του επιταχυνσιόμετρου υποβλήθηκαν σε δειγματοληψία στα 20Hz και χωρίστηκαν σε παράθυρα 4 δευτερολέπτων με 75% αλληλεπικάλυψη. Με την ολοκλήρωση της παραπάνω έρευνας, διασφαλίστηκε ότι το συγκεκριμένο μοντέλο HAR είναι σε θέση να μεταφράσει με ακρίβεια τα δεδομένα των αισθητήρων σε προφίλ δραστηριότητας, αφού μπόρεσε να διακρίνει σωστά τις δραστηριότητες βάδισης από τις στάσιμες δραστηριότητες με ακρίβεια περισσότερο από 98%.

Ο Fisher και οι συνεργάτες του δημοσιεύσε τον Σεπτέμβριο του 2016 μια μελέτη που σκοπό είχε την οικιακή παρακολούθηση των κινητικών συμπτωμάτων παρκινσονικών ασθενών με τη χρήση φορέσιμων επιταχυνσιόμετρων και την ανάπτυξη ενός νέου συστήματος ανίχνευσης της κατάστασης της νόσου που ενημερώνεται από αλγόριθμους βάσει δεδομένων που συλλέγονται σε ένα οικιακό περιβάλλον [46]. Στην έρευνα συμμετείχαν ενήλικες παρκινσονικοί ασθενείς που επιλέχθηκαν από το Ίδρυμα Northumbria Healthcare NHS και ανήκαν στα στάδια 1 και 4 σύμφωνα με την κλίμακα Hoehn and Yahr, χωρίς σημαντική νοητική εξασθένηση και λάμβαναν λεβοντόπα άμεσης αποδέσμευσης. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν τη μελέτη ήταν Axivity AX-3. Πρόκειται για ένα αδιάβροχο, τρι-αξονικό επιταχυνσιόμετρο συνδεδεμένο

μέσω ενός ρυθμιζόμενου ιμάντα Velcro, με συνολικό βάρος 35g, που είναι σε θέση να ανιχνεύει για 12 συνεχόμενες ημέρες χωρίς να χρειάζεται επαναφόρτιση. Η μελέτη διεξήχθη σε δύο φάσεις και οι συμμετέχοντες φορούσαν έναν αισθητήρα σε κάθε καρπό στη διάρκεια και των δύο. Κατά την πρώτη φάση οι ασθενείς επισκέφθηκαν τη Μονάδα Κλινικής Γήρανσης του Πανεπιστημίου του Newcastle (CARU), όπου φόρεσαν τους αισθητήρες και τους διατήρησαν συνεχόμενα για ένα διάστημα τεσσάρων ωρών αφού είχαν ήδη πάρει τη θεραπεία που λάμβαναν για το Πάρκινσον και έτσι βρίσκονταν σε κατάσταση “off”. Κατά την παραμονή τους στην κλινική, τους επιτράπη να μετακινούνται ελεύθερα και να ακολουθούν καθημερινές δραστηριότητες. Όλοι οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε πλήρη αξιολόγηση MDS-UPDRS που επαναλάμβαναν κάθε ώρα. Αυτή καταγραφόταν σε βίντεο και στη συνέχεια γινόταν επανεξέταση από άλλο μέλος της ερευνητικής ομάδας. Κατά τη δεύτερη φάση που είχε διάρκεια 7 ημέρες, οι συμμετέχοντες φορούσαν τους αισθητήρες συνεχώς στο σπίτι για μία εβδομάδα, ενώ ακολουθούσαν τις συνηθισμένες καθημερινές τους δραστηριότητες. Επιπλέον κάθε ώρα συμπλήρωναν ημερολόγιο συμπτωμάτων, κυρίως για την κατάσταση "on", "off", δυσκινησίας ή ύπνου.



Εικόνα 2.3 : Αισθητήρας Axivity AX-3

Στη συνέχεια αναπτύχθηκε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο (ANN) για την πρόβλεψη της κατάστασης της νόσου με βάση τα δεδομένα του επιταχυνσιόμετρου που προέρχονται από το σπίτι. Χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση leave-one-out, η απόδοση του τεχνητού νευρωνικού δικτύου αξιολογήθηκε έναντι των ημερολογίων συμπτωμάτων που συμπληρώθηκαν από τους

ασθενείς και έναντι της βαθμολογίας του κλινικού για την κατάσταση της νόσου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι η ανίχνευση δυσκινησίας ήταν εξαιρετικά υψηλή τόσο στο κλινικό περιβάλλον όσο και για δεδομένα που προέρχονται από το σπίτι. Και στις δύο περιπτώσεις η ανίχνευση της κατάστασης on/off δεν ήταν η βέλτιστη. Τέλος οι τιμές που προέκυψαν από το τεχνητό νευρωνικό δίκτυο των αναλογιών του χρόνου σε κάθε κατάσταση της νόσου έδειξαν να συσχετίζονται σημαντικά με τα ημερολόγια συμπτωμάτων που συμπληρώθηκαν από τους ασθενείς.

Η ομάδα του Anantharam και των συνεργατών του από το Εργαστήριο Επιστήμης και Μηχανικής Υπολογιστών KNO.E.SIS του Πανεπιστημίου Wright State στο Οχάιο των Ηνωμένων Πολιτειών, δημοσίευσε μια έρευνα σχετικά με την πρόβλεψη της εξέλιξης της νόσου του Πάρκινσον με δεδομένα που συλλέχθηκαν από έξυπνο κινητό τηλέφωνο [47]. Οι συμμετέχοντες είτε ήταν ασθενείς με Πάρκινσον, είτε ανήκαν στην ομάδα ελέγχου. Ως στόχοι τέθηκαν η διάκριση μεταξύ των ασθενών με Πάρκινσον και των συμμετεχόντων στην ομάδα ελέγχου, ο χαρακτηρισμός της εξέλιξης της κατάστασης των ασθενών, καθώς και η μετατροπή της εκτίμησης κινδύνου σε πληροφορίες με δυνατότητα δράσης. Προκειμένου να επιλεγεί ο κατάλληλος αισθητήρας, κάθε σύμπτωμα και η πιθανή έκδηλώσή του αντιστοιχίστηκαν με τη μορφή παρατηρήσεων αισθητήρων ώστε να μπορεί να επιβεβαιωθεί με τη χρήση μιας οντολογίας δικτύου σημασιολογικών αισθητήρων (SSN XG). Θεωρήθηκε ότι το επιταχυνσιόμετρο και η πυξίδα είναι οι πιο δύο σημαντικοί αισθητήρες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό των συμπτωμάτων του Πάρκινσον, ενώ ο αισθητήρας ήχου λειτουργεί συμπληρωματικά με άλλους. Μετά την αντιστοίχιση των συμπτωμάτων και των πιθανών εκδηλώσεων με τις παρατηρήσεις αισθητήρων, αναλύθηκε το σύνολο δεδομένων για την επαλήθευσή τους. Συνοψίστηκαν διάφορα χαρακτηριστικά ανά άτομο, με την προσδοκία να οδηγήσουν στη διάκριση μεταξύ παρκινσονικών ασθενών και συμμετεχόντων στην ομάδα ελέγχου. Προκειμένου να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία ανίχνευσης των συμπτωμάτων του Πάρκινσον χρησιμοποιήθηκαν οι επαληθευμένες δυνατότητες σε ενσωματωμένους ταξινομητές. Οι ταξινομητές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι Naive Bayes, Bayes Net, J.48 Decision Tree, Random Forest, Random Tree και Logistic Regression. Για την περιγραφή των συμπτωμάτων χρησιμοποιήθηκαν τιμές από τις x , y και z διαστάσεις που λήφθηκαν από το κινητό τηλέφωνο. Κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ταξινόμησης παρατηρήθηκε ότι οι ταξινομητές που αξιοποιούν συσχετίσεις μεταξύ των παρατηρήσεων των αισθητήρων, έχουν

καλύτερη απόδοση όσον αφορά την ακρίβεια της ταξινόμησης. Ερευνήθηκαν 7 διαφορετικά μοντέλα ταξινόμησης με δέκα φορές πολλαπλή επικύρωση (10-fold cross validation), χρησιμοποιώντας την εφαρμογή Weka για διάφορους αλγόριθμους ταξινόμησης. Λόγω των περιορισμένων πόρων, το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε αφορούσε τους μισούς συμμετέχοντες, με τους 5 να είναι ασθενείς και τους 3 να ανήκουν στην ομάδα ελέγχου. Η μεγαλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων προέκυψε από τον ταξινομητή Logistic Regression και ήταν 80%.

2.2 Έρευνες που βασίζονται σε ενεργητική συλλογή δεδομένων

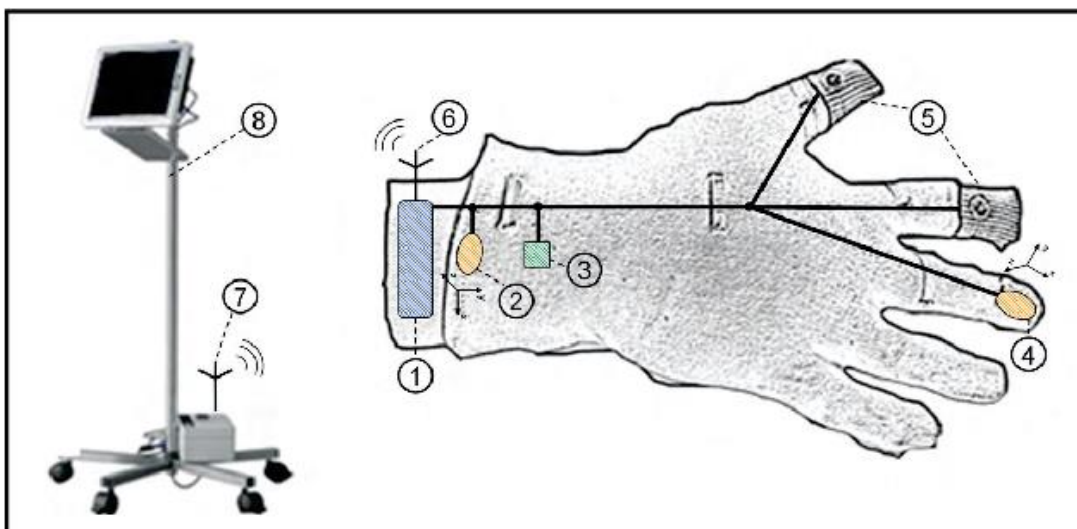
Μια μελέτη της ερευνητικής ομάδας του Ιακωβάκη και των συνεργατών του, της Μονάδας Επεξεργασίας Σήματος και Βιοϊατρικής Τεχνολογίας του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κατά την οποία καταγράφηκαν και αναλύθηκαν δεδομένα πληκτρολόγησης σε οθόνη αφής έξυπνου κινητού τηλεφώνου έγινε με σκοπό τον διαχωρισμό παρκισονικών ασθενών από υγιή άτομα. Τα δεδομένα σχετίζονται με τον ρυθμό πληκτρολόγησης και την πίεση που ασκείται κατά το πάτημα των πλήκτρων [48]. Η μελέτη διενεργήθηκε σε συνεργασία με τη Γ' Νευρολογική Κλινική του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και συμμετείχαν ασθενείς που ανήκαν σε πρώιμο στάδιο της νόσου και υγιείς συμμετέχοντες, από τους οποίους ζητήθηκε να πληκτρολογήσουν σύντομα αποσπάσματα κειμένου σε οθόνη αφής κινητού τηλεφώνου, με χρήση ειδικού πληκτρολογίου που αναπτύχθηκε από την ερευνητική ομάδα για τη «σιωπηρή» καταγραφή των δεδομένων που ενδιαφέρουν. Οι ερευνητές αξιοποιώντας τα στατιστικά χαρακτηριστικά που εξήχθησαν από τα δεδομένα πληκτρολόγησης και τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης κατάφεραν να διαχωρίσουν τους ασθενείς από τα υγιή άτομα με ακρίβεια 82%. Τα αποτελέσματα έδειξαν συσχέτιση των χαρακτηριστικών της πληκτρολόγησης με κινητικά συμπτώματα της ασθένειας τα οποία επηρεάζουν τις κινήσεις των δακτύλων κατά τη διάρκεια της πληκτρολόγησης, αλλά και τον ρυθμό και την πίεση που ασκείται κατά το πάτημα των πλήκτρων. Από τη μελέτη προέκυψε ότι η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να εξελιχθεί σε ένα μη παρεμβατικό εργαλείο για την έγκαιρη ανίχνευση των σχετικών συμπτωμάτων της νόσου μέσα από τη συνηθισμένη διάδραση των χρηστών με κινητά τηλέφωνα. Επόμενος στόχος της ομάδας είναι η επαλήθευση των ευρημάτων της μέχρι τώρα μελέτης και η επέκταση της μεθόδου με δεδομένα που θα προέλθουν από την καθημερινότητα των χρηστών. Για το επόμενο

αυτό βήμα προτίθενται να χρησιμοποιήσουν το σύνολο δεδομένων που συλλέχθηκε μέσω μέσω της εφαρμογής iPrognosis. Αφορά ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων τόσο σε αριθμό, όσο και σε εύρος αφού περιέχει δεδομένα συμμετεχόντων από πολλές ευρωπαϊκές χώρες (Γερμανία, Πορτογαλία, Μ. Βρετανία, Ισπανία, Αυστρία) μεταξύ των οποίων βρίσκεται και η Ελλάδα.

Μία ακόμη έρευνα, αυτή τη φορά από την ομάδα του Aroga και των συνεργατών του επιχείρησε να δώσει λύση στην ανάγκη για αξιόπιστη, οικονομική και απομακρυσμένη διάγνωση της νόσου του Πάρκινσον [51]. Σε αυτή συμμετείχαν ασθενείς του Πάρκινσον και ισάριθμοι συμμετέχοντες που ήταν σύζυγοι, φροντιστές, συγγενείς ή συνεργάτες ενός ατόμου με Πάρκινσον, χωρίς οι ίδιοι να έχουν καμία γνωστή νευρολογική διαταραχή. Σε όλους τους συμμετέχοντες δόθηκε από ένα κινητό τηλέφωνο LG Optimus S με λειτουργικό Android και εγκατεστημένη εφαρμογή που αναπτύχθηκε από την ομάδα, μαζί με οδηγίες χρήσης της εφαρμογής και μεταφόρτωσης των δεδομένων μέσω Wi-Fi σε μια ασφαλή βάση. Επίσης συλλέχθηκαν δημογραφικές πληροφορίες, ιατρικό ιστορικό και μια τρέχουσα λίστα φαρμάκων. Επιπρόσθετα εξετάστηκαν για να διαπιστωθεί η κλίμακα της UPDRS που ανήκουν στο μέρος της κίνησης και συμπληρώθηκε το ερωτηματολόγιο Parkinson Disease 39 (PDQ-39). Στη συνέχεια το λογισμικό παρότρυνε τους χρήστες να πραγματοποιούν σύντομες δοκιμές, που αφορούσαν στη φωνή, στη στάση, στη βαδίσση, στις επαναλήψεις και στο χρόνο αντίδρασης, ενώ ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να διεξάγουν τις παραπάνω εξετάσεις τέσσερις φορές ημερησίως λίγο πριν από την πρωινή δόση λεβοντόπας, 1 ώρα αργότερα, το μεσημέρι και πριν τον ύπνο. Οι ειδικοί πραγματοποιούσαν μια απομακρυσμένη αξιολόγηση της τροποποιημένης κλίμακας UPDRS μέσω τηλεδιάσκεψης μία φορά την εβδομάδα, για 4 εβδομάδες περίπου την ίδια ώρα κάθε εβδομάδα. Ο τρόπος αξιολογήθηκε με την εξέταση των επαναλήψεων του δακτύλου. Χτυπώντας ο ασθενής με το δάχτυλό του την οθόνη, καταγράφηκε η θέση των εικονοστοιχείων της οθόνης (x, y συντεταγμένες) και η ώρα του αγγίγματος. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο ταξινομητής random forest, μια ισχυρή τεχνική στατιστικής μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιείται συνήθως για τον διαχωρισμό των γενικών δεδομένων σε πολλές διαφορετικές κατηγορίες, επιδιώκοντας τον διαχωρισμό των ασθενών και την πρόβλεψη της κλίμακας UPDRS, αποκλειστικά βάσει των καταγραφών του κινητού τηλεφώνου. Για την αντιστοίχιση των μετρήσεων σε UPDRS, εξήχθησαν οι τιμές UPDRS που αντιστοιχούν σε κάθε συνοπτική μέτρηση χρησιμοποιώντας γραμμική παρεμβολή. Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν στατιστικές αναλύσεις των πέντε εργασιών που καταγράφηκαν χρησιμοποιώντας το έξυπνο

κινητό τηλέφωνο, με σκοπό τη διάκριση μεταξύ ασθενή Πάρκινσον ή όχι και την πρόβλεψη της κλίμακας UPDRS ως προς το κομμάτι της κίνησης. Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Matlab. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες χρησιμοποίησαν την εφαρμογή στο σύνολο της διάρκειας της έρευνας, χωρίς όμως να τηρήσουν τον αριθμό των επαναλήψεων, αλλά παρόλα αυτά κατέστη δυνατή η διάκριση των ασθενών του Πάρκινσον.

Στο Συμπόσιο Computer-Based Medical Systems του 2011, παρουσιάστηκε από τον Niazmand και τους συνεργάτες του μια προσέγγιση ποσοτικής αξιολόγησης της νόσου του Πάρκινσον με τη χρήση ενός ασύρματου φορητού συστήματος αισθητήρα για την αξιολόγηση της σοβαρότητας της κινητικής δυσλειτουργίας στο Πάρκινσον, ενσωματωμένο σε ένα έξυπνο γάντι [50]. Αναγνωρίζοντας ότι μια συσκευή μέτρησης που πλένεται θα ήταν άνετη στη χρήση, την τοποθέτηση και την καταγραφή δεδομένων εκτός εργαστηρίου, αλλά και το γεγονός ότι οι ασθενείς μπορούν να κινηθούν χωρίς περιορισμούς κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, αναπτύχθηκε το γάντι με βάση το MiMed-Pullover, ενός έξυπνου ρούχου με ενσωματωμένους αισθητήρες επιτάχυνσης και αλγόριθμους για την ανίχνευση διαταραχών κίνησης. Το γάντι διαθέτει δύο αισθητήρες αφής, δύο τρισδιάστατα επιταχυνσιόμετρα και έναν αισθητήρα δύναμης για την εκτίμηση των κινητικών συμπτωμάτων του Πάρκινσον της βραδυκινησίας, του τρόμου και της ακαμψίας του χεριού και του βραχίονα. Το σύστημα λειτουργεί με μπαταρία και τα δεδομένα του αισθητήρα αποθηκεύονται σε μια ενσωματωμένη μονάδα αποθήκευσης. Η επικοινωνία μεταξύ του γαντιού και του σταθμού βάσης γίνεται ασύρματα. Επιπλέον δημιουργήθηκε μια εφαρμογή για τη διαχείριση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων αισθητήρα, που επιτυγχάνει ασύρματη επικοινωνία με το γάντι, αποθήκευση των δεδομένων του αισθητήρα, εξαγωγή των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και ανάλυση δεδομένων για τη σωστή εκτίμηση των συμπτωμάτων του Πάρκινσον.



Εικόνα 2.4 : Σύστημα μέτρησης

Το σύστημα αποτελείται από ένα γάντι με μονάδα ελέγχου και μετάδοσης (1), μονάδα δέκτη (7) και έναν υπολογιστή (8) για αποθήκευση και ανάλυση των δεδομένων. Οι δύο αισθητήρες του γαντιού είναι ενσωματωμένοι στο μεσαίο δάχτυλο (4) και στο ραχιαίο καρπό (2) για την αξιολόγηση του τρόμου. Ένας αισθητήρας δύναμης (3) μετρά τις ενδείξεις ακαμψίας και οι δύο αισθητήρες αφής βρίσκονται στον αντίχειρα και στο δείκτη (5) για να ανιχνεύουν τη βραδυκίνηση. Τα δεδομένα των αισθητήρων που λαμβάνονται από το γάντι αποθηκεύονται σε κάρτα MicroSD ή αποστέλλονται ασύρματα στον υπολογιστή (6). Οι αλγόριθμοι για την εκτίμηση των συμπτωμάτων του Πάρκινσον εκτελούνται στον υπολογιστή. Για την αξιολόγηση του τρόμου προσαρμόστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ο αλγόριθμος και η διεπαφή χρήστη του έξυπνου πουλόβερ. Πέντε άτομα από τα οποία το ένα υγιές και τα άλλα 4 παρκινσονικοί ασθενείς ακολούθησαν δύο ενέργειες κίνησης με διάρκεια 15 δευτερολέπτων η κάθε μία. Πρώτα διατήρησαν τα χέρια και τα μπράτσα σε ηρεμία και στη συνέχεια τα τέντωσαν. Κατά τη διάρκεια της πρώτης υπολογίστηκε ο τρόμος ανάπαυσης ενώ κατά τη δεύτερη ο τρόμος του χεριού. Οι τιμές επιτάχυνσης ήταν η βάση για την αξιολόγηση του τρόμου. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τη διάγνωση του γιατρού, με την οποία διαπιστώθηκε συμφωνία 100% με τον αλγόριθμο στην ανάλυση ευαισθησίας και 83% στην ανάλυση ειδικότητας.

2.3 Έρευνες κατά τις οποίες αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν πλαφόρμες και εφαρμογές

Μια προσπάθεια διαχωρισμού του τρόμου της νόσου του Πάρκινσον από τον ιδιοπαθή τρόπο με τη χρήση κινητής συσκευής, έγινε από τον Woods και τους συνεργάτες του [51]. Οι δύο διαταραχές έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά τρόμου, γεγονός που καθιστά δύσκολη τη διαφοροποίηση με βάση τη συχνότητα και το πλάτος αυτού. Αναπτύχθηκε μια εφαρμογή για έξυπνο κινητό τηλέφωνο, που σκοπό είχε να δώσει λύση στο παραπάνω πρόβλημα, λαμβάνοντας υπόψη την δυσκολία πρόσβασης των ανθρώπων που ζουν σε αγροτικές ή απομακρυσμένες περιοχές σε επαγγελματίες υγείας. Στόχος ήταν να αποτελέσει ένα εργαλείο ανεξάρτητο από εταιρείες κινητής τηλεφωνίας ή πρόσβαση στο διαδίκτυο, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αυτόνομη συσκευή. Η συχνότητα και το πλάτος του τρόμου μπορούν να αλλάξουν ανάλογα με την κατάσταση της υγείας, την ψυχική υγεία και τα επίπεδα άγχους, και επίσης ποικίλλουν από άτομο σε άτομο. Αυτή η μεταβλητότητα σε βασικές πτυχές του τρόμου καθιστά δύσκολη την ακριβή ταξινόμηση που βασίζεται αποκλειστικά στα δεδομένα του επιταχυνσιόμετρο. Στη μελέτη συμμετείχαν παρκινσονικοί ασθενείς και ασθενείς με ιδιοπαθή τρόπο, με μέση ηλικία 65 και 74,7 έτη αντίστοιχα. Κάθε ασθενής αξιολογήθηκε με βάση την κλίμακα UPDRS, ολοκλήρωσε ένα ερωτηματολόγιο πρακτικής ικανότητας και παρείχε ένα σύντομο ιατρικό ιστορικό. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από έξυπνο κινητό τηλέφωνο HTC με ψηφιακό επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων και εγκατεστημένη την εφαρμογή που αναπτύχθηκε για την έρευνα. Οι συμμετέχοντες επαναλάμβαναν 6 διαφορετικές διαδικασίες για κάθε χέρι, αφού το είχαν απομακρύνει από το σώμα τους, για την αποφυγή επιπλέον θορύβου. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί διακριτούς μετασχηματισμούς κύματος και υποστηρίζει μηχανές διανυσμάτων για διάκριση μεταξύ παρκινσονικού και ιδιοπαθή τρόμου. Από τη μελέτη αποδεικνύεται ότι μια νέα μέθοδος που χρησιμοποιεί την επίδραση της προσοχής και της απόσπασης της προσοχής κατά την καταγραφή του τρόμου, είναι ικανή να διαχωρίσει το είδος αυτού και να ταξινομήσει τους ασθενείς.

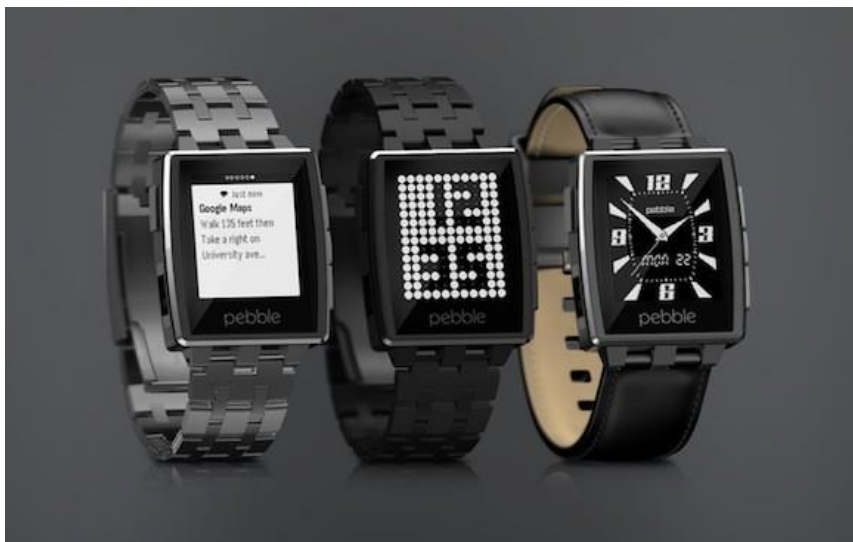
Ο Stamate και οι συνεργάτες του δοκίμασαν μια εφαρμογή κινητού τηλεφώνου, την cloudUPDRS, για την ενεργητική συλλογή δεδομένων. Το σύστημα αυτό βασίζεται στην κλίμακα αξιολόγησης UPDRS και σε ερωτηματολόγιο ασθενών, και ενσωματώνει μια υπηρεσία διαχείρισης δεδομένων και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων που βασίζεται σε σύννεφο (Cloud),

για τη δημιουργία αντικειμενικών και αξιόπιστων αξιολογήσεων μέτρησης του τρόμου [52]. Για να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα πριν τη χρήση της εφαρμογής, πραγματοποιήθηκαν εκτενείς συνεντεύξεις με κλινικούς, ειδικούς τεχνολόγους, ασθενείς και φροντιστές, στη συνέχεια έγινε μια διαδικτυακή έρευνα, και τέλος διοργανώθηκαν τρεις συναντήσεις κοινού. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν επιβεβαιωμένοι παρκινσονικοί ασθενείς που ανήκαν σε διαφορετικά επίπεδα αξιολόγησης, εκτός από αυτούς που συμμετείχαν στις συναντήσεις κοινού, οι οποίοι έφταναν έως το 3 επίπεδο. Το συμπέρασμα που βγήκε από τα παραπάνω ήταν ότι η συντριπτική πλειοψηφία (86%) αναμένεται να κάνει τακτική χρήση της εφαρμογής cloudUPDRS (τουλάχιστον μία φορά την ημέρα) με το 64% να εκφράζει μια προτίμηση για τη δοκιμαστική συνεδρία που διαρκεί το πολύ 5 λεπτά, το 27% να δέχεται μια δοκιμαστική διάρκεια 10 λεπτών και το 5% ακόμη περισσότερο. Κατά την εφαρμογή του συστήματος cloudUPDRS, χρησιμοποιήθηκε ένας ξεχωριστός σχεδιασμός αλληλεπίδρασης χρήστη για να διασφαλίσει ότι τα δεδομένα που καταγράφονται αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές μετρήσεις κίνησης, παρέχοντας πληροφορίες μέσω ήχου, βίντεο και κειμένου για την καθοδήγηση των ασθενών. Σε πλήρη λειτουργικότητα, η εφαρμογή επικοινωνεί με ένα back-end διαχείρισης και επεξεργασίας δεδομένων που επιτρέπει τη συγκέντρωση και τη διαχρονική ανάλυση. Συνολικά, το πλήρες σύστημα cloudUPDRS αποτελείται από :

1. Εφαρμογή κινητού τηλεφώνου για Android που επιτρέπει στους ασθενείς να πραγματοποιούν δοκιμές κατάστασης κίνησης και να ολοκληρώνουν μια αυτοαξιολόγηση της κλινικής τους εικόνας, αλλά και την αποθήκευση των δεδομένων με ασφάλεια στην υπηρεσία cloudUPDRS.
2. Υπηρεσία συλλογής επεκτάσιμων δεδομένων, που βασίζεται σε τεχνολογία Cloud και αποθηκεύει τα δεδομένα που συλλέγονται από τα κινητά των ασθενών, εξασφαλίζοντας ασφαλή διαχείριση αυτών και εφαρμόζοντας τη διαδικασία επεξεργασίας σήματος.
3. Εργαλειοθήκη εξόρυξης δεδομένων για ιατρική νοημοσύνη που περιλαμβάνει ποσοτικά και ημι-δομημένα δεδομένα και διαχρονικές αναλύσεις, ομαδοποίηση και ταξινόμηση, και μια κλινική διεπαφή χρήστη για την οπτικοποίηση αυτών.

Τα συμπεράσματα της δοκιμής είναι ότι το cloudUPDRS ενισχύει την καθημερινή αξιολόγηση των ασθενών με αποτέλεσμα την πιο συνεπή και αξιόπιστη φροντίδα, τον έγκαιρο εντοπισμό προβλημάτων και την παρέμβαση των ίδιων των ασθενών στη φροντίδα τους μέσω μη φαρμακολογικών μέτρων, όπως βελτιωμένη διατροφή και φυσιοθεραπεία.

Μια έρευνα που διεξήχθη από την Silva de Lima και τους συνεργάτες της και αφορούσε παρκινσονικούς ασθενείς από δύο ομάδες, μία στην Ολλανδία και μία στη Βόρεια Αμερική, επιχειρώντας τη διερεύνηση της λειτουργίας της τεχνολογίας των φορέσιμων συσκευών στο Πάρκινσον, σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Και στις δύο ομάδες χρησιμοποιήθηκε η ίδια φορητή πλατφόρμα, αλλά ακολουθήθηκε διαφορετική στρατηγική για τη συλλογή και τη διατήρηση της πληροφορίας, όπως επίσης διέφερε και η διάρκεια της μελέτης [53]. Το δείγμα για την ομάδα της Ολλανδίας επιλέχθηκε από ομάδες υποστήριξης, κοινότητες στο Διαδίκτυο και μέσω φυσιοθεραπευτών εξειδικευμένων στη θεραπεία ασθενών με Πάρκινσον. Τα κριτήρια επιλογής ήταν οι συμμετέχοντες να είναι πάνω από 30 ετών, να διαθέτουν έξυπνα κινητά με Android OS έκδοσης τουλάχιστον 4.2 και να δηλώνουν παρκινσονικοί ασθενείς. Όλοι οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν από ειδικά εκπαιδευμένους φυσιοθεραπευτές. Η εξέταση περιελάμβανε πλήρες MDS-UPDRS, τη Γνωστική Αξιολόγηση του Μόντρεαλ (MoCA) και την τροποποιημένη κλίμακα δραστηριοτήτων καθημερινής διαβίωσης. Στον αντίποδα, το δείγμα για την ομάδα της Βόρειας Αμερικής επιλέχθηκε μέσω μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σε συμμετέχοντες στη διαδικτυακή μελέτη Fox Insight, διαφημίσεις Facebook σε στοχευμένες ομάδες και διαφημίσεις στο Fox Trial Finder, ένα εργαλείο αντιστοίχισης κλινικών δοκιμών για άτομα με Πάρκινσον. Οι συμμετέχοντες έπρεπε να είναι τουλάχιστον 18 ετών και να έχουν συμμετάσχει στη διαδικτυακή μελέτη Fox Insight, αφού μέσα από αυτή απαντήθηκαν διαδικτυακές έρευνες σχετικά με δημογραφικά στοιχεία, ιατρικό ιστορικό, σωματική δραστηριότητα, συμπτώματα, φάρμακα και χειρουργικές επεμβάσεις που σχετίζονται με το Πάρκινσον. Στη συνέχεια συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο για το Parkinson@Home, που εξετάστηκε από μια ειδική ομάδα για να επιβεβαιωθεί η καταλληλότητα συμμετοχής στην έρευνα. Έπειτα από την επιλογή των δύο ομάδων, οι συμμετέχοντες έλαβαν ένα ερευνητικό κιτ που περιείχε ένα έξυπνο ρολόι Pebble, έναν οδηγό εγκατάστασης και εγχειρίδια χρήστη. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες εγκατέστησαν την εφαρμογή Fox Wearable Companion στις συσκευές τους και τους ζητήθηκε να φορέσουν το έξυπνο ρολόι και να έχουν το κινητό τους τηλέφωνο μαζί τους όσο το δυνατόν περισσότερο.

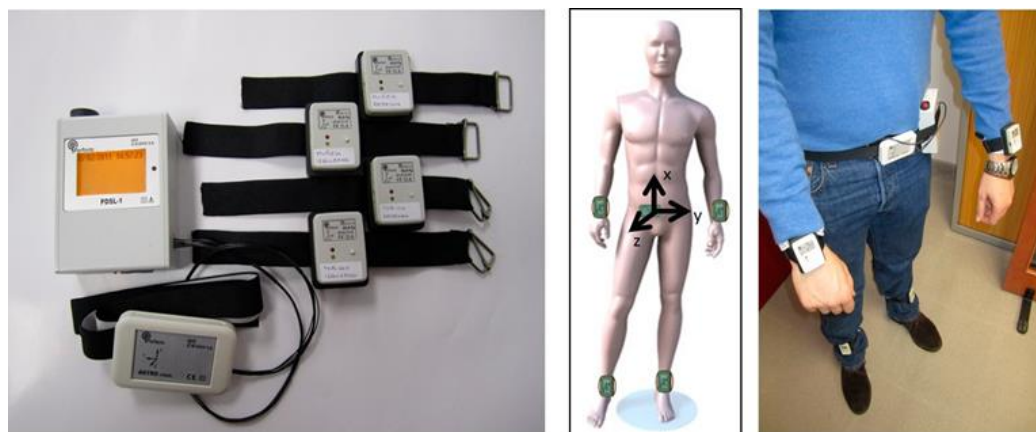


Εικόνα 2.5 : Έξυπνο τηλέφωνο Pebble

Στη μελέτη έγινε χρήση της πλατφόρμας Intel Pharma Analytics, που αποτελείται από την εφαρμογή Fox Wearable Companion, που χρησιμοποιείται τόσο σε έξυπνα ρολόγια, όσο και σε έξυπνα κινητά αλλά και σε περιβάλλον Cloud. Τα δεδομένα συλλέγονταν συνεχώς από το επιταχυνσιόμετρο του ρολογιού και μεταφέρονταν στο κινητό. Στην πλατφόρμα εφαρμόστηκαν αλγόριθμοι ανάλυσης αισθητήρων για τα συγκεντρωτικά δεδομένα του επιταχυνσιόμετρο του ρολογιού κάθε 30 δευτερόλεπτα με σκοπό την εκτίμηση των αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα μεταδίδονταν μέσω Wi-Fi ή δεδομένων κινητής τηλεφωνίας σε περιβάλλον Cloud. Μέσω της εφαρμογής ο χρήστης είχε πρόσβαση σε γραφήματα και συνοπτικές αναφορές, και επιπλέον μπορούσε να ορίσει υπενθυμίσεις φαρμάκων, να αναφέρει τη λήψη αυτών και να αξιολογήσει τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων. Τα προαναφερόμενα δεδομένα αποθηκεύθηκαν επίσης στο περιβάλλον Cloud. Κατά τη διάρκεια της μελέτης ήταν διαθέσιμη μια γραμμή βοήθειας για τεχνική υποστήριξη. Το συμπέρασμα που εξήχθει από την έρευνα είναι ότι μπορούν να υπάρξουν αξιόπιστα αποτελέσματα για την κατάσταση παρκινσονικών ασθενών που κάνουν χρήση φορέσιμων συσκευών σε συνδυασμό με κινητά τηλέφωνα, σε μεγάλο και γεωγραφικά διαφορετικό πληθυσμό.

Το PERFORM, ένα σύστημα παρακολούθησης, αξιολόγησης και διαχείρισης ασθενών με νόσο του Πάρκινσον και συγκεκριμένα το υποσύστημα της φορητής μονάδας παρακολούθησης πολλαπλών αισθητήρων, παρουσιάστηκε από τον Τσίπουρα και τους συνεργάτες του [54]. Το

σύστημα αποτελείται από τρία υποσυστήματα, τη μονάδα παρακολούθησης πολλαπλών αισθητήρων, τη μονάδα τοπικής βάσης και τη μονάδα κεντρικού νοσοκομείου. Η προαναφερόμενη μονάδα διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στο συνολικό σύστημα, καθώς είναι υπεύθυνη για την καταγραφή και προ-επεξεργασία των σημάτων που λαμβάνονται από το επιταχυνσιόμετρο και το γυροσκόπιο που στη συνέχεια χρησιμοποιούνται από τα διάφορα στοιχεία της τοπικής μονάδας βάσης για την ταξινόμηση και ποσοτικοποίηση των συμπτωμάτων και της κατάστασης του τρόμου των ασθενών με Πάρκινσον. Πρόκειται για μια ελαφριά φορητή συσκευή, προσαρτημένη στο σώμα του ασθενούς που αποτελείται από τέσσερα τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των επιταχύνσεων των κινήσεων του ασθενή και τοποθετούνται σε κάθε άκρο, ένα επιταχυνσιόμετρο/γυροσκόπιο που τοποθετείται στη μέση και χρησιμοποιείται για την καταγραφή των επιταχύνσεων της κίνησης του σώματος και της γωνιακής ταχύτητας του κατά τη στροφή του, και μια μονάδα λήψης δεδομένων που λαμβάνει όλα τα καταγεγραμμένα σήματα [55].

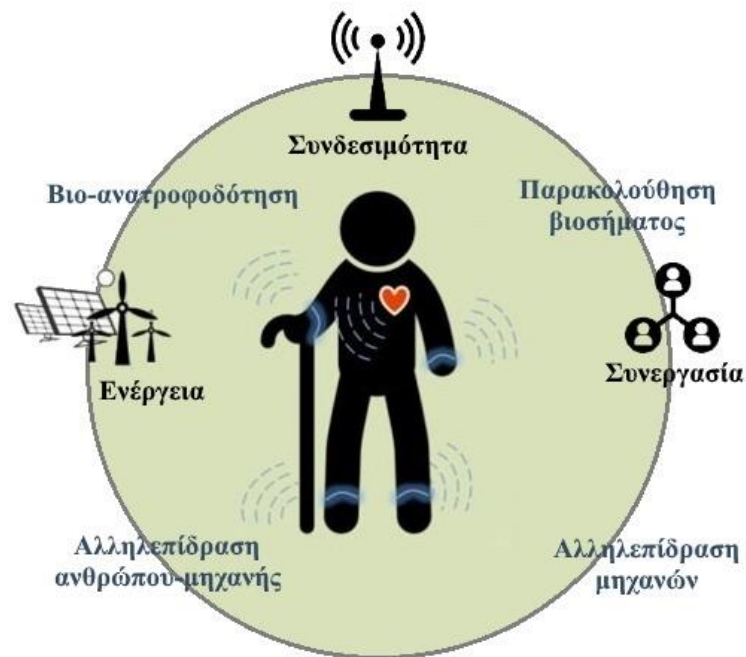


Εικόνα 2.6 : Αισθητήρες του συστήματος PERFORM για τη συλλογή δεδομένων

Κατά τη μελέτη έγιναν πιλοτικές δοκιμές που οργανώθηκαν σε τέσσερις φάσεις. Καταγράφηκαν δεδομένα από υγιείς συμμετέχοντες, στη συνέχεια από επιβεβαιωμένους ασθενείς για την εκπαίδευση των αλγορίθμων ταξινόμησης, ακολούθησε η αποτύπωση της πληροφορίας από το σπίτι για τον έλεγχο και την επικύρωση της μονάδας τοπικής βάσης και τέλος η καταγραφή δεδομένων με το πλήρες ολοκληρωμένο σύστημα. Η μελέτη έδειξε ότι το

σύστημα PERFORM μπορεί να χρησιμοποιηθεί από παρκινσονικούς ασθενείς με απλό, ασφαλή και μη επεμβατικό τρόπο για μακροχρόνια καταγραφή των κινητικών συμπτωμάτων, προσφέροντας έτσι στον γιατρό μια ακριβή, μακροπρόθεσμη και αντικειμενική εικόνα της κινητικής κατάστασης του ασθενούς βοηθώντας τον να λάβει εξ αποστάσεως ακριβείς πληροφορίες για την κατάσταση του ασθενούς και να καθορίσει τη βέλτιστη θεραπευτική αγωγή [56].

Το Ίδρυμα Michael J. Fox για την Έρευνα για την Ασθένεια του Πάρκινσον και η Intel Corporation ένωσαν τις δυνάμεις τους με τη συνδρομή του Cohen και των συνεργατών του, για να αναπτύξουν μια εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα και μια πλατφόρμα διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) για την υποστήριξη μελετών μεγάλης κλίμακας, με συνεχή δείγματα δεδομένων από αισθητήρες που φέρουν ασθενείς με Πάρκινσον [57].



Εικόνα 2.7 : Διαδίκτυο των πραγμάτων και σύστημα υγείας

Δημιουργήθηκε μια ισχυρή, ευέλικτη και γενική πλατφόρμα IoT ανοιχτού κώδικα για να υποστηρίξει τη συλλογή δεδομένων από αισθητήρες που βρίσκονται σε φορητές συσκευές σε πολλά πρωτόκολλα και λειτουργικά συστήματα για να παρέχει αναλύσεις πληθυσμού ανά

ασθενή. Τα δεδομένα συλλέγονται παθητικά από χρήστες που διαθέτουν ένα έξυπνο ρολόι Pebble με επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων και που μπορεί να μεταδώσει ανεπεξέργαστα δεδομένα, μέσω Bluetooth στο προσωπικό τους κινητό τηλέφωνο, κάνοντας λήψη μιας εφαρμογής που εκτός από τη συλλογή παθητικών δεδομένων τους επιτρέπει επιπλέον πιο ενεργή συμμετοχή στη διαδικασία συλλογής δεδομένων, εισαγάγοντας πληροφορίες σχετικά με το πρόγραμμα και τα συμπτώματά τους. Η εφαρμογή εκτελεί διάφορες αναλύσεις στα δεδομένα που συλλέγονται και μεταδίδει τα αποτελέσματα στην πλατφόρμα. Η πλατφόρμα IoT συλλέγει και αποθηκεύει δεδομένα σε δύο διαφορετικά κομμάτια, σε κλινικές και εικονικές μελέτες παρατήρησης. Επίσης, διαθέτει δύο διαφορετικούς τρόπους ανάλυσης δεδομένων. Ανάλυση πληθυσμού και ανάλυση ανά ασθενή. Οι αναλύσεις πληθυσμού εφαρμόζονται στα δεδομένα των χρηστών, συγκεντρωτικά ως ένα σύνολο δεδομένων, ενώ ο σκοπός των αναλύσεων ανά ασθενή είναι να μετατρέψει τα ανεπεξέργαστα δεδομένα σε συγκεντρωτικά που περιγράφουν τα συμπτώματα κίνησης συγκεκριμένων ασθενών με ουσιαστικό και ερμηνεύσιμο τρόπο. Ένα επίπεδο αλληλεπίδρασης δεδομένων επιτρέπει την ασφαλή διανομή τους στους χρήστες, στους κλινικούς ιατρούς, και στους ερευνητές. Στόχος είναι ο σχεδιασμός νέων διαδραστικών εργαλείων που θα ενθαρρύνουν τη μακροχρόνια χρήση τους, η δημιουργία συστημάτων συλλογής και αποθήκευσης μεγάλου όγκου δεδομένων με ασφαλή τρόπο και ο σχεδιασμός αλγορίθμων για την παροχή επικυρωμένων μετρήσεων κίνησης, με τρόπο που να είναι χρήσιμος σε ερευνητές, κλινικούς και ασθενείς, προσφέροντας χαμηλού κόστους ερευνητικές μεθοδολογίες και στρατηγικές περίθαλψης ασθενών.

Με την ανάπτυξη του διαδικτύου των πραγμάτων και των νέων φορητών τεχνολογιών διαφάνηκε η ευκαιρία πρόσβασης των ασθενών σε πλατφόρμες υγειονομικής περίθαλψης με προσιτό κόστος. Το νέο περιβάλλον υψηλής τεχνολογίας παρέχει τη βέλτιστη βάση για τη συμμετοχή των ασθενών, η οποία θεωρείται κρίσιμη για την ανακάλυψη και την εκτέλεση νέων διαγνωστικών και θεραπευτικών τεχνικών, όπως αναπτύσσεται σε μια μελέτη του Pasluosta και των συνεργατών του [58]. Μια πλατφόρμα διαδικτύου των πραγμάτων βασίζεται κυρίως σε τρεις πυλώνες, την ανανεώσιμη ενέργεια, τη συνδεσιμότητα και τη συνεργασία του κοινού. Η ανανεώσιμη ενέργεια είναι απαραίτητη για τη διάθεση των δεδομένων με βιώσιμο τρόπο και σχεδόν μηδενικό κόστος, ενώ η αμφίδρομη συνδεσιμότητα μεταξύ αντικειμένων, συσκευών και ανθρώπων επιτρέπει την αποτελεσματική ροή των πληροφοριών. Τέλος, η συνεργασία είναι αυτή που παρέχει τα δεδομένα μέσω του κοινού που δημιουργεί και μοιράζεται την

πληροφορία, διαμορφώνοντας το μέλλον της πλατφόρμας. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των πληροφοριών που θα αποτυπωθούν σε μια πλατφόρμα, χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τους βιοδυναμικούς αισθητήρες, τους αισθητήρες κίνησης και τους περιβαλλοντικούς αισθητήρες. Η συνδυαστική συλλογή δεδομένων φιλοδοξεί να βοηθήσει στην καθιέρωση μιας ολοκληρωμένης αξιολόγησης της κατάστασης της υγείας. Η μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ επιτρέπει στους νέους αισθητήρες να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αλλά και στο άμεσο περιβάλλον τους. Αυτό αυξάνει την αυτονομία τους, μειώνει την περιττή ανθρώπινη επίβλεψη και επιτρέπει την αποτελεσματική χρήση πόρων υλικού. Δεδομένου του φορητού και ευέλικτου σχεδιασμού τους, οι φορητές συσκευές δεν περιορίζονται σε μία μόνο λειτουργικότητα. Είναι εξοπλισμένες με διαφορετικούς τύπους αισθητήρων και επεξεργαστές υψηλής ισχύος. Οι αισθητήρες που συνδέονται με κινητές συσκευές συλλέγουν ταυτόχρονα χωρικές και χρονικές πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του ατόμου και της κοινότητας, στοχεύοντας στην αποτελεσματική συλλογή και μετάδοση δεδομένων, τη βελτιωμένη ποιότητα αυτών και τη δυνατότητα συλλογής και διανομής μεγάλου όγκου δεδομένων σχεδόν στιγμιαία τόσο για διαδικτυακή όσο και για ανάλυση εκτός σύνδεσης. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, οι έξυπνοι αλγόριθμοι πρέπει να είναι ικανοί να χειρίζονται μεγάλο αριθμό δεδομένων και να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τους πόρους του αισθητήρα. Από την έρευνα προέκυψε ότι είναι εφικτή η χρήση μιας πλατφόρμας IoT στο πλαίσιο της υγειονομικής περίθαλψης σε συνδυασμό με φορητές τεχνολογίες, μετατρέποντας έτσι τα δεδομένα σε γνώση για την άμεση εμπλοκή των ασθενών στην εκτίμηση των συμπτωμάτων, τη διάγνωση και τις διαδοχικές επιλογές θεραπείας.

Κεφάλαιο 3 : Μεθοδολογία

Ο κύριος σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθούν ενδεχόμενοι τρόποι με τους οποίους κάποιος που χρησιμοποιεί ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο στις καθημερινές του δραστηριότητες, να μπορεί να εντοπιστεί και να αξιολογηθεί η βαρύτητα των συμπτωμάτων του ως προς την νόσο του Πάρκινσον. Μακροπρόθεσμοι στόχοι είναι η ικανότητα χαρακτηρισμού της εξέλιξης της νόσου σε Παρκινσονικούς ασθενείς και η μετατροπή των αποτελεσμάτων σε πληροφορίες με τέτοιο τρόπο που να μπορούν να αξιοποιηθούν από τον ιατρό και το νοσηλευτικό προσωπικό.

Ο απώτερος σκοπός της έρευνας είναι η συμβολή στην τεχνολογία τηλεϊατρικής και πιο συγκεκριμένα στην τεχνολογία φορητών και φορέσιμων συσκευών με εφαρμογή στη νόσο του Πάρκινσον. Αποτέλεσμα αυτών επιδιώκεται να είναι η συμμετοχή των ασθενών στη διαχείριση της ασθένειας, μέσω της απομακρυσμένης αξιολόγησής τους, ώστε να λαμβάνεται άμεσα θεραπευτικές αποφάσεις και να επιτυγχάνεται βέλτιστη και προσωποποιημένη ιατρική φροντίδα. Επιπλέον, τα δεδομένα που θα προκύψουν μπορούν να αποτελέσουν βάση για διαδικτυακές ψηφιακές τράπεζες, ενώ η ανταλλαγή γνώσης και τεχνικών ανάλυσης μπορούν να

οδηγήσουν στη βελτίωση της ποιότητας της υγειονομικής περίθαλψης και την ανακάλυψη νέων διαγνωστικών και θεραπευτικών τεχνικών.

Προκειμένου να υπάρξει ένα επιθυμητό αποτέλεσμα πρέπει να αντιμετωπισθούν κάποιες προκλήσεις, όπως το γεγονός ότι τα δεδομένα που συλλέγονται ενδεχομένως να είναι άνισα και να οδηγούν σε ανισορροπία ως προς τον αριθμό των δειγμάτων, π.χ. κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου, δεν μπορούν όλοι οι αισθητήρες να καταγράφουν παρατηρήσεις, αλλά και το ενδεχόμενο να λείπουν δεδομένα διότι κάποιος αισθητήρας δεν είναι σε θέση να τα συλλέξει, π.χ. λόγω βλάβης. Ακόμη ένα πρόβλημα αποτελεί το γεγονός ότι υπάρχουν κοινά πρότυπα συμπεριφοράς μεταξύ ατόμων που είναι Παρκινσονικοί ασθενείς και ατόμων που υποφέρουν από άλλες νόσους. Τέλος, η ερμηνεία των πληροφοριών που συλλέγονται από αισθητήρες αλλά και η προτεινόμενη παρέμβαση εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την άριστη γνώση της ασθένειας και από την εμπλοκή κάποιου ειδικού.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, δημιουργήθηκε ένα εκπαιδευμένο σύστημα για τη επεξεργασία των δεδομένων και τον χαρακτηρισμό των αποτελεσμάτων, με παράλληλη προσπάθεια αντιμετώπισης, στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό, προβλημάτων που σχετίζονται με τα δεδομένα.

3.1 Βάση Δεδομένων

Το σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, παρέχεται από το ίδρυμα Michael J Fox (MJFF) μέσω της πλατφόρμας Kaggle: “*Πρόβλεψη της εξέλιξης της νόσου του Πάρκινσον με δεδομένα που συλλέχθηκαν με έξυπνο κινητό τηλέφωνο*” (Predicting Parkinson's Disease Progression with Smartphone Data) [61]. Η Kaggle είναι μια διαδικτυακή κοινότητα επιστημονικών δεδομένων και πρακτικών μηχανικής μάθησης που επιτρέπει στους χρήστες να συγκεντρώνουν και να δημοσιεύουν σύνολα δεδομένων, να ερευνούν και να δημιουργούν μοντέλα σε ένα διαδικτυακό, επιστημονικό περιβάλλον, να συνεργάζονται με άλλους επιστήμονες δεδομένων και μηχανικούς μηχανικής μάθησης και να συμμετέχουν σε διαγωνισμούς για την επίλυση προκλήσεων στην επιστήμη δεδομένων [62]. Η πρώτη υπηρεσία που προσφέρθηκε μέσω της πλατφόρμας Kaggle είναι οι διαγωνισμοί μηχανικής μάθησης. Ένας τέτοιος διαγωνισμός είναι και η “*Πρόβλεψη της εξέλιξης της νόσου του Πάρκινσον με δεδομένα*

που συλλέχθηκαν με έξυπνο κινητό τηλέφωνο”, τα δεδομένα του οποίου αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία.

Τα δεδομένα που προσφέρονται από την πλατφόρμα Kaggle για τον προαναφερόμενο διαγωνισμό προέκυψαν από μια έρευνα που διήρκεσε ένα χρονικό διάστημα περίπου τεσσάρων μηνών, από τις 30 Οκτωβρίου 2011 έως και τις 07 Μαρτίου 2012. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 16 συμμετέχοντες από τους οποίους οι 8 ήταν ασθενείς του Πάρκινσον σε διάφορα στάδια της νόσου, ενώ οι υπόλοιποι 8 ήταν υγιείς συμμετέχοντες που εξετάστηκαν πριν τη συμμετοχή τους και δεν εκδήλωναν κανένα σημάδι της ασθένειας. Οι συμμετέχοντες στις δύο ομάδες επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να ταιριάζουν κατά προσέγγιση με την ηλικία και το φύλο. Στη συνέχεια τους ζητήθηκε να έχουν πάνω τους ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο με Android για τουλάχιστον έναν κύκλο φόρτισης την ημέρα, δηλαδή περίπου 4 με 6 ώρες, και να επιτρέψουν τη συλλογή δεδομένων από αυτό. Στόχος ήταν η καταγραφή δεδομένων για πάνω από έναν κύκλο φόρτισης ημερησίως.

Επιπλέον, πριν την έναρξη της καταγραφής δεδομένων, οι Παρκινσονικοί ασθενείς και μόνο συμπλήρωσαν τις δύο πρώτες ενότητες του ερωτηματολογίου αξιολόγησης για την κλίμακα UPDRS που αφορούν μη κινητικά και κινητικά στοιχεία, αντίστοιχα, των εμπειριών της καθημερινής διαβίωσης, πράγμα που επαναλήφθηκε και αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή δεδομένων. Κάποιοι από αυτούς συμπλήρωσαν τις προαναφερόμενες ενότητες του ερωτηματολογίου περισσότερες φορές. Από όλους τους συμμετέχοντες ζητήθηκε να βοηθήσουν στην καταγραφή των δεδομένων για τουλάχιστον 8 εβδομάδες, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη συνέπεια.

Στη συνέχεια ακολούθησε η καταγραφή δεδομένων, τα οποία είναι πλέον διαθέσιμα ως δυαδικά αρχεία ή ως αρχεία κειμένου .csv. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν περιέχουν τις ακόλουθες ροές δεδομένων:

1. Ήχος. Καταγραφή από το μικρόφωνο του κινητού.
2. Επιταχυνσιόμετρο. Καταγραφή όλων των δεδομένων του αισθητήρα του κινητού, για καθέναν από τους 3 άξονες.
3. Πυξίδα. Καταγραφή όλων των δεδομένων του αισθητήρα του κινητού.
4. Φωτεινότητα. Περιλαμβάνει τη φωτεινή ροή ανά μονάδα επιφάνειας και η μονάδα μέτρησης είναι σε lux.

5. Εγγύτητα. Αφορά μια τιμή σε δυαδική μορφή σχετικά με την εγγύτητα του κινητού τηλεφώνου στο σώμα του συμμετέχοντα.
6. Επίπεδο μπαταρίας. Αποτυπώνεται το ποσοστό ισχύος της μπαταρίας του κινητού τηλεφώνου.
7. GPS. Εμπεριέχει τιμές για γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος και υψόμετρο.

Όλες οι ροές περιέχουν δεδομένα που καταγράφονται το πολύ μία φορά ανά δευτερόλεπτο και φτάνουν έως 6.000 ώρες, ενώ οι ανεξάρτητες ροές ξεπερνάνε τις 18.000 ώρες. Το σύνολο των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν ανήκουν στην κατηγορία των μεγάλων δεδομένων, αφού το μέγεθός τους ξεπερνάει τα 11GB σε συμπιεσμένη μορφή (Πραγματικό μέγεθος 16.82 GB).

3.2 Προεπεξεργασία και εξαγωγή χαρακτηριστικών

Η παρούσα ανάλυση βασίζεται στα δεδομένα που διατίθενται από την πλατφόρμα Kaggle, και συγκεκριμένα στα δεδομένα από το επιταχυνσιόμετρο. Κάθε καταγραφή περιλαμβάνει 3 κανάλια (ένα για κάθε άξονα). Αρχικά έγινε ανίχνευση των διαστημάτων αδράνειας και αφαίρεσή τους από τις καταγραφές. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε εξαγωγή χαρακτηριστικών ανά κανάλι καταγραφής (δηλαδή τους άξονες x, y, z του επιταχυνσιόμετρου), χρησιμοποιώντας μη επικαλυπτόμενα παράθυρα 60 δευτερολέπτων. Τα χαρακτηριστικά που υπολογίστηκαν για κάθε παράθυρο του σήματος είναι τα ακόλουθα :

- Απόλυτη απόκλιση ανά άξονα
- Τυπική απόκλιση ανά άξονα
- Μέγιστη απόκλιση ανά άξονα
- Χαμηλής συχνότητας PSD (1-3 Hz) ανά άξονα
- Υψηλής συχνότητας PSD (6-10 Hz) ανά άξονα

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά υπολογίζονται για καθένα από τους 3 άξονες του επιταχυνσιόμετρου, στην πράξη όμως αυτό που ενδιαφέρει στην περίπτωση των κινητικών συμπτωμάτων είναι η συνολική εικόνα, καθώς η καταγραφή πραγματοποιείται με μια συσκευή κινητού τηλεφώνου που δεν έχει σταθερή τοποθέτηση πάνω στον συμμετέχοντα, και μπορεί να βρίσκεται στο χέρι, σε κάποια τσέπη (παντελόνι ή πουκάμισο) σε εξωτερική φορέσιμη θήκη, κτλ. Συνεπώς, δεν είναι γνωστή η σχετική θέση του κινητού τηλεφώνου (και κατά επέκταση

του αισθητήρα) ως προς τον συμμετέχοντα και κατά επέκταση, η καταγραφή οποιουδήποτε συμπτώματος (π.χ. τρόμου ηρεμίας) μπορεί να εκτείνεται σε οποιοδήποτε άξονα/άξονες.

Τα χαρακτηριστικά ανά άξονα συνδυάζονται σε μια τελική τιμή με βάση τους μαθηματικούς τύπους του παρακάτω πίνακα.

Χαρακτηριστικό	Τύπος
Απόλυτη απόκλιση	$\sqrt{\text{Απόλυτη_Απόκλιση}_x^2 + \text{Απόλυτη_Απόκλιση}_y^2 + \text{Απόλυτη_Απόκλιση}_z^2}$
Τυπική απόκλιση	$\sqrt{\text{Τυπικη_Απόκλιση}_x^2 + \text{Τυπικη_Απόκλιση}_y^2 + \text{Τυπικη_Απόκλιση}_z^2}$
Μέγιστη απόκλιση	$\sqrt{\text{Μεγιστη_Απόκλιση}_x^2 + \text{Μεγιστη_Απόκλιση}_y^2 + \text{Μεγιστη_Απόκλιση}_z^2}$
Χαμηλής συχνότητας PSD (1-3 Hz)	$\text{median}(\text{PSD}_x^{[1-3]}, \text{PSD}_y^{[1-3]}, \text{PSD}_z^{[1-3]})$
Υψηλής συχνότητας PSD (6-10 Hz)	$\text{median}(\text{PSD}_x^{[6-10]}, \text{PSD}_y^{[6-10]}, \text{PSD}_z^{[6-10]})$

Πίνακας 3.1 : Τα χαρακτηριστικά και οι μαθηματικού τύποι από τους οποίους προέκυψαν

Η $\text{Απόλυτη_Απόκλιση}_{\alpha\text{ξονάς}}$ είναι Απόλυτη απόκλιση για ένα άξονα (x, y, z), και το ίδιο ισχύει για την Τυπικη_Απόκλιση_x και την $\text{Μεγιστη_Απόκλιση}_x$. Τα $\text{PSD}_{\alpha\text{ξονας}}^{\text{εύρος_συχνοτήτων}}$ είναι η συνολική ενέργεια του άξονα (x, y, z) στο εύρος συχνοτήτων ([1-3] ή [6-10]).

3.3 Σύνολο δεδομένων

Αφού ολοκληρώθηκε η προεπεξεργασία των δεδομένων, τα χαρακτηριστικά που τελικά προέκυψαν για κάθε εγγραφή είναι εννέα. Αυτά είναι :

1. Όνομα ασθενούς. Όπως προαναφέρθηκε, στην έρευνα συμμετείχαν 16 άτομα από τους οποίους οι 8 ήταν νοσούντες από Πάρκινσον, ενώ οι υπόλοιποι 8 ήταν υγιείς. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ανωνυμία, η ιδιωτικότητα και η εμπιστευτικότητα κάθε συμμετέχοντα χαρακτηρίστηκε με το όνομα ενός λουλουδιού ή φρούτου. Τα ονόματα που έλαβαν ήταν Μήλο (Apple), Κεράσι (Cherry), Κρόκος (Crocus), Ασφόδελος (Dafodil), Μαργαρίτα (Daisy), Φλοξ (Flox), Ίριδα (Iris), Κρίνος (Lilly), Σφένδαμος (Mapple), Πορτοκάλι (Orange), Ορχιδέα (Orchid), Παιώνια (Peony), Τριαντάφυλλο (Rose), Ηλιοτρόπιο (Sunflower), Μοσχομπίζελο (Sweetpea) και Βιολέτα (Violet).
2. Μοντέλο κινητού τηλεφώνου. Τα μοντέλα των κινητών τηλεφώνων που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα ήταν HTC, Kyocera, LGE, Motorola και Samsung.
3. Χρονική στιγμή. Περιλαμβάνει τη χρονική στιγμή που λήφθηκαν τα δεδομένα με ακρίβεια δευτερολέπτου. Η τιμή του έχει τη μορφή yyyy-MM-dd HH:mm:ss.
4. Απόλυτη απόκλιση. Προέκυψε από υπολογισμό των τιμών της απόλυτης απόκλισης στους άξονες x, y και z, και συνδυασμό αυτών (Πίνακας 3.1).
5. Τυπική απόκλιση. Προέκυψε από υπολογισμό των τιμών της τυπικής απόκλισης στους άξονες x, y και z, και συνδυασμό αυτών (Πίνακας 3.1).
6. Μέγιστη απόκλιση. Προέκυψε από υπολογισμό των τιμών της μέγιστης απόκλισης στους άξονες x, y και z, και συνδυασμό αυτών (Πίνακας 3.1).

7. Χαμηλή συχνότητα PSD. Προέκυψε από υπολογισμό των τιμών της ενέργειας του σήματος στο εύρος χαμηλών συχνοτήτων (1Hz - 3Hz) στους άξονες x, y και z, και συνδυασμό αυτών (Πίνακας 3.1).
8. Υψηλή συχνότητα PSD. Προέκυψε από υπολογισμό των τιμών της ενέργειας του σήματος στο εύρος υψηλών συχνοτήτων (1Hz - 3Hz) στους άξονες x, y και z, και συνδυασμό αυτών (Πίνακας 3.1).
9. Κλάση. Το χαρακτηριστικό της κλάσης έχει τιμή 0, 1 ή 2 ανάλογα με την κατηγοριοποίηση του ασθενούς με την κλίμακα UPDRS. Τα δεδομένα κατηγοριοποιήθηκαν με τη χρήση της κλίμακας UPDRS ως εξής :
 - οι υγιείς συμμετέχοντες, κατατάχθηκαν στην κλάση 0
 - οι ασθενείς που ανήκουν στη βαθμολογία 1, κατατάχθηκαν στην κλάση 1
 - οι ασθενείς που ανήκουν σε βαθμολογία μεγαλύτερη του 1 δηλαδή από 2 έως και 4, κατατάχθηκαν στην κλάση 2.

Αποτέλεσμα των παραπάνω ήταν να υπάρχουν :

- 8 συμμετέχοντες που ανήκουν στην κλάση 0. Αυτοί είναι οι Μήλο (Apple), Κεράσι (Cherry), Ασφόδελος (Dafodil), Κρίνος (Lilly), Πορτοκάλι (Orange), Τριαντάφυλλο (Rose), Ηλιοτρόπιο (Sunflower) και Μοσχομπίζελο (Sweetpea)
- 6 συμμετέχοντες που ανήκουν στην κλάση 1, τους Κρόκος (Crocus), Μαργαρίτα (Daisy), Ίριδα (Iris), Ορχιδέα (Orchid), Παιώνια (Peony) και Βιολέτα (Violet), και τέλος
- 2 συμμετέχοντες που ανήκουν στην κλάση 2. Είναι οι Φλοξ (Flox) και Σφένδαμος (Mapple).

Τα συνολικά δεδομένα ανά ασθενή παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.

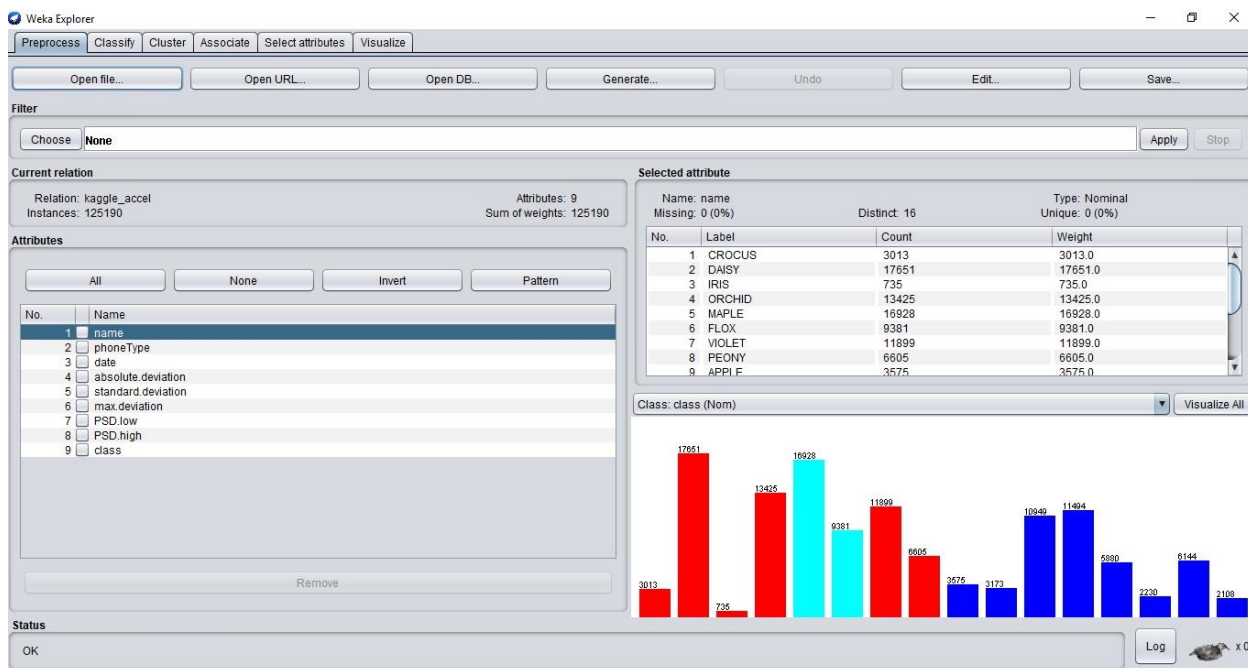
Συμμετέχοντας	Πλήθος ημερών	Σύνολο προτύπων
Μήλο (Apple)	24	3.575
Κεράσι (Cherry)	18	3.173
Ασφόδελος (Dafodil)	52	10.949
Κρίνος (Lilly)	58	11.494
Πορτοκάλι (Orange)	26	5.880
Τριαντάφυλλο (Rose)	15	2.230
Ηλιοτρόπιο (Sunflower)	39	6.144
Μοσχομπίζελο (Sweetpea)	12	2.108
Κρόκος (Crocus)	20	3.013
Μαργαρίτα (Daisy)	85	17.651
Ίριδα (Iris)	6	735
Ορχιδέα (Orchid)	70	13.425
Παιώνια (Peony)	48	6.605
Βιολέτα (Violet)	64	11.899
Φλοξ (Flox)	41	9.381
Σφένδαμος (Mapple)	58	16.928

Πίνακας 3.2 : Σύνολο σημάτων ανά ασθενή

3.4 Ταξινόμηση

3.4.1 Περιβάλλον Weka

Η ταξινόμηση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του περιβάλλοντος Weka, μια σουίτα ελεύθερου λογισμικού, που χρησιμοποιείται για εξόρυξη δεδομένων και μηχανική μάθηση και ουσιαστικά αποτελεί μια συλλογή από αλγορίθμους μηχανικής μάθησης.



Εικόνα 3.1 : Παράθυρο εφαρμογής Explorer

Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αρχεία στο Weka είναι της μορφής .arff και .csv. Το αρχείο που θα χρησιμοποιήσουμε είναι της μορφής .arff. Ένα αρχείο με αυτή την επέκταση είναι απλό αρχείο κειμένου χαρακτήρων ASCII. Περιέχει ένα πλήθος παραδειγμάτων (instances) που περιγράφονται από χαρακτηριστικά (attributes), που χωρίζονται με κόμμα.

Στην αρχή του αρχείου βρίσκεται η κεφαλίδα στην οποία ορίζονται το όνομα του πίνακα δεδομένων και τα πεδία. Θα πρέπει να αναφέρεται η λέξη "@relation" και να ακολουθεί το όνομα του πίνακα δεδομένων. Ακολουθεί η δήλωση των πεδίων. Κάθε πεδίο ορίζεται σε ξεχωριστή γραμμή στην αρχή της οποίας υπάρχει η λέξη "@attribute". Ακολουθεί το όνομα του πεδίου και τέλος δηλώνεται ο τύπος του.

Τέσσερις διαφορετικοί τύποι χαρακτηριστικών υποστηρίζονται από το Weka :

1. Αριθμητικά δεδομένα. Μπορεί να είναι είτε πραγματικοί αριθμοί είτε ακέραιοι. Ορίζονται ως numeric. Τα δεδομένα της παρούσας εργασίας περιλαμβάνουν 5 numeric χαρακτηριστικά: απόλυτη απόκλιση, τυπική απόκλιση, μέγιστη απόκλιση, χαμηλής συχνότητας PSD και υψηλής συχνότητας PSD
2. Ονομαστικά δεδομένα που ορίζουν κατηγορία. Παίρνουν ονομαστικές τιμές που ορίζονται με αγκύλες μέσα στις οποίες δίνονται όλες οι δυνατές τιμές. Τα χαρακτηριστικά Όνομα ασθενούς και Κλάση ανήκουν σε αυτόν τον τύπο.
3. Αλφαριθμητικά δεδομένα. Ορίζονται ως string και επιτρέπουν τη δημιουργία αυθαίρετων αλφαριθμητικών τύπων. Ανάλογα χαρακτηριστικά είναι και το Μοντέλο κινητού τηλεφώνου και η Χρονική στιγμή.
4. Ημερομηνία. Ορίζεται ως date και είναι της μορφής yyyy-MM-dd HH:mm:ss. Στο δικό μας αρχείο δεν υπάρχει τέτοιο χαρακτηριστικό, αν και θα μπορούσε να ανήκει η Χρονική στιγμή αφού είναι ανάλογης μορφής.

Η κεφαλίδα του αρχείου που δημιουργήθηκε από τα δεδομένα της παρούσας εργασίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.2.

```
@relation kaggle_accel
@attribute name {CROCUS, DAISY, IRIS, ORCHID, MAPLE, FLOX, VIOLET, PEONY, APPLE, CHERRY,
DAFODIL, LILLY, ORANGE, ROSE, SUNFLOWER, SWEETPEA}
@attribute phoneType string
@attribute date string
@attribute absolute.deviation numeric
@attribute standard.deviation numeric
@attribute max.deviation numeric
@attribute PSD.low numeric
@attribute PSD.high numeric
@attribute class {0, 1, 2}
```

Εικόνα 3.2 : Κεφαλίδα

Την ολοκλήρωση της δήλωσης των χαρακτηριστικών ακολουθεί η δήλωση των δεδομένων, που γίνεται με μια γραμμή με τη λέξη @data που προηγείται των δεδομένων και ορίζει τη συνέχεια αυτών. Κάθε γραμμή αποτελεί μια διαφορετική εγγραφή δεδομένων. Τα Ονομαστικά και τα Αλφαριθμητικά δεδομένα δίνονται μέσα σε μονά εισαγωγικά ('attribute') ενώ τα Αριθμητικά δεδομένα εισάγονται ως έχουν.

Για τις ανάγκες της ταξινόμησης, κάποια από τα δεδομένα δεν είναι απαραίτητα (όπως το όνομα του συμμετέχοντα, το μοντέλο του κινητού τηλεφώνου, και η). Αυτά αφαιρούνται πριν την διαδικασία ταξινόμησης. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας τα δεδομένα χωρίστηκαν σε μικρότερα αρχεία, ένα για κάθε ασθενή και κάθε ημέρα. Στη συνέχεια αφαιρέθηκε το χαρακτηριστικό του μοντέλου κινητού τηλεφώνου, μιας και δεν αποτελεί απαραίτητο στοιχείο που θα μας οδηγήσει στο να εξάγουμε συμπεράσματα. Τέλος, τα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν τα αρχεία, και τελικά εισήχθησαν στο Weka, είναι τα εξής :

- Απόλυτη απόκλιση
- Τυπική απόκλιση
- Μέγιστη απόκλιση
- Χαμηλή συχνότητα PSD
- Υψηλή συχνότητα PSD
- Κλάση

3.4.2 Τεχνικές Ταξινόμησης

Στην βιβλιογραφία έχουν παρουσιαστεί διάφορες τεχνικές ταξινόμησης, όπως: Μπαϋεσιανά Δίκτυα, οι Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης, Λογιστική Παλινδρόμηση, τα Νευρωνικά Δίκτυα τύπου Multilayer Perceptron και τα Δένδρα Αποφάσεων.

Τα Μπαϋεσιανά Δίκτυα είναι εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση σύνθετων σχέσεων μεταξύ μεταβλητών και για την εξαγωγή συμπερασμάτων σε συνθήκες αβεβαιότητας. Ανήκουν στην κατηγορία των γραφικών πιθανοτικών μοντέλων που αναπαριστούν σχέσεις με μορφή γράφων, στις οποίες κάθε κόμβος του γράφου συμβολίζει μια στοχαστική μεταβλητή και κάθε βέλος συμβολίζει μια σχέση εξάρτησης ανάμεσα σε δύο μεταβλητές [62].

Οι Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης είναι αλγόριθμοι επιβλεπόμενης μάθησης που χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε προβλήματα κατάταξης. Το πλεονέκτημά τους είναι ο χειρισμός μεγάλου πλήθους χαρακτηριστικών και η υψηλή απόδοση κατά την κατηγοριοποίηση αντικειμένων. Μπορεί να κατασκευάζει πολύπλοκα μοντέλα και να επιλύει δύσκολα προβλήματα πραγματικού κόσμου. Από τα εισαχθέντα προς εκπαίδευση δεδομένα μαθαίνει την γραμμική αναδρομική συνάρτηση και στη συνέχεια κατηγοριοποιεί τα νέα δεδομένα [62].

Η Λογιστική Παλινδρόμηση είναι ένα μοντέλο ταξινόμησης των τιμών μιας μεταβλητής απόκρισης Y με βάση τη θεωρία των πιθανοτήτων. Στο μοντέλο αυτό όπου η μεταβλητή Y συνήθως έχει δυαδικό χαρακτήρα στοχεύεται η πρόβλεψη της έκβασης αυτής από ένα πλήθος προβλεπτικών μεταβλητών που μπορεί να είναι ονομαστικές, τακτικές ή ποσοτικές. Υπάρχουν τρεις τύποι λογιστικής παλινδρόμησης. Η δυαδική εξαρτημένη μεταβλητή, η τακτική μεταβλητή και η ονομαστική μεταβλητή απόκρισης [63].

Τα Νευρωνικά Δίκτυα είναι εμπνευσμένα από το βιολογικό νευρικό σύστημα και αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της Τεχνητής Νοημοσύνης. Μπορούν να αναπαραστήσουν σύνθετες εξαρτήσεις και να προβλέψουν την κλάση άγνωστων παρατηρήσεων. Είναι ιδιαίτερα δημοφιλή, με εφαρμογή σε τομείς όπως η Ιατρική και η Οικονομία [64].

Τα Δένδρα Αποφάσεων αποτελούν επίσης μια από τις βασικότερες και πιο δημοφιλείς μεθόδους κατηγοριοποίησης. Η κατασκευή τους βασίζεται στη διαδοχική διάσπαση του συνόλου των παρατηρήσεων σε υποσύνολα. Κριτήριο για τη διάσπαση είναι οι τιμές των μεταβλητών [64].

Οι ταξινομητές που επιλέχθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων στην παρούσα εργασία είναι οι Naive Bayes, Multilayer Perceptron, SMO, J48 και Random Forest.

Ο αλγόριθμος Naive Bayes πήρε την ονομασία του από το θεώρημα Bayes στη Θεωρία Πιθανοτήτων, σύμφωνα με την οποία η τρέχουσα πιθανότητα σχετίζεται με την αρχική. Όλα τα χαρακτηριστικά ενός προβλήματος συμβάλλουν στην πιθανότητα μιας απόφασης κατά τον αλγόριθμο Naive Bayes, ο οποίος εκπαιδεύεται σε επιτηρούμενο περιβάλλον μάθησης και σε σύνθετες καταστάσεις πραγματικού κόσμου. Λόγω των ανεξάρτητων μεταβλητών μπορούν να προσδιοριστούν μόνο οι διακυμάνσεις των μεταβλητών κάθε κλάσης και όχι ολόκληρη η μήτρα συνδιακύμανσης [64].

Ο Αλγόριθμος Multilayer Perceptron είναι ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο πολλαπλών στρωμάτων που αποτελείται από μη γραμμικούς νευρώνες. Διαθέτει ένα κρυφό επίπεδο μη γραμμικών νευρώνων που είναι σε θέση να επιλύσει μη γραμμικά προβλήματα. Το πλήθος αυτών των επιπέδων εξαρτάται από το πρόβλημα που πρόκειται να επιλυθεί και όσο πιο λίγα είναι τόσο πιο μεγαλύτερη ακρίβεια επιτυγχάνεται. Σε περίπτωση που οι νευρώνες του Multilayer Perceptron αλγορίθμου είχαν γραμμική συνάρτηση ενεργοποίησης θα μπορούσε να υλοποιηθεί μία γραμμική απεικόνιση. Βρίσκει εφαρμογή σε δύσκολα προβλήματα μάθησης με

επίβλεψη και σε ταξινομήσεις συναρτήσεων. Για την εκπαίδευση χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος οπισθοδιάδοσης του σφάλματος που βασίζεται στη μέθοδο βελτιστοποίησης. Προκειμένου να επιλύσει μη γραμμικά διαχωρίσιμα προβλήματα γίνεται εκπαίδευση από 2 περάσματα στα 2 επίπεδα. Το πρώτο πέρασμα επιτυγχάνεται από την είσοδο προς την έξοδο και το δεύτερο αντιστρόφως από την έξοδο προς την είσοδο [64].

Ο Αλγόριθμος SMO ή αλλιώς αλγόριθμος διαδοχικής ελάχιστης βελτιστοποίησης, χρησιμοποιείται για την επίλυση του προβλήματος τετραγωνικού προγραμματισμού που προκύπτει κατά την εκπαίδευση μηχανών υποστήριξης διανυσμάτων. Χρησιμοποιείται ευρέως για την εκπαίδευση μηχανών υποστήριξης διανυσμάτων και εφαρμόζεται από το δημοφιλές εργαλείο LIBSVM. Βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι διαχωρίζει ένα πρόβλημα σε επιμέρους υποπροβλήματα [65].

Ο Αλγόριθμος J48 χρησιμοποιείται για να παράγει ένα δέντρο απόφασης και αποτελεί μια επέκταση του αλγορίθμου ID3. Δημιουργεί δέντρα απόφασης μέσα από ένα σύνολο εκπαίδευσης δεδομένων χρησιμοποιώντας την εντροπία των πληροφοριών. Ένα σύνολο $S = s_1, s_2, \dots$ από ήδη ταξινομημένα δείγματα αποτελούν τα δεδομένα εκπαίδευσης. Κάθε δείγμα $S_i = x_1, x_2, \dots$ είναι ένα διάνυσμα όπου τα x_1, x_2, \dots αντιπροσωπεύουν τα χαρακτηριστικά του δείγματος. Στα δεδομένα εκπαίδευσης αντιστοιχεί ένα διάνυσμα $C = c_1, c_2, \dots$ όπου c_1, c_2, \dots αντιπροσωπεύει την κατηγορία στην οποία ανήκει κάθε δείγμα. Κάθε χαρακτηριστικό των δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ληφθεί μια απόφαση η οποία χωρίζει τα δεδομένα σε μικρότερα υποσύνολα. Ο αλγόριθμος εξετάζει το κέρδος των πληροφοριών. Το χαρακτηριστικό με το υψηλότερο κέρδος πληροφοριών είναι αυτό που χρησιμοποιείται για τη λήψη της απόφασης. Είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος αλγόριθμος για ταξινόμηση [64].

Ο αλγόριθμος Random Forest είναι από τους δημοφιλέστερους αλγόριθμους, λόγω της ταχύτητας και της ακρίβειας που προσφέρει. Η ταχύτητά του είναι πολύ καλή ακόμα και σε πολύ μεγάλα σύνολα δεδομένων. Είναι σε θέση να χειριστεί αποδοτικά μεγάλο πλήθος χαρακτηριστικών. Δίνει εκτίμηση για τα πιο σημαντικά στην κατηγοριοποίηση χαρακτηριστικά και είναι σε θέση να διαχειριστεί αποδοτικά ελλιπή δεδομένα. Έχει τη δυνατότητα να μην απαιτείται διαφορετικό σύνολο δεδομένων για τον έλεγχο ακριβείας καθώς η εκτίμηση του λάθους γενίκευσης μπορεί να γίνει από τον ίδιο τον αλγόριθμο κατά την εκτέλεσή του.

Σημαντικό του πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα παράλληλης εκτέλεσης πολλών τμημάτων κώδικα [64].

3.4.3 Εκπαίδευση και επικύρωση του μοντέλου ταξινόμησης

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν δύο προσεγγίσεις ως προς την εκπαίδευση και την επικύρωση του μοντέλου, η διασταυρούμενη επικύρωση με έναν ασθενή και η δεκαπλή στρωματοποιημένη επικύρωση.

Η διασταυρούμενη επικύρωση με έναν ασθενή (leave-one-patient-out) βασίζεται σε όλα τα δεδομένα από όλους τους ασθενείς εκτός από έναν για την εκπαίδευση του μοντέλου. Τα δεδομένα αυτού του ασθενή παραλείπονται στην εκπαίδευση και χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση. Αυτό επαναλαμβάνεται για όλους τους ασθενείς δημιουργώντας αποτελέσματα για κάθε έναν από αυτούς. Συνέπεια αυτού είναι όλα τα αποτελέσματα να δημιουργούνται χρησιμοποιώντας δεδομένα που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση του μοντέλου, με αποτέλεσμα την συστηματική επικύρωση της εγκυρότητάς τους.

Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου έγινε γιατί τα αποτελέσματα που προκύπτουν αντιπροσωπεύουν πραγματικές συνθήκες ζωής, μιας και προσομοιώνει ένα μοντέλο που παράγει αποτελέσματα, χρησιμοποιώντας μοντέλα εκπαιδευμένα από μια συγκεκριμένη ομάδα ασθενών (σύνολο εκπαίδευσης) που εφαρμόζονται για την ταξινόμηση δεδομένων από νέους ασθενείς.

Για τον σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν 16 αρχεία εκπαίδευσης και 16 αρχεία αξιολόγησης. Κάθε αρχείο αξιολόγησης έχει τα δεδομένα που αφορούν τον ασθενή αναφοράς, ενώ το αντίστοιχο αρχείο εκπαίδευσης περιλαμβάνει όλα τα υπόλοιπα δεδομένα εκτός από αυτά που υπάρχουν στο αρχείο αξιολόγησης. Ο αλγόριθμος εκπαιδεύεται κάνοντας χρήση των δεδομένων του αρχείου εκπαίδευσης και στη συνέχεια δοκιμάζεται χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του αρχείου αξιολόγησης.

Τα συνολικά αποτελέσματα (μέσος όρος για όλους τους συμμετέχοντες στην έρευνα) ανά ταξινομητή παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

Ταξινομητής	Ακρίβεια ταξινόμησης
Naive Bayes	55.91%
Multilayer Perceptron	70.43%
J48	87.29%
SMO	65.45%
Random Forest	87.46%

Πίνακας 3.3 : Ακρίβεια πρόβλεψης αποτελεσμάτων ανά ταξινομητή με τη μέθοδο Leave-one patient-out

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι καλύτερες τιμές προκύπτουν από τους ταξινομητές με δομή δέντρου απόφασης (J48 και Random Forest). Τα αναλυτικά αποτελέσματα για τις συγκεκριμένες τεχνικές ταξινόμησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.4.

Συμμετέχοντας	J48	Random Forest
Ασφόδελος (Dafodil)	68.76%	70.30%
Βιολέτα (Violet)	88.15%	89.73%
Ηλιοτρόπιο (Sunflower)	85.21%	87.35%
Ίριδα (Iris)	93.20%	92.24%
Κεράσι (Cherry)	93.19%	92.31%
Κρίνος (Lilly)	89.81%	90.69%
Κρόκος (Crocus)	93.83%	94.09%
Μαργαρίτα (Daisy)	79.47%	78.90%

Μήλο (Apple)	88.87%	88.39%
Μοσχομπίζελο (Sweetpea)	88.14%	87.57%
Ορχιδέα (Orchid)	97.27%	97.11%
Παιώνια (Peony)	81.71%	82.74%
Πορτοκάλι (Orange)	89.57%	88.74%
Σφένδαμος (Mapple)	85.18%	85.27%
Τριαντάφυλλο (Rose)	82.47%	81.75%
Φλοξ (Flox)	91.76%	92.10%

Πίνακας 3.4 : Ακρίβεια πρόβλεψης αποτελεσμάτων ανά ασθενή με τη μέθοδο Leave-one patient-out

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκαν πειράματα χρησιμοποιώντας την τεχνική της στρωματοποιημένης επικύρωσης (k-fold cross-validation). Σε αυτή την περίπτωση, κατά την εκπαίδευση τα δεδομένα χωρίζονται σε έναν k αριθμό ισόποσων τμημάτων. Σε κάθε εκπαίδευση, το αρχείο εκπαίδευσης αποτελείται από τα k-1 τμήματα, με το αρχείο επικύρωσης να αποτελεί το τμήμα των δεδομένων που υπολείπεται. Σε κάθε επανάληψη το αρχείο επικύρωσης είναι διαφορετικό και το αρχείο εκπαίδευσης αποτελούν τα υπόλοιπα k-1 τμήματα. Η διαδικασία της εκπαίδευσης επαναλαμβάνεται για k φορές. Όλα τα τμήματα χρησιμοποιούνται μία φορά σαν αρχεία επικύρωσης και για k-1 φορές αποτελούν μέρος του αρχείου εκπαίδευσης [66].

Για τη παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η δεκαπλή στρωματοποιημένη επικύρωση (10-fold cross-validation), που είναι και η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη. Στον πίνακα 3.5 αποτυπώνονται τα αποτελέσματα ανά ταξινομητή.

Ταξινομητής	Ακρίβεια ταξινόμησης
Naive Bayes	55.61%
Multilayer Perceptron	70.56%
J48	90.58%
SMO	67.89%
Random Forest	90.95%

Πίνακας 3.5 : Ακρίβεια πρόβλεψης αποτελεσμάτων ανά ταξινομητή με τη μέθοδο της δεκαπλή στρωματοποιημένη επικύρωση

3.5 Τελικά αποτελέσματα

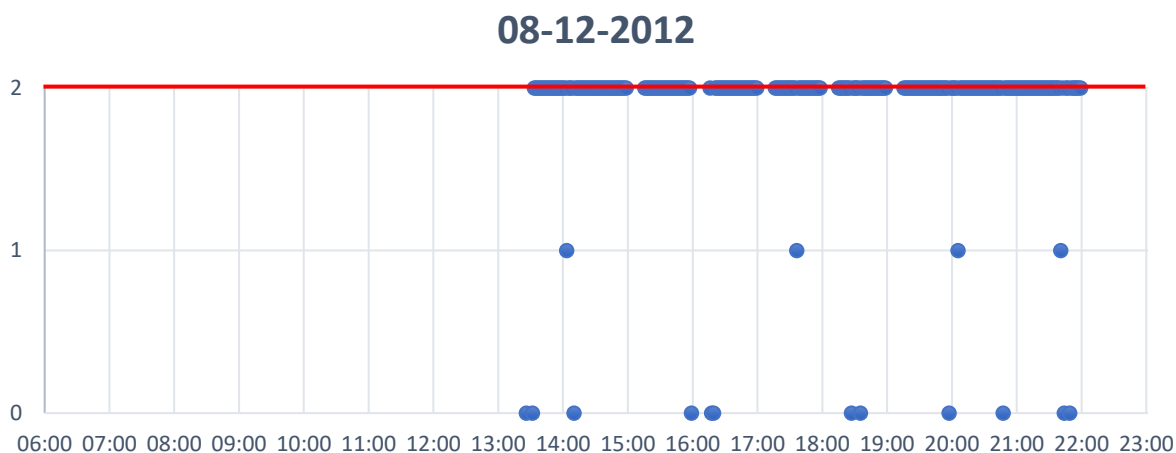
Τελευταίο βήμα της επεξεργασίας, είναι η απόδοση στο αρχείο των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την ταξινόμηση, των χαρακτηριστικών που θα το κάνουν επεξεργάσιμο, δηλαδή το όνομα του ασθενούς και η ημερομηνία καταγραφής. Για να γίνει αυτό συγκρίνουμε το αρχείο εισαγωγής με το αρχείο που προέκυψε από την ταξινόμηση και προκύπτει ένα νέο αρχείο που περιλαμβάνει το όνομα του ασθενούς και την ημερομηνία από το αρχικό αρχείο (που είχαν αφαιρεθεί πριν την διαδικασία της ταξινόμησης), και την πραγματική και προβλεπόμενη κατάσταση του ασθενούς από το δεύτερο (τα οποία προέκυψαν από την διαδικασία της ταξινόμησης). Αυτά είναι λοιπόν τα δεδομένα που θα χρησιμοποιήσουμε για τη δημιουργία αναφορών της κατάστασης του ασθενούς.

Οι συγκεντρωτικές αναφορές κατάστασης ασθενούς είναι ένα σύνολο από γραφήματα που το καθένα από αυτά αποδίδει την κατάσταση του ασθενούς στη διάρκεια μιας ημέρας. Κάθε αναφορά περιλαμβάνει πληροφορία για έναν και μόνο ασθενή, για ένα δεδομένο χρονικό διάστημα (μια μέρα). Η χρησιμότητά της είναι να αποτυπώνει τη γενικότερη κλινική εικόνα του ασθενούς, προκειμένου να συνδράμει τον γιατρό στην αξιολόγηση της συνολικής κατάστασης του νοσούντος, όσον αφορά το σύμπτωμα του τρόμου, και να οδηγήσει στην χορήγηση της κατάλληλης εξατομικευμένης θεραπείας.

Συνεπώς, προκύπτει ένα αρχείο με 4 χαρακτηριστικά :

- Όνομα ασθενούς
- Ημερομηνία καταγραφής
- Πραγματική κατάσταση συμμετέχοντα (ανά χρονική στιγμή)
- Προβλεπόμενη κατάσταση συμμετέχοντα (ανά χρονική στιγμή)

Με βάση τα παραπάνω, δημιουργούνται ημερήσιες αναφορές, οι οποίες περιλαμβάνουν συνοπτικά όλη την δραστηριότητα του συμμετέχοντα, σε γράφημα για κάθε ημέρα (Εικόνα 3.3). Ο χρόνος απεικονίζεται στον άξονα x (σε συνολική διάρκεια 24 ώρες) και ο χαρακτηρισμός της κατάστασης τρόμου του ασθενούς στον άξονα y (τιμές 0, 1 ή 2). Μια παράλληλη ευθεία ως προς τον άξονα x, που αποτυπώνεται με κόκκινο χρώμα, δείχνει την πραγματική κατάσταση τρόμου του ασθενούς, δηλαδή το πραγματικό UPDRS που του έχει αποδοθεί από τους ιατρούς. Η απεικόνιση είναι μια ευθεία, καθώς η πραγματική τιμή UPDRS είναι σταθερή σε όλη την διάρκεια καταγραφής των δεδομένων, για όλους τους ασθενείς. Με μπλε χρώμα εμφανίζονται οι κουκκίδες που αποτυπώνουν τις τιμές της προβλεπόμενης από τον ταξινομητή κατάστασης του ασθενούς (0, 1, ή 2) για κάθε δεδομένη χρονική στιγμή. Συνεπώς, οι σωστές προβλέψεις της μεθόδου είναι οι μπλε κουκκίδες που είναι πάνω στην κόκκινη γραμμή.



Εικόνα 3.3 : Γράφημα κατάστασης τρόμου ασθενούς

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται η ακρίβεια της μεθόδου, καθώς και η ακρίβεια σε επίπεδο ημέρας.

Κεφάλαιο 4 : Αποτελέσματα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά το στάδιο της επεξεργασίας, χρησιμοποιώντας πίνακες με ημερήσια αποτελέσματα ανά ασθενή και επιχειρώντας μια ερμηνεία αυτών. Ακολουθούν συγκεντρωτικές αναφορές κατάστασης ασθενούς με επεξήγηση, και τέλος συγκεντρωτικά αποτελέσματα για κάθε ασθενή.

4.1 Ημερήσια αποτελέσματα ανά ασθενή

Απόρροια της εργασίας είναι τα παρακάτω αποτελέσματα που παρουσιάζονται σε πίνακες ανά συμμετέχοντα και ημέρα. Κάθε Πίνακας περιέχει δεδομένα για έναν και μόνο ασθενή και εμφανίζονται η ημέρα της καταγραφής, το πλήθος των εγγραφών για τις οποίες ο συμμετέχων χαρακτηρίστηκε ότι ανήκει στην κατάσταση 0 και αντίστοιχα στις καταστάσεις 1 και 2. Τέλος παρουσιάζεται το ποσοστό επιτυχίας της πρόβλεψης. Στη συνέχεια παρατίθενται ενδεικτικά οι Πίνακες των ημερήσιων αποτελεσμάτων για τρεις από τους συμμετέχοντες (ένα για κάθε κατάσταση), ενώ οι Πίνακες με τα στοιχεία των υπολοίπων συμμετεχόντων, βρίσκονται στο Παράρτημα Α της παρούσας εργασίας.

Κεράσι (Cherry)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
22/1/2012	152	8	0	95.00%
23/1/2012	153	3	0	98.08%
24/1/2012	190	24	2	87.96%
25/1/2012	195	5	1	97.01%
26/1/2012	101	10	0	90.99%
27/1/2012	152	5	0	96.82%
28/1/2012	223	13	0	94.49%
29/1/2012	171	31	1	84.24%
3/2/2012	8	1	0	88.89%
7/2/2012	179	16	1	91.33%
8/2/2012	195	11	0	94.66%
9/2/2012	205	7	1	96.24%
10/2/2012	178	18	1	90.36%
11/2/2012	192	17	0	91.87%
13/2/2012	198	12	2	93.40%
14/2/2012	156	7	1	95.12%
15/2/2012	202	14	0	93.52%
16/2/2012	107	4	0	96.40%

Πίνακας 4.1 : Ημερήσια αποτελέσματα για τον ασθενή Κεράσι (Cherry)

Ορχιδέα (Orchid)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
16/12/2011	0	3	0	100.00%
18/12/2011	0	3	0	100.00%
19/12/2011	1	2	0	66.67%
20/12/2011	0	9	0	100.00%
22/12/2011	1	3	0	75.00%
24/12/2011	0	2	0	100.00%
25/12/2011	0	1	0	100.00%
26/12/2011	0	68	0	100.00%
27/12/2011	0	66	0	100.00%

28/12/2011	3	40	0	93.02%
29/12/2011	6	161	1	95.83%
30/12/2011	3	11	0	78.57%
31/12/2011	4	45	0	91.84%
1/1/2012	2	38	0	95.00%
2/1/2012	0	17	0	100.00%
3/1/2012	5	45	0	90.00%
4/1/2012	2	87	0	97.75%
5/1/2012	7	72	0	91.14%
6/1/2012	5	194	0	97.49%
7/1/2012	7	252	0	97.30%
8/1/2012	14	226	0	94.17%
9/1/2012	7	271	0	97.48%
10/1/2012	12	243	1	94.92%
11/1/2012	7	145	0	95.39%
12/1/2012	7	188	1	95.92%
13/1/2012	11	416	0	97.42%
14/1/2012	0	310	0	100.00%
16/1/2012	8	180	0	95.74%
17/1/2012	7	185	1	95.85%
18/1/2012	5	209	1	97.21%
19/1/2012	12	206	0	94.50%
20/1/2012	16	237	1	93.31%
21/1/2012	1	49	0	98.00%
22/1/2012	7	143	0	95.33%
23/1/2012	5	121	0	96.03%
24/1/2012	15	175	0	92.11%
25/1/2012	7	161	0	95.83%
26/1/2012	10	192	1	94.58%
27/1/2012	0	214	0	100.00%
28/1/2012	0	199	0	100.00%
29/1/2012	0	256	0	100.00%
30/1/2012	1	243	0	99.59%
31/1/2012	0	354	0	100.00%
1/2/2012	0	354	0	100.00%
2/2/2012	0	182	0	100.00%
3/2/2012	16	289	1	94.44%
4/2/2012	7	163	1	95.32%
5/2/2012	12	301	0	96.17%
6/2/2012	4	177	0	97.79%
7/2/2012	5	505	0	99.02%

8/2/2012	4	516	1	99.04%
9/2/2012	7	346	1	97.74%
10/2/2012	10	281	1	96.23%
11/2/2012	14	228	0	94.21%
12/2/2012	4	268	0	98.53%
13/2/2012	2	202	0	99.02%
14/2/2012	3	216	0	98.63%
15/2/2012	6	267	0	97.80%
16/2/2012	16	210	1	92.51%
17/2/2012	10	214	0	95.54%
20/2/2012	0	296	0	100.00%
21/2/2012	0	204	0	100.00%
22/2/2012	0	268	0	100.00%
23/2/2012	0	465	0	100.00%
24/2/2012	0	42	0	100.00%
25/2/2012	9	192	0	95.52%
27/2/2012	6	210	0	97.22%
28/2/2012	7	208	0	96.74%
29/2/2012	10	202	0	95.28%
1/3/2012	3	211	0	98.60%

Πίνακας 4.2 : Ημερήσια αποτελέσματα για τον ασθενή Ορχιδέα (Orchid)

Φλοξ (Flox)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
8/12/2011	12	4	244	93.85%
9/12/2011	37	12	233	82.62%
10/12/2011	30	8	371	90.71%
11/12/2011	53	13	294	81.67%
12/12/2011	34	13	217	82.20%
13/12/2011	23	7	248	89.21%
14/12/2011	20	9	376	92.84%
20/12/2011	0	0	1	100.00%
23/12/2011	0	0	2	100.00%
27/12/2011	0	0	1	100.00%
29/12/2011	5	6	66	85.71%
2/1/2012	0	1	5	83.33%

3/1/2012	2	2	4	50.00%
4/1/2012	0	2	10	83.33%
6/1/2012	3	3	78	92.86%
7/1/2012	10	6	204	92.73%
8/1/2012	7	3	154	93.90%
10/1/2012	8	8	141	89.81%
11/1/2012	4	4	133	94.33%
12/1/2012	9	7	200	92.59%
13/1/2012	5	9	236	94.40%
16/1/2012	13	9	283	92.79%
17/1/2012	7	8	141	90.38%
19/1/2012	17	9	175	87.06%
20/1/2012	9	11	179	89.95%
22/1/2012	14	12	187	87.79%
23/1/2012	12	9	130	86.09%
25/1/2012	11	13	205	89.52%
28/1/2012	8	13	204	90.67%
29/1/2012	0	1	0	0.00%
2/2/2012	10	10	176	89.80%
3/2/2012	12	14	390	93.75%
4/2/2012	0	0	835	100.00%
5/2/2012	0	0	836	100.00%
6/2/2012	11	12	637	96.52%
7/2/2012	10	24	173	83.57%
8/2/2012	18	20	152	80.00%
9/2/2012	9	9	177	90.77%
13/2/2012	11	21	150	82.42%
15/2/2012	7	10	186	91.63%
21/2/2012	7	3	174	94.57%

Πίνακας 4.3 : Ημερήσια αποτελέσματα για τον ασθενή Φλοξ (Flox)

Οι παραπάνω Πίνακες είναι χρήσιμοι στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αξιόπιστη εκτίμηση της κατάστασης του συμμετέχοντα/ασθενούς.

4.2 Συγκεντρωτικές αναφορές κατάστασης ασθενούς

Βασικός στόχος της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία μιας συγκεντρωτικής αναφοράς της κατάστασης του ασθενούς από την οποία ο ειδικός γιατρός θα μπορεί να εξάγει συμπεράσματα κατά την επίσκεψη του ασθενούς στο ιατρείο.

Τα αποτελέσματα της εργασίας παρουσιάζονται σε μια ενοποιημένη αναφορά που περιλαμβάνει πληροφορίες για χρονικό διάστημα μιας εβδομάδας από την οποία ο γιατρός μπορεί να αξιολογήσει τη συνολική κατάσταση του ασθενούς, όσον αφορά τα κινητικά συμπτώματα. Στη συνέχεια και σε συνδυασμό με τα προσωπικά σχόλια του ασθενούς, μπορεί να προτείνει προσαρμογές στο πρόγραμμα φαρμάκων και στις καθημερινές συνήθειες. Η αναφορά μπορεί άμεσα να φανεί χρήσιμη στους ασθενείς, αφού μπορούν να δουν πώς οι καθημερινές τους δραστηριότητες συσχετίζονται με τον τρόπο τους και να τις προσαρμόσουν ανάλογα.

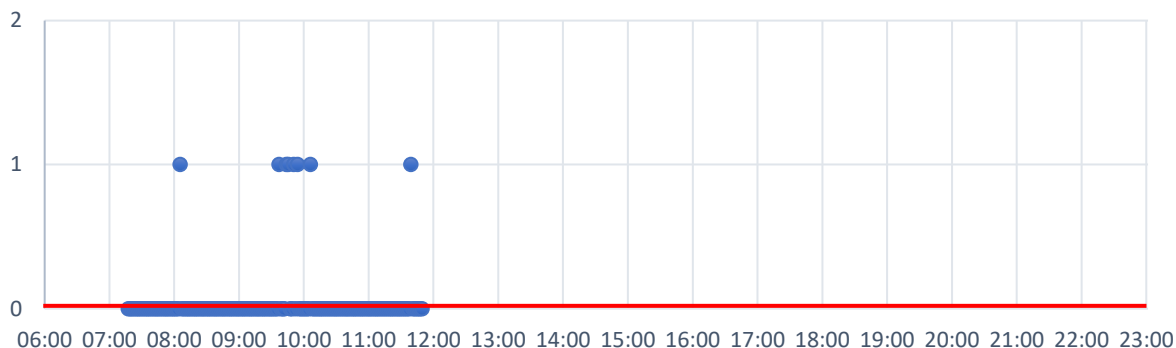
Κάθε αναφορά αποτελείται από 7 γραφήματα. Κάθε ένα από αυτά αναφέρεται σε μία συγκεκριμένη μέρα. Το χρονικό διάστημα μέσα στην ημέρα για το οποίο καταγράφονται δεδομένα είναι από τις 6:00 π.μ. έως τις 11:00 μ.μ., χρόνος κατά τον οποίο θεωρήθηκε ότι οι συμμετέχοντες είναι ενεργοί και ακολουθούν τις καθημερινές τους δραστηριότητες. Σε περίπτωση που για κάποια συγκεκριμένη ημέρα λείπει το γράφημα, σημαίνει ότι ο ασθενής δεν ενεργοποίησε το κινητό του τηλέφωνο εκείνη την ημέρα με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η συλλογή δεδομένων. Το προαναφερόμενο χρονικό διάστημα αποτυπώνεται στον x άξονα, ενώ στον y άξονα αποτυπώνεται ο χαρακτηρισμός της κατάστασης τρόμου του ασθενούς με 0, 1 και 2. Μια κόκκινη συνεχιζόμενη γραμμή δείχνει την πραγματική κατάσταση του ασθενούς όπως είχε εκτιμηθεί από την εξέταση που υποβλήθηκε πριν από την καταγραφή των δεδομένων και την αποθήκευσή τους στην πλατφόρμα Kaggle. Σε μια γενικευμένη χρήση μπορεί να είναι η κατάσταση στην οποία ο γιατρός έχει τοποθετήσει τον ασθενή, από την εξέταση αλλά και την περιγραφή του ασθενούς για την γενική του εικόνα. Επιπλέον υπάρχουν μπλε σημεία πάνω στο γράφημα. Αυτά αποδίδουν την πραγματική κατάσταση του ασθενούς για τη δεδομένη χρονική στιγμή.

Όνομα ασθενούς : Κεράσι (Cherry)

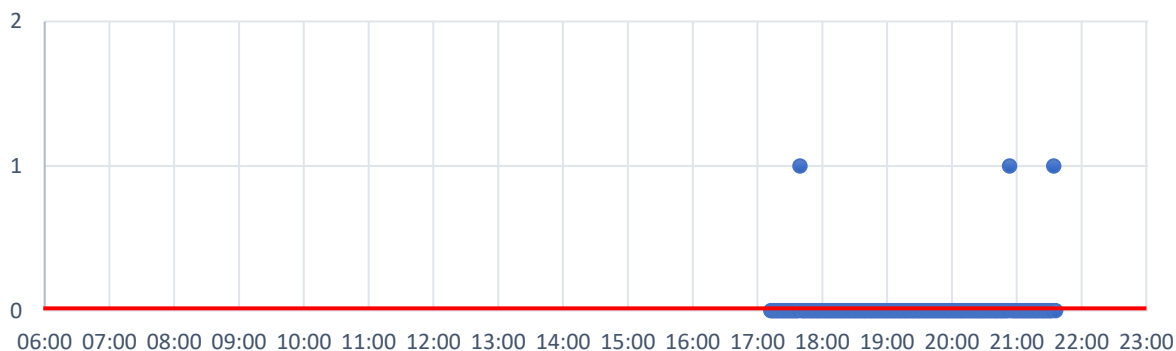
Κατάσταση ασθενούς : 0 (Μηδέν) - Εντός των φυσιολογικών ορίων

Χρονική περίοδος αναφοράς από 22-01-2012 έως και 28-01-2012

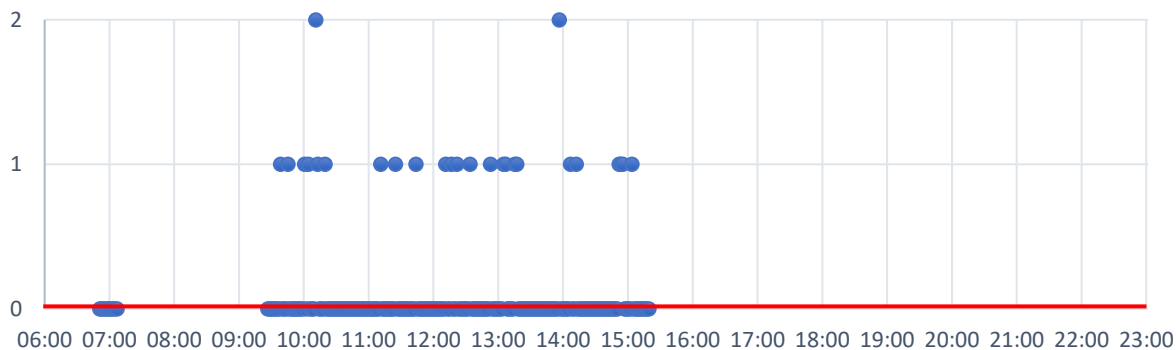
22-01-2012



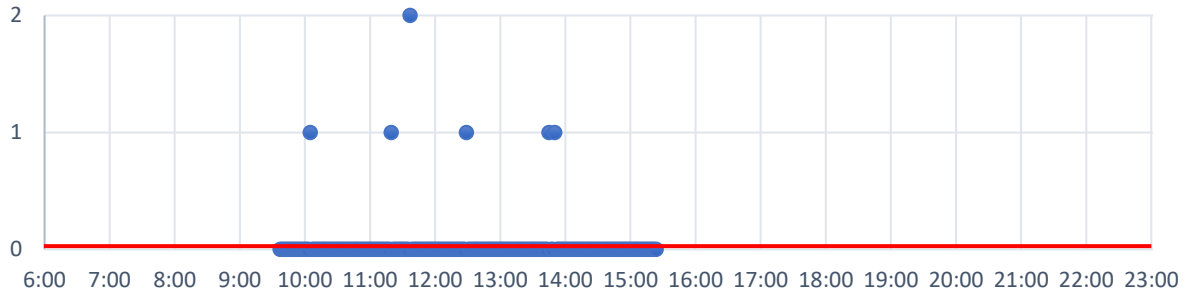
23-01-2012



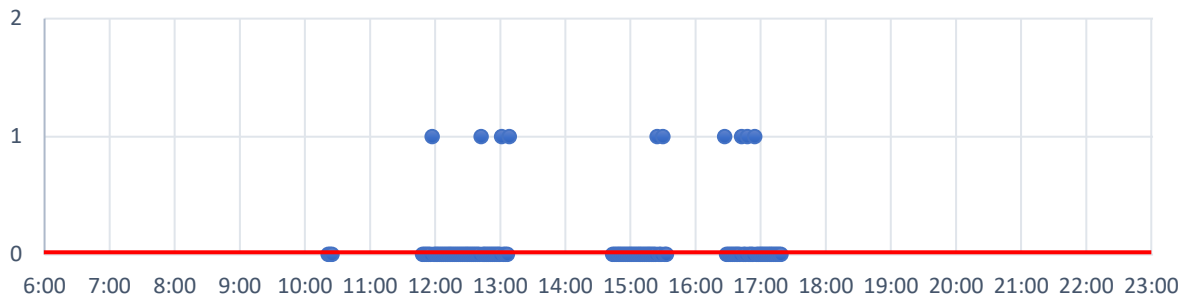
24-01-2012



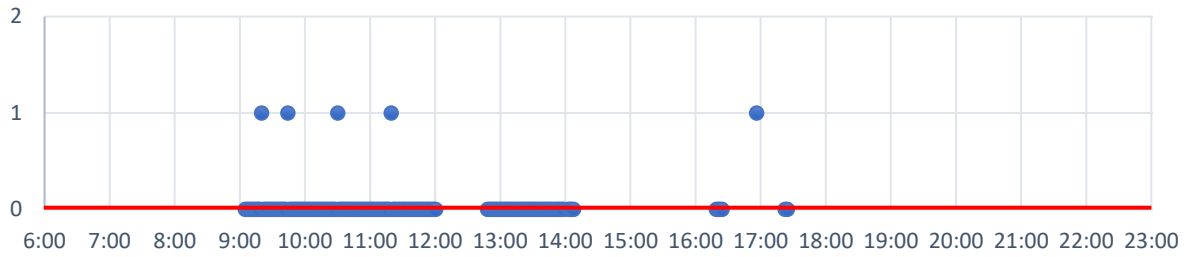
25-01-2012



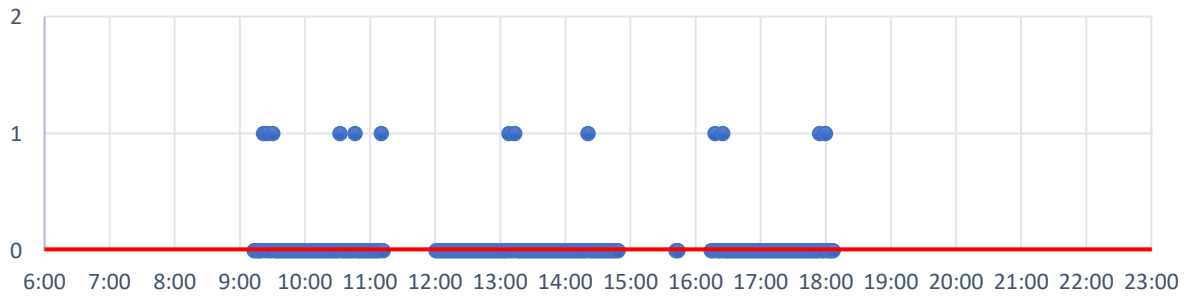
26-01-2012



27-01-2012



28-01-2012

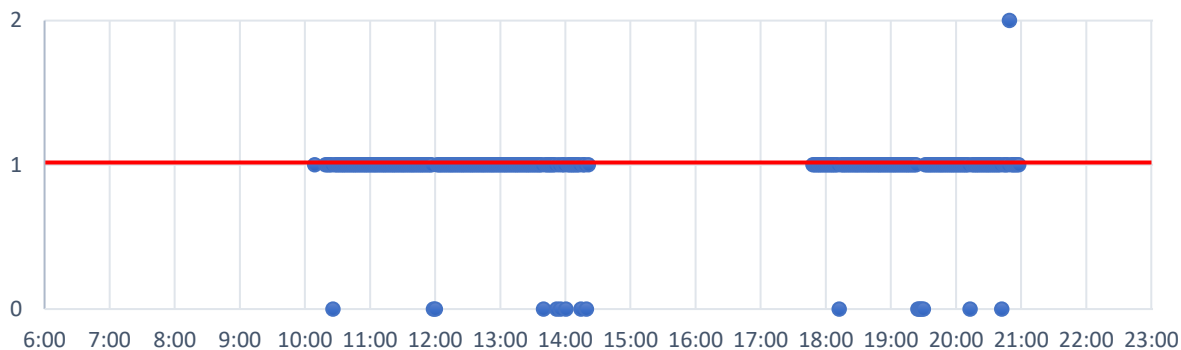


Όνομα ασθενούς : Ορχιδέα (Orchid)

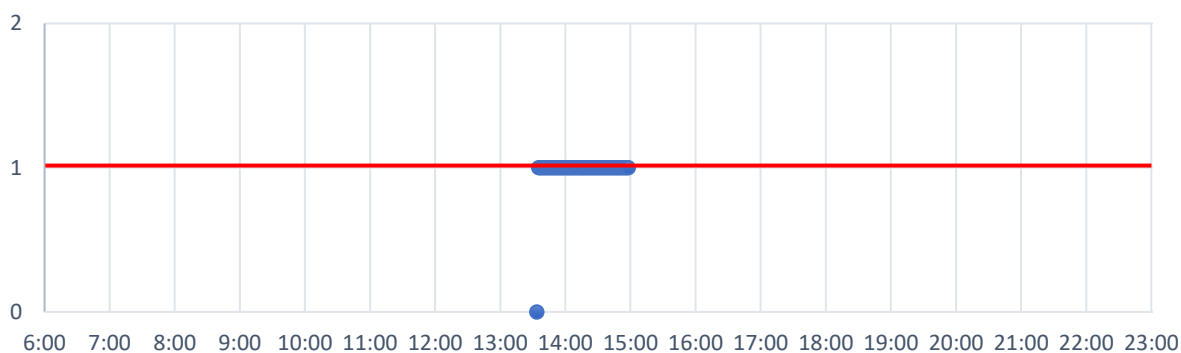
Κατάσταση ασθενούς : 1 (Ένα) – Συμπτώματα πρώτου σταδίου

Χρονική περίοδος αναφοράς από 20-01-2012 έως και 26-01-2012

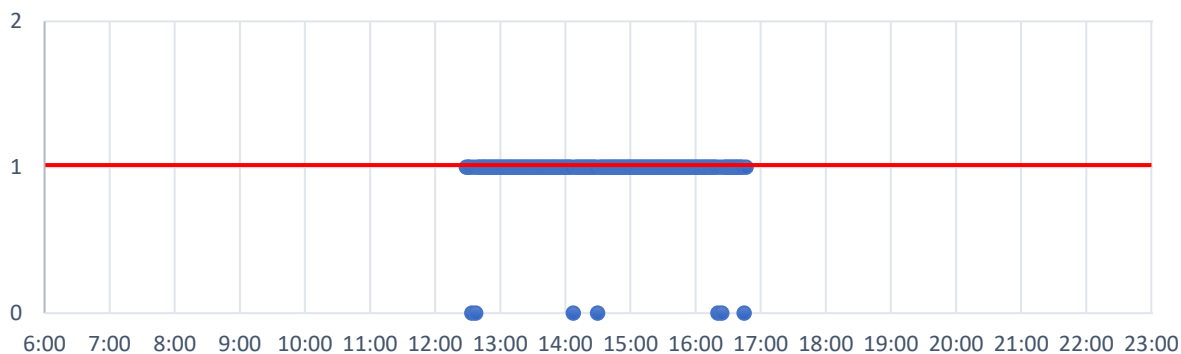
20-01-2012



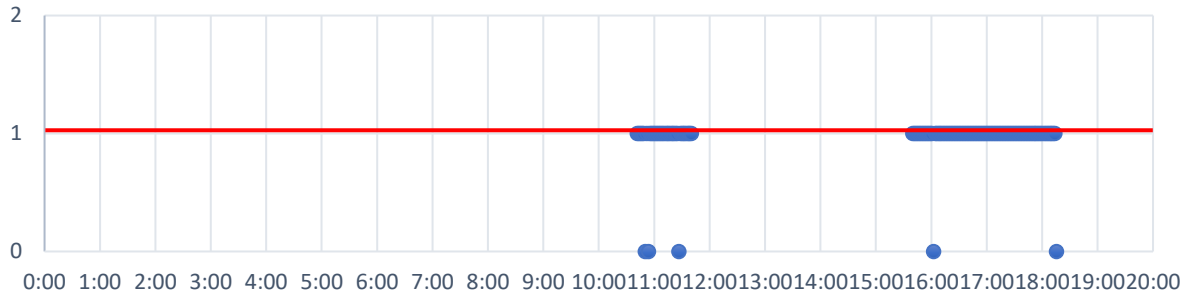
21-01-2012



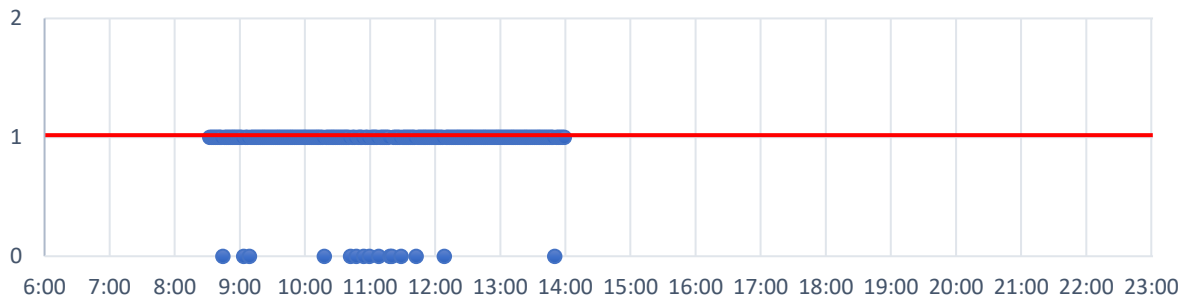
22-01-2012



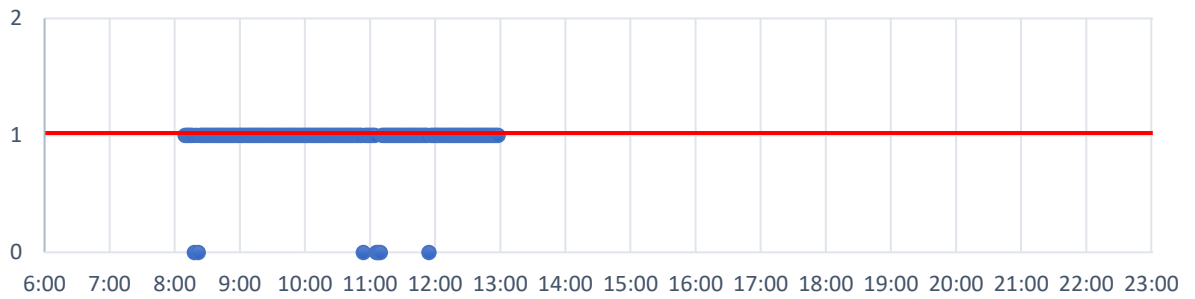
23-01-2012



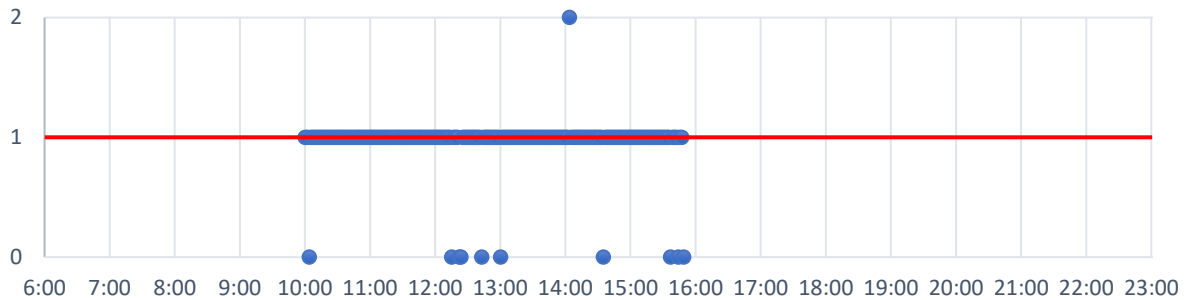
24-01-2012



25-01-2012



26-01-2012

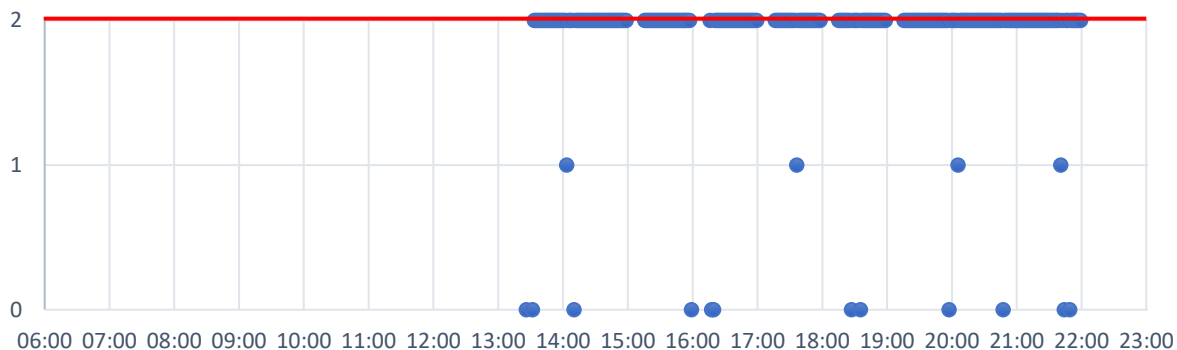


Όνομα ασθενούς : Φλοξ (Flox)

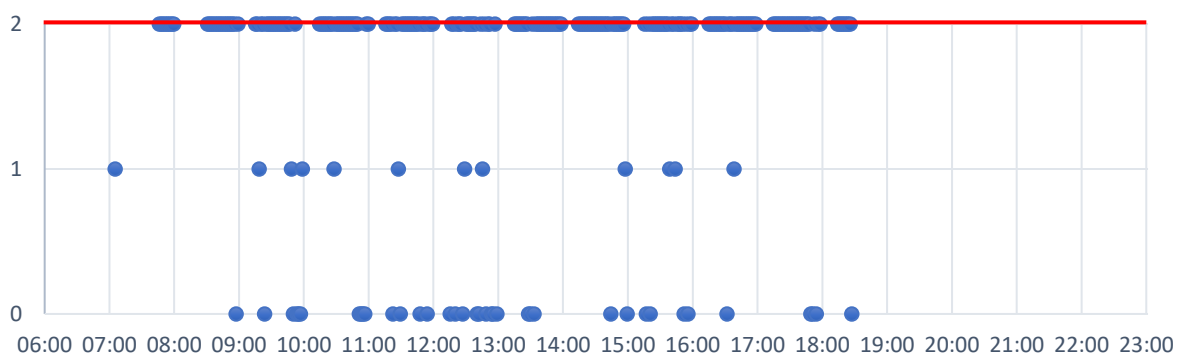
Κατάσταση ασθενούς : 2 (Δύο) – Συμπτώματα δεύτερου σταδίου

Χρονική περίοδος αναφοράς από 08-12-2011 έως και 14-12-2011

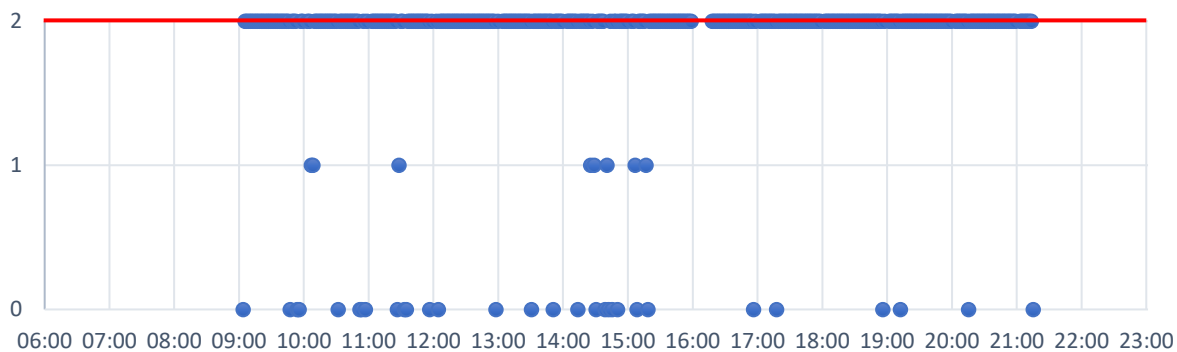
08-12-2011



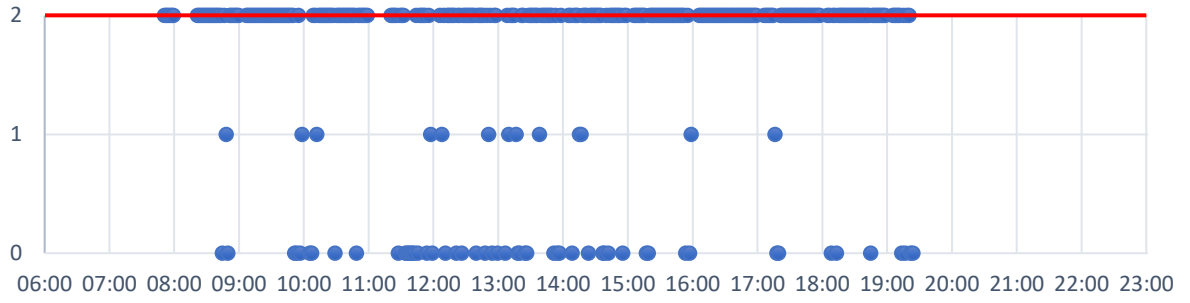
09-12-2011



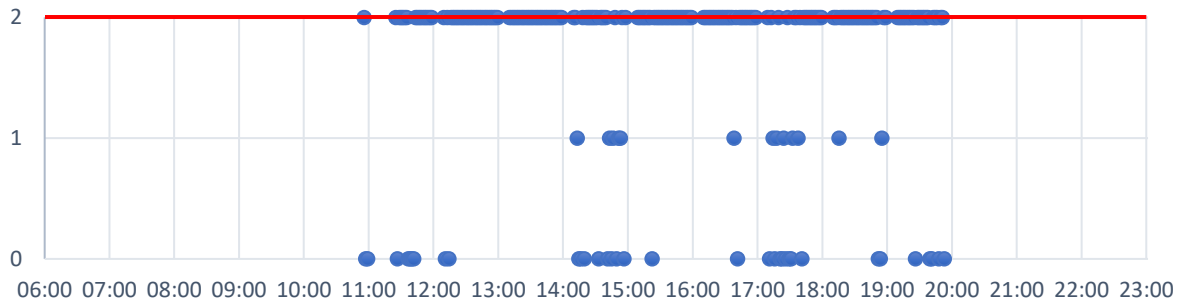
10-12-2011



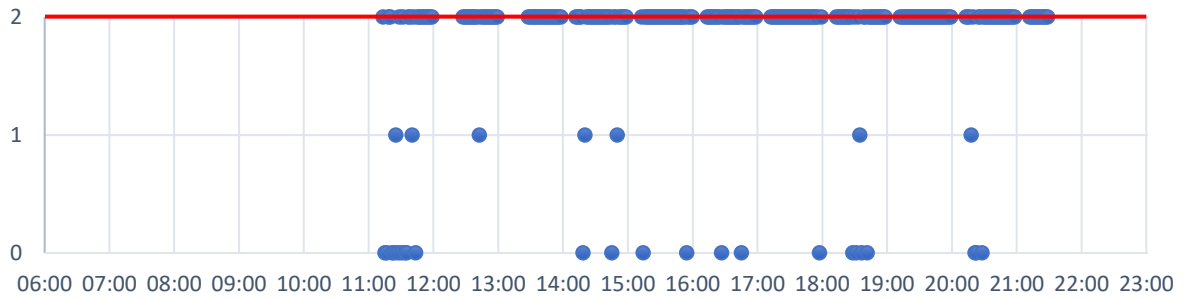
11-12-2011



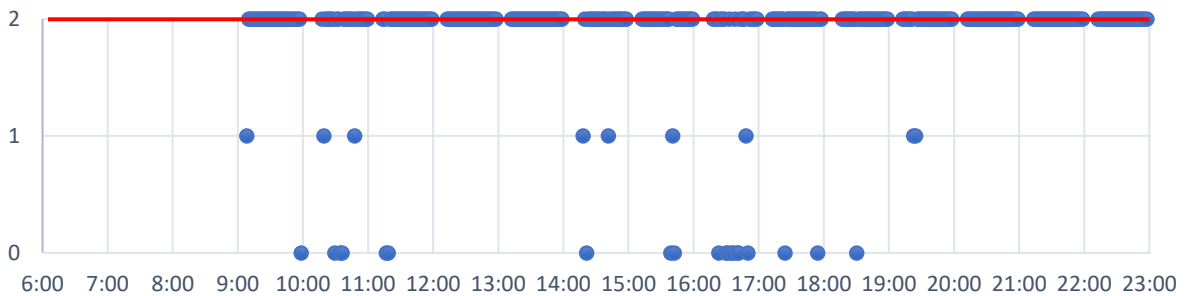
12-12-2011



13-12-2011



14-12-2011



Παραπάνω παρουσιάζονται τρεις συγκεντρωτικές αναφορές κατάστασης για ισάριθμους ασθενείς. Στην αρχή της αναφοράς υπάρχει το όνομα του ασθενούς, η κατάστασή του σύμφωνα με την μέχρι την έκδοση κατάταξή του, που συνοδεύεται από ένα σύντομο χαρακτηρισμό και τη χρονική περίοδο αναφοράς.

Ακολουθούν τα γραφήματα, που είναι ένα για κάθε ημέρα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η κόκκινη συνεχιζόμενη γραμμή δείχνει την πραγματική κατάσταση του ασθενούς όπως είχε εκτιμηθεί από την εξέταση που υποβλήθηκε πριν από την καταγραφή των δεδομένων, ενώ τα μπλε σημεία αποτυπώνουν την εκτιμώμενη κατάσταση του ασθενούς για τη δεδομένη χρονική στιγμή. Εύκολα κάποιος μπορεί να διαπιστώσει ότι ένα μεγάλο μέρος από τις μπλε κουκίδες είναι τοποθετημένες πάνω στην κόκκινη γραμμή. Αυτό σημαίνει ότι η ταξινόμηση του ασθενούς έγινε σωστά.

Υπάρχουν όμως και κάποιες από αυτές που είναι τοποθετημένες σε διαφορετικές τιμές από την τιμή ταξινόμησης. Αυτό είναι αναμενόμενο μιας και κατά τη διάρκεια της ημέρας οι συμμετέχοντες ενδεχομένως να ακολούθησαν κάποιες δραστηριότητες που προσωρινά άλλαξαν τη γενική κατάσταση του τρόμου. Επιπλέον η λήψη της φαρμακευτικής αγωγής και το πως επιδρά στον ασθενή, επηρεάζει την τιμή της κατάστασης του τρόμου.

Με βάση μια αναφορά κατάστασης Παρκινσονικού ασθενούς, ο θεράπων ιατρός μπορεί να λάβει την συνολική εικόνα του ασθενούς για μακροχρόνια διαστήματα, και σε συνδυασμό με την περιγραφή του ασθενούς, να χορηγήσει την κατάλληλη θεραπεία. Το συγκριτικό πλεονέκτημα της αναφοράς κατάστασης είναι ότι είναι αξιόπιστη και αντικειμενική, ενώ τα σχόλια και η περιγραφή της καθημερινότητας από τον ασθενή είναι πρόδηλα υποκειμενικά και μπορεί να οδηγήσουν σε λήψη μη στοχευμένης θεραπείας.

4.3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για κάθε ασθενή

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα της παρούσας εργασίας για κάθε συμμετέχοντα ταξινομημένα ανά κατάσταση τρόμου, με ακρίβεια πρόβλεψης σε επίπεδο ημέρας.

Όνομα ασθενούς	Ταξινόμηση ασθενούς	Πλήθος ημερών με δεδομένα	Ακρίβεια πρόβλεψης σε επίπεδο ημέρας
Κρίνος (Lilly)	0	58	98.28%
Ασφόδελος (Dafodil)	0	52	71.15%
Ηλιοτρόπιο (Sunflower)	0	39	100.00%
Πορτοκάλι (Orange)	0	26	100.00%
Μήλο (Apple)	0	24	100.00%
Κεράσι (Cherry)	0	18	100.00%
Τριαντάφυλλο (Rose)	0	15	93.33%
Μοσχομπίζελο (Sweetpea)	0	12	100.00%
Μαργαρίτα (Daisy)	1	85	95.29%
Ορχιδέα (Orchid)	1	70	100.00%
Βιολέτα (Violet)	1	64	100.00%
Παιώνια (Peony)	1	48	100.00%
Κρόκος (Crocus)	1	20	100.00%
Ίριδα (Iris)	1	6	100.00%
Σφένδαμος (Mapple)	2	58	100.00%
Φλοξ (Flox)	2	41	97.56%

Πίνακας 4.4 : Συνολικά αποτελέσματα εργασίας

Στο Παράρτημα Β παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα για κάθε συμμετέχοντα ταξινομημένα ανά κατάσταση τρόμου, με ακρίβεια πρόβλεψης σε επίπεδο ημέρας, για την μέθοδο της πολλαπλής διασταυρούμενης επικύρωσης.

Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε μια προσπάθεια αυτόματης αξιολόγησης της κινητικής κατάστασης ασθενών με την νόσο του Πάρκινσον, καθώς και υγείων συμμετεχόντων, με ανάλυση δεδομένων από καθημερινές δραστηριότητες. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από το επιταχυνσιόμετρο του κινητού τηλεφώνου των ασθενών και επεξεργάστηκαν και ταξινομήθηκαν με τελικό αποτέλεσμα την δημιουργία αναφορών κατάστασης ασθενών.

Παρατηρώντας τις αναφορές κατάστασης των ασθενών, που προέκυψαν έπειτα από την ταξινόμηση των δεδομένων, προκύπτει ότι η πραγματική κατάσταση του ασθενούς όπως είχε εκτιμηθεί από την εξέταση που υποβλήθηκε πριν από την καταγραφή των δεδομένων, συγκλίνει (κατά πλειοψηφία) με την αυτόματη εκτίμηση ως προς την κατάσταση του ασθενούς για κάθε δεδομένη χρονική στιγμή, επιτυγχάνοντας τη διάκριση μεταξύ των ασθενών με Πάρκινσον και των συμμετεχόντων στην ομάδα ελέγχου. Δεν είναι όμως δυνατός ο χαρακτηρισμός της εξέλιξης της κατάστασης των ασθενών από τις προαναφερόμενες αναφορές κατάστασης, μιας και αποτυπώνουν την πραγματική ταξινόμηση του ασθενούς, με μικρή διασπορά στις άλλες δύο

τιμές που όμως δεν κρίνεται ικανή για να χαρακτηρίσει αν η κατάσταση του ασθενούς βελτιώνεται ή χειροτερεύει. Επιπλέον αυτή η διασπορά τιμών ενδεχομένως να οφείλεται και σε εξωγενείς παράγοντες.

Τα δεδομένα που προέκυψαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον γιατρό για να ενισχύσει την εκτίμηση της κλινικής εικόνας του ασθενούς και να οδηγήσει στην χορήγηση της κατάλληλης και εξατομικευμένης θεραπείας. Δεδομένου ότι η εύρεση της βέλτιστης θεραπείας είτε πρόκειται για φάρμακα, είτε για τις δόσεις αυτών μπορεί να διαρκέσει χρόνια, η παραπάνω προσέγγιση μπορεί να βοηθήσει στην επιτάχυνσή της. Επιπλέον τα παραπάνω δεδομένα μπορούν να αξιολογηθούν από τους ασθενείς και να οδηγήσουν σε αυτοαξιολόγηση των κινητικών συμπτωμάτων τους, ώστε να είναι σε θέση οι ίδιοι να συσχετίσουν τις πληροφορίες αυτές με δραστηριότητες της καθημερινής τους ζωής, όπως για παράδειγμα η διατροφή ή η σωματική άσκηση, και να παρεμβαίνουν όπου απαιτείται.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε κυρίως ο αισθητήρας του επιταχυνσιόμετρου του κινητού τηλεφώνου. Ένας μελλοντικός στόχος είναι να χρησιμοποιηθούν τιμές και από άλλους αισθητήρες, ώστε τα αποτελέσματα που προκύπτουν να είναι πιο εμπεριστατωμένα και να επιτευχθεί και ο δεύτερος στόχος που τέθηκε στην αρχή της μελέτης, εκείνος του χαρακτηρισμού της εξέλιξης της κατάστασης των ασθενών.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε κυρίως ο αισθητήρας του επιταχυνσιόμετρου του κινητού τηλεφώνου. Ένας μελλοντικός στόχος είναι να χρησιμοποιηθούν τιμές και από άλλους αισθητήρες, ώστε τα αποτελέσματα που προκύπτουν να είναι πιο εμπεριστατωμένα και να επιτευχθεί και ο δεύτερος στόχος που τέθηκε στην αρχή της μελέτης, εκείνος του χαρακτηρισμού της εξέλιξης της κατάστασης των ασθενών.

Συμπερασματικά, η συνεχής παρακολούθηση των κινητικών συμπτωμάτων της νόσου του Πάρκινσον μέσω φορητών ή φορέσιμων συσκευών μπορεί να αποδώσει σημαντικές πληροφορίες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το γιατρό προκειμένου να παρέχει καλύτερη φροντίδα στους ασθενείς του, αλλά και από τους ίδιους τους ασθενείς έτσι ώστε να απολαμβάνουν καλύτερο επίπεδο ζωής. Μακροπρόθεσμα μπορεί να οδηγήσει σε μια πιο ανθρωποκεντρική προσέγγιση του ασθενούς και σε αλλαγή του παγκόσμιου συστήματος υγειονομικής περίθαλψης.

5.1 Συγκριτική μελέτη

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάστηκαν ανάλογες έρευνες με την παρούσα εργασία. Στον Πίνακα 5.1, παρατίθενται κάποιες από αυτές και συγκρίνονται με τη δική μας. Σε όλες τις μελέτες έχει γίνει χρήση του επιταχυνσιόμετρου του έξυπνου κινητού τηλεφώνου. Οι τρεις από αυτές καθώς και η παρούσα μελέτη, χρησιμοποιούν δεδομένα παθητικής καταγραφής, ενώ άλλες δύο κάνουν χρήση δεδομένων που έχουν συλλεχθεί ενεργητικά, δηλαδή με τη διενέργεια τεστ και κατά τη διάρκεια παιχνιδιών ισορροπίας.

Η έρευνα των Anantharam et al. [47] είναι η μόνη που χρησιμοποιεί το ίδιο σύνολο δεδομένων με την παρούσα εργασία. Σε αυτή την εργασία, για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα του μεγάλου όγκου δεδομένων, επιλέχθηκε να μειωθεί ο αριθμός των συμμετεχόντων από 16 σε 8, με αποτέλεσμα τα τελικά δεδομένα να αφορούν 5 ασθενείς και 3 υγιείς συμμετέχοντες. Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν επίσης δέντρα απόφασης, και η ακρίβεια ταξινόμησης που προέκυψε είναι 80%, αρκετά μικρότερη από εκείνη που έχει επιτευχθεί στην παρούσα ανάλυση (ακρίβεια πρόβλεψης: 87.29% (μέση) – ημερήσια ακρίβεια πρόβλεψης: 97.23%).

Μια ακόμη έρευνα με δεδομένα παθητικής συλλογής, που παρουσιάστηκε στη βιβλιογραφία, είναι των Cheng et al. [45]. Σε αυτή την περίπτωση το σύνολο των δεδομένων είναι σημαντικά μεγαλύτερο, ενώ χρησιμοποιήθηκε μοντέλο αναγνώρισης ανθρώπινης δραστηριότητας και βαθιά νευρωνικά δίκτυα. Τα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα υψηλά, πετυχαίνοντας ακρίβεια ταξινόμησης πάνω από 98%.

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται 2 έρευνες με ενεργητική συλλογή δεδομένων. Είναι των Iakovakis et al. [48] και Kuosmanen et al. [67]. Στην πρώτη τα δεδομένα συλλέχθηκαν με τη διενέργεια τεστ κατά τη διάρκεια των οποίων ελέγχθηκε ο ρυθμός χτυπήματος δαχτύλου στην οθόνη του κινητού τηλεφώνου, ενώ στη δεύτερη συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια παιχνιδιών ισορροπίας. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε στην πρώτη είναι Logistic Regression Classifier, ενώ στη δεύτερη η Welch. Η ακρίβεια πρόβλεψη στην πρώτη είναι 80%, ενώ στη δεύτερη τα αποτελέσματα είναι ποιοτικά. Στην έρευνα των Kuosmanen et al. που περιλαμβάνει ενεργητική και παθητική καταγραφή δεδομένων [67], την εξαγωγή των χαρακτηριστικών ακολούθησε στατιστική ανάλυση, ενώ τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι επίσης ποιοτικά.

Εργασία	Σύνολο Δεδομένων	Είδος	Επεξεργασία	Στόχος	Αποτελέσματα
Anantharam et al. [47]	16 συμμετέχοντες (8 υγιείς / 6 UPDRS=1 / 2 UPDRS>=2). Τελικό δείγμα 8 συμμετέχοντες (5 ασθενείς/3 υγιείς)	Παθητική καταγραφή	Εξαγωγή χαρακτηριστικών – Δέντρα απόφασης	Διάκριση και αξιολόγηση ασθενών PD	Ακρίβεια πρόβλεψης: 80.00%
Cheng et al. [45]	79 συμμετέχοντες (44 ασθενείς/35 υγιείς), >30.000 ώρες καταγραφών	Παθητική καταγραφή	Μοντέλο αναγνώρισης ανθρώπινης δραστηριότητας - Βαθιά νευρωνικά δίκτυα	Διάκριση και αξιολόγηση ασθενών PD	Ακρίβεια πρόβλεψης: >98.00%
Iakovakis et al.	33 συμμετέχοντες (18 ασθενείς/15 υγιείς)	Ενεργητική καταγραφή	Εξαγωγή χαρακτηριστικών (χρόνου, ρυθμού πίεσης πλήκτρου) - Logistic Regression Classifier	Διάκριση και αξιολόγηση ασθενών PD (Ρυθμός χτυπήματος δαχτύλου)	Ακρίβεια πρόβλεψης: 82.00%
Chén et al. [48]	72 συμμετέχοντες (37 ασθενείς/35 υγιείς)	Ενεργητική & παθητική καταγραφή	Εξαγωγή χαρακτηριστικών (ισορροπίας, επιδεξιότητας, βαδίσματος, τρόμου και φωνής) – Στατιστική ανάλυση	Διάκριση και αξιολόγηση ασθενών PD (Ισορροπία, βάδισμα, τρόμος και φωνή)	Ποιοτικά αποτελέσματα
Kuosmanen et al. [67]	13 συμμετέχοντες/ασθενείς, ≈370 λεπτά καταγραφών	Ενεργητική καταγραφή	Μέθοδος Welch - Δημιουργία περιοδογραμμάτων δεδομένων επιταχυνσιόμετρου	Αξιολόγηση τρόμου χεριών και εκτίμηση της επίδρασης των φαρμάκων	Ποιοτικά αποτελέσματα
Παρούσα εργασία	16 συμμετέχοντες (8 υγιείς / 6 UPDRS=1 / 2 UPDRS>=2), >2.000 ώρες καταγραφών	Παθητική καταγραφή	Εξαγωγή χαρακτηριστικών (χρόνου, συχνότητας) – Δέντρα απόφασης	Διάκριση και αξιολόγηση ασθενών PD	Ακρίβεια πρόβλεψης: 87.29% (μέση) Ημερήσια ακρίβεια πρόβλεψης: 97.23%

Πίνακας 5.1 : Συγκριτική μελέτη

Παράρτημα Α

Ακρίβεια πρόβλεψης αποτελεσμάτων με τη μέθοδο Leave-one patient-out

Ασφόδελος (Dafodil)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
18/12/2011	0	1	0	0.00%
19/12/2011	162	146	26	48.50%
20/12/2011	171	109	12	58.56%
22/12/2011	136	32	2	80.00%
23/12/2011	5	16	1	22.73%
11/1/2012	349	79	6	80.41%
12/1/2012	224	126	6	62.92%
13/1/2012	158	57	6	71.49%
14/1/2012	100	59	2	62.11%
15/1/2012	79	54	1	58.96%
16/1/2012	284	53	3	83.53%
17/1/2012	338	57	2	85.14%
18/1/2012	289	60	3	82.10%
19/1/2012	392	23	2	94.00%
20/1/2012	352	37	3	89.80%
21/1/2012	159	31	1	83.25%
23/1/2012	256	71	1	78.05%
24/1/2012	272	109	4	70.65%
25/1/2012	412	23	1	94.50%
26/1/2012	248	95	1	72.09%
27/1/2012	194	26	1	87.78%
28/1/2012	77	56	1	57.46%
29/1/2012	5	1	1	71.43%
30/1/2012	151	113	6	55.93%
31/1/2012	77	92	15	41.85%
1/2/2012	167	55	12	71.37%
2/2/2012	101	19	2	82.79%
3/2/2012	132	33	4	78.11%
5/2/2012	42	51	2	44.21%
6/2/2012	168	86	11	63.40%
7/2/2012	114	52	6	66.28%

8/2/2012	35	22	6	55.56%
9/2/2012	122	41	5	72.62%
10/2/2012	49	50	5	47.12%
13/2/2012	128	155	18	42.52%
14/2/2012	72	71	13	46.15%
15/2/2012	96	19	4	80.67%
16/2/2012	160	29	2	83.77%
17/2/2012	112	23	2	81.75%
19/2/2012	3	6	3	25.00%
20/2/2012	150	54	3	72.46%
21/2/2012	129	118	17	48.86%
22/2/2012	94	75	13	51.65%
23/2/2012	117	41	9	70.06%
24/2/2012	78	103	7	41.49%
26/2/2012	23	89	0	20.54%
27/2/2012	92	118	11	41.63%
28/2/2012	114	88	6	54.81%
29/2/2012	96	58	6	60.00%
1/3/2012	135	25	3	82.82%
2/3/2012	50	50	4	48.08%
5/3/2012	59	77	6	41.55%

Βιολέτα (Violet)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
29/12/2011	2	20	0	90.91%
30/12/2011	14	112	0	88.89%
31/12/2011	7	81	0	92.05%
1/1/2012	12	58	1	81.69%
2/1/2012	2	39	0	95.12%
3/1/2012	5	43	0	89.58%
4/1/2012	4	61	1	92.42%
5/1/2012	11	52	1	81.25%
6/1/2012	0	14	0	100.00%
7/1/2012	9	157	1	94.01%
8/1/2012	27	164	1	85.42%
9/1/2012	14	189	1	92.65%
10/1/2012	30	216	2	87.10%
11/1/2012	30	217	2	87.15%

12/1/2012	24	177	2	87.19%
13/1/2012	20	172	0	89.58%
14/1/2012	29	144	0	83.24%
15/1/2012	9	169	0	94.94%
16/1/2012	22	183	3	87.98%
17/1/2012	25	186	3	86.92%
18/1/2012	21	272	3	91.89%
19/1/2012	28	205	2	87.23%
20/1/2012	23	158	0	87.29%
21/1/2012	6	78	0	92.86%
22/1/2012	22	193	0	89.77%
23/1/2012	22	211	0	90.56%
24/1/2012	45	197	1	81.07%
25/1/2012	32	276	3	88.75%
26/1/2012	15	208	0	93.27%
27/1/2012	8	157	0	95.15%
28/1/2012	13	127	0	90.71%
29/1/2012	13	166	0	92.74%
30/1/2012	28	164	1	84.97%
31/1/2012	23	190	4	87.56%
1/2/2012	27	172	1	86.00%
2/2/2012	44	235	4	83.04%
3/2/2012	8	129	0	94.16%
4/2/2012	17	139	1	88.54%
5/2/2012	7	143	0	95.33%
6/2/2012	31	161	4	82.14%
7/2/2012	41	172	1	80.37%
8/2/2012	32	163	1	83.16%
9/2/2012	26	274	1	91.03%
10/2/2012	28	161	2	84.29%
11/2/2012	11	157	0	93.45%
13/2/2012	14	147	0	91.30%
14/2/2012	33	183	0	84.72%
15/2/2012	24	168	0	87.50%
16/2/2012	16	181	1	91.41%
17/2/2012	36	174	2	82.08%
18/2/2012	14	208	2	92.86%
19/2/2012	24	147	1	85.47%
20/2/2012	31	169	0	84.50%
21/2/2012	36	177	2	82.33%
22/2/2012	24	174	1	87.44%

23/2/2012	26	169	0	86.67%
24/2/2012	31	163	0	84.02%
25/2/2012	19	145	0	88.41%
26/2/2012	31	171	1	84.24%
27/2/2012	19	185	1	90.24%
28/2/2012	31	174	3	83.65%
29/2/2012	27	151	5	82.51%
1/3/2012	22	485	1	95.47%
2/3/2012	18	156	0	89.66%

Ηλιοτρόπιο (Sunflower)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
30/12/2011	28	2	0	93.33%
31/12/2011	23	12	0	65.71%
1/1/2012	31	15	3	63.27%
2/1/2012	40	3	0	93.02%
3/1/2012	32	17	0	65.31%
4/1/2012	24	4	1	82.76%
5/1/2012	22	11	0	66.67%
6/1/2012	120	30	3	78.43%
7/1/2012	94	41	1	69.12%
8/1/2012	116	38	3	73.89%
9/1/2012	40	11	1	76.92%
10/1/2012	113	33	2	76.35%
11/1/2012	160	32	3	82.05%
12/1/2012	100	45	1	68.49%
13/1/2012	155	46	0	77.11%
14/1/2012	160	41	6	77.29%
25/1/2012	213	1	0	99.53%
26/1/2012	207	2	0	99.04%
27/1/2012	130	0	0	100.00%
28/1/2012	205	0	1	99.51%
29/1/2012	166	47	1	77.57%
30/1/2012	194	20	0	90.65%
31/1/2012	132	25	0	84.08%
1/2/2012	117	42	3	72.22%
2/2/2012	171	43	2	79.17%
3/2/2012	267	74	3	77.62%

4/2/2012	162	48	3	76.06%
5/2/2012	221	1	0	99.55%
6/2/2012	208	0	0	100.00%
7/2/2012	218	0	0	100.00%
8/2/2012	139	0	0	100.00%
9/2/2012	218	1	0	99.54%
10/2/2012	145	0	0	100.00%
11/2/2012	169	1	1	98.83%
28/2/2012	71	22	0	76.34%
29/2/2012	149	24	1	85.63%
1/3/2012	157	28	5	82.63%
2/3/2012	158	31	1	83.16%
3/3/2012	160	73	0	68.67%

Ίριδα (Iris)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
13/1/2012	11	140	4	90.32%
14/1/2012	10	168	3	92.82%
15/1/2012	7	91	5	88.35%
16/1/2012	1	8	0	88.89%
18/1/2012	2	32	2	88.89%
19/1/2012	5	246	0	98.01%

Κρίνος (Lilly)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
28/12/2011	0	1	0	0.00%
29/12/2011	106	23	0	82.17%
30/12/2011	149	39	1	78.84%
31/12/2011	54	5	1	90.00%
1/1/2012	127	28	2	80.89%
2/1/2012	149	37	0	80.11%
3/1/2012	129	35	4	76.79%
4/1/2012	140	35	0	80.00%
5/1/2012	144	48	3	73.85%
6/1/2012	309	45	2	86.80%

7/1/2012	229	25	4	88.76%
8/1/2012	240	32	1	87.91%
9/1/2012	167	38	1	81.07%
10/1/2012	136	34	0	80.00%
11/1/2012	129	69	0	65.15%
12/1/2012	138	21	1	86.25%
13/1/2012	134	13	0	91.16%
14/1/2012	114	31	5	76.00%
15/1/2012	154	14	0	91.67%
16/1/2012	301	58	3	83.15%
17/1/2012	139	45	0	75.54%
18/1/2012	150	20	5	85.71%
19/1/2012	240	1	0	99.59%
20/1/2012	344	2	1	99.14%
21/1/2012	347	0	0	100.00%
22/1/2012	282	5	1	97.92%
23/1/2012	162	0	0	100.00%
24/1/2012	394	6	1	98.25%
25/1/2012	257	1	0	99.61%
26/1/2012	208	84	4	70.27%
27/1/2012	166	24	0	87.37%
28/1/2012	238	55	6	79.60%
29/1/2012	150	0	0	100.00%
30/1/2012	126	0	0	100.00%
31/1/2012	246	0	0	100.00%
1/2/2012	221	0	0	100.00%
2/2/2012	117	0	1	99.15%
3/2/2012	131	0	0	100.00%
4/2/2012	165	0	1	99.40%
5/2/2012	379	0	0	100.00%
6/2/2012	171	0	0	100.00%
7/2/2012	173	1	0	99.43%
9/2/2012	163	0	0	100.00%
10/2/2012	232	0	0	100.00%
11/2/2012	124	4	0	96.88%
12/2/2012	266	0	0	100.00%
13/2/2012	19	0	0	100.00%
14/2/2012	145	0	0	100.00%
15/2/2012	25	0	0	100.00%
17/2/2012	257	0	0	100.00%
19/2/2012	174	2	1	98.31%

20/2/2012	145	22	1	86.31%
21/2/2012	129	47	5	71.27%
22/2/2012	130	11	2	90.91%
24/2/2012	154	36	2	80.21%
27/2/2012	170	18	0	90.43%
28/2/2012	198	57	4	76.45%
29/2/2012	137	33	3	79.19%

Κρόκος (Crocus)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
29/11/2011	10	188	2	94.00%
30/11/2011	48	178	8	76.07%
1/12/2011	19	56	2	72.73%
2/12/2011	10	93	0	90.29%
16/1/2012	2	143	0	98.62%
17/1/2012	5	166	0	97.08%
18/1/2012	0	83	1	98.81%
25/1/2012	4	70	0	94.59%
6/2/2012	1	140	0	99.29%
7/2/2012	5	189	0	97.42%
8/2/2012	15	179	0	92.27%
9/2/2012	15	173	0	92.02%
15/2/2012	2	145	0	98.64%
17/2/2012	4	65	0	94.20%
20/2/2012	2	176	0	98.88%
21/2/2012	6	105	0	94.59%
24/2/2012	5	205	0	97.62%
25/2/2012	13	114	0	89.76%
29/2/2012	1	171	0	99.42%
1/3/2012	5	188	1	96.91%

Μαργαρίτα (Daisy)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
30/10/2011	29	114	14	72.61%
31/10/2011	26	97	12	71.85%

1/11/2011	19	196	17	84.48%
2/11/2011	40	189	18	76.52%
3/11/2011	51	249	21	77.57%
4/11/2011	34	170	18	76.58%
5/11/2011	23	27	7	47.37%
25/11/2011	21	6	9	16.67%
30/11/2011	66	189	18	69.23%
1/12/2011	52	214	15	76.16%
2/12/2011	31	274	10	86.98%
3/12/2011	23	108	16	73.47%
5/12/2011	46	230	10	80.42%
7/12/2011	11	169	9	89.42%
10/12/2011	17	155	7	86.59%
11/12/2011	27	164	12	80.79%
12/12/2011	44	160	19	71.75%
13/12/2011	50	170	17	71.73%
14/12/2011	69	214	14	72.05%
15/12/2011	25	102	8	75.56%
16/12/2011	41	175	11	77.09%
17/12/2011	47	156	17	70.91%
18/12/2011	46	140	17	68.97%
19/12/2011	23	174	4	86.57%
20/12/2011	66	213	21	71.00%
21/12/2011	19	64	3	74.42%
22/12/2011	61	192	19	70.59%
23/12/2011	53	128	18	64.32%
24/12/2011	11	59	7	76.62%
25/12/2011	41	138	19	69.70%
26/12/2011	9	119	5	89.47%
27/12/2011	59	169	13	70.12%
28/12/2011	49	255	15	79.94%
29/12/2011	31	88	19	63.77%
30/12/2011	40	94	8	66.20%
31/12/2011	50	83	19	54.61%
1/1/2012	25	107	15	72.79%
2/1/2012	35	60	7	58.82%
3/1/2012	41	109	7	69.43%
4/1/2012	66	66	22	42.86%
5/1/2012	17	191	5	89.67%
6/1/2012	16	202	6	90.18%
7/1/2012	12	146	1	91.82%

8/1/2012	8	95	1	91.35%
9/1/2012	8	211	3	95.05%
10/1/2012	28	215	5	86.69%
11/1/2012	12	151	2	91.52%
12/1/2012	22	255	3	91.07%
13/1/2012	8	254	1	96.58%
14/1/2012	28	178	12	81.65%
15/1/2012	8	123	1	93.18%
16/1/2012	16	317	1	94.91%
17/1/2012	11	211	1	94.62%
18/1/2012	9	147	2	93.04%
19/1/2012	8	104	1	92.04%
20/1/2012	14	136	4	88.31%
21/1/2012	16	74	9	74.75%
22/1/2012	28	168	17	78.87%
23/1/2012	13	173	1	92.51%
24/1/2012	35	378	3	90.87%
25/1/2012	17	270	5	92.47%
26/1/2012	36	165	16	76.04%
27/1/2012	13	38	7	65.52%
28/1/2012	13	62	5	77.50%
29/1/2012	32	229	13	83.58%
30/1/2012	43	206	23	75.74%
31/1/2012	33	153	10	78.06%
1/2/2012	21	119	3	83.22%
2/2/2012	22	109	8	78.42%
3/2/2012	7	187	7	93.03%
4/2/2012	51	331	31	80.15%
5/2/2012	33	320	32	83.12%
6/2/2012	35	172	11	78.90%
7/2/2012	47	299	16	82.60%
8/2/2012	19	67	7	72.04%
10/2/2012	51	135	5	70.68%
11/2/2012	81	258	27	70.49%
12/2/2012	31	310	25	84.70%
13/2/2012	82	156	11	62.65%
14/2/2012	22	242	6	89.63%
15/2/2012	70	225	12	73.29%
16/2/2012	44	227	10	80.78%
26/2/2012	15	30	4	61.22%
27/2/2012	25	183	10	83.94%

28/2/2012	23	20	3	43.48%
-----------	----	----	---	--------

Μήλο (Apple)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
15/12/2011	1	0	0	100.00%
20/12/2011	1	0	0	100.00%
21/12/2011	6	0	0	100.00%
6/1/2012	193	24	1	88.53%
7/1/2012	22	3	0	88.00%
8/1/2012	294	25	2	91.59%
9/1/2012	148	4	1	96.73%
10/1/2012	178	36	1	82.79%
11/1/2012	179	29	1	85.65%
6/2/2012	4	0	0	100.00%
7/2/2012	73	20	1	77.66%
8/2/2012	144	17	1	88.89%
10/2/2012	106	25	3	79.10%
12/2/2012	176	10	1	94.12%
13/2/2012	144	22	2	85.71%
14/2/2012	120	10	4	89.55%
15/2/2012	141	17	1	88.68%
16/2/2012	159	9	0	94.64%
17/2/2012	159	9	1	94.08%
18/2/2012	80	2	0	97.56%
19/2/2012	168	42	4	78.50%
20/2/2012	239	26	2	89.51%
21/2/2012	219	34	3	85.55%
22/2/2012	223	5	0	97.81%

Μοσχομπίζελο (Sweetpea)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
23/2/2012	135	22	1	85.44%
24/2/2012	173	24	0	87.82%
25/2/2012	135	25	2	83.33%

26/2/2012	106	10	3	89.08%
27/2/2012	179	19	1	89.95%
29/2/2012	163	26	0	86.24%
1/3/2012	80	5	0	94.12%
2/3/2012	175	26	0	87.06%
3/3/2012	183	14	0	92.89%
4/3/2012	224	12	0	94.92%
5/3/2012	160	29	2	83.77%
7/3/2012	145	29	0	83.33%

Παιώνια (Peony)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
18/11/2011	32	87	4	70.73%
19/11/2011	25	71	5	70.30%
20/11/2011	64	130	6	65.00%
21/11/2011	62	99	6	59.28%
23/11/2011	33	52	4	58.43%
24/11/2011	1	4	0	80.00%
19/12/2011	0	1	0	100.00%
20/12/2011	1	1	0	50.00%
21/12/2011	0	5	0	100.00%
22/12/2011	0	1	0	100.00%
29/12/2011	11	21	1	63.64%
30/12/2011	9	83	0	90.22%
31/12/2011	17	54	0	76.06%
1/1/2012	13	65	3	80.25%
2/1/2012	8	42	0	84.00%
3/1/2012	2	17	0	89.47%
4/1/2012	14	40	0	74.07%
21/1/2012	23	143	3	84.62%
22/1/2012	26	149	1	84.66%
23/1/2012	36	134	4	77.01%
24/1/2012	50	165	5	75.00%
25/1/2012	19	107	3	82.95%
26/1/2012	38	173	7	79.36%
27/1/2012	27	131	3	81.37%
28/1/2012	14	271	0	95.09%
29/1/2012	0	408	0	100.00%

30/1/2012	28	126	2	80.77%
1/2/2012	45	258	7	83.23%
2/2/2012	35	346	1	90.58%
3/2/2012	30	186	2	85.32%
4/2/2012	35	130	4	76.92%
5/2/2012	22	61	3	70.93%
6/2/2012	32	115	1	77.70%
7/2/2012	28	118	2	79.73%
8/2/2012	39	162	1	80.20%
9/2/2012	36	121	6	74.23%
10/2/2012	23	77	2	75.49%
16/2/2012	14	78	1	83.87%
17/2/2012	37	137	3	77.40%
21/2/2012	1	18	0	94.74%
22/2/2012	29	134	1	81.71%
23/2/2012	27	161	0	85.64%
25/2/2012	27	118	0	81.38%
26/2/2012	19	136	0	87.74%
27/2/2012	35	134	1	78.82%
28/2/2012	17	113	1	86.26%
29/2/2012	23	123	0	84.25%
1/3/2012	8	91	0	91.92%

Πορτοκάλι (Orange)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
21/1/2012	145	19	0	88.41%
22/1/2012	198	39	5	81.82%
23/1/2012	182	14	7	89.66%
24/1/2012	219	13	2	93.59%
25/1/2012	304	21	3	92.68%
26/1/2012	182	14	1	92.39%
27/1/2012	205	25	4	87.61%
28/1/2012	303	52	14	82.11%
29/1/2012	200	32	4	84.75%
30/1/2012	314	23	1	92.90%
31/1/2012	138	10	0	93.24%
1/2/2012	197	33	3	84.55%
2/2/2012	224	7	0	96.97%

3/2/2012	162	9	2	93.64%
4/2/2012	191	55	3	76.71%
5/2/2012	222	29	1	88.10%
6/2/2012	216	16	2	92.31%
7/2/2012	137	6	2	94.48%
8/2/2012	196	19	5	89.09%
9/2/2012	204	13	4	92.31%
10/2/2012	166	26	7	83.42%
14/2/2012	201	23	0	89.73%
16/2/2012	155	10	1	93.37%
5/3/2012	209	11	2	94.14%
6/3/2012	188	9	1	94.95%
7/3/2012	209	9	2	95.00%

Σφένδαμος (Mapple)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
1/1/2012	3	5	41	83.67%
2/1/2012	16	20	119	76.77%
3/1/2012	15	24	86	68.80%
4/1/2012	13	15	91	76.47%
5/1/2012	15	26	62	60.19%
6/1/2012	10	24	82	70.69%
7/1/2012	7	10	130	88.44%
8/1/2012	30	52	291	78.02%
9/1/2012	20	33	425	88.91%
10/1/2012	15	28	383	89.91%
11/1/2012	16	18	243	87.73%
12/1/2012	19	15	117	77.48%
13/1/2012	9	26	158	81.87%
14/1/2012	26	37	264	80.73%
15/1/2012	17	19	188	83.93%
16/1/2012	15	31	141	75.40%
17/1/2012	14	20	448	92.95%
18/1/2012	1	5	328	98.20%
19/1/2012	11	23	154	81.91%
23/1/2012	0	0	2	100.00%
24/1/2012	3	5	58	87.88%
26/1/2012	5	12	185	91.58%

27/1/2012	22	30	443	89.49%
28/1/2012	25	33	617	91.41%
29/1/2012	34	55	415	82.34%
30/1/2012	10	20	681	95.78%
31/1/2012	12	25	179	82.87%
1/2/2012	15	31	288	86.23%
2/2/2012	23	40	143	69.42%
3/2/2012	21	30	127	71.35%
4/2/2012	18	53	243	77.39%
5/2/2012	30	45	255	77.27%
6/2/2012	17	28	291	86.61%
7/2/2012	4	12	136	89.47%
8/2/2012	18	20	280	88.05%
9/2/2012	15	28	183	80.97%
10/2/2012	30	37	243	78.39%
11/2/2012	13	21	138	80.23%
12/2/2012	12	24	135	78.95%
13/2/2012	22	33	105	65.63%
14/2/2012	12	14	177	87.19%
15/2/2012	21	41	145	70.05%
16/2/2012	20	25	395	89.77%
17/2/2012	24	39	511	89.02%
19/2/2012	11	21	149	82.32%
20/2/2012	25	46	202	73.99%
21/2/2012	35	56	238	72.34%
22/2/2012	1	0	195	99.49%
23/2/2012	16	21	278	88.25%
24/2/2012	27	26	455	89.57%
25/2/2012	14	10	318	92.98%
26/2/2012	18	42	118	66.29%
27/2/2012	33	52	215	71.67%
28/2/2012	17	33	282	84.94%
29/2/2012	24	38	733	92.20%
1/3/2012	31	49	715	89.94%
2/3/2012	12	20	355	91.73%
3/3/2012	0	0	41	100.00%

Τριαντάφυλλο (Rose)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
6/11/2011	0	0	1	0.00%
7/11/2011	186	54	4	76.23%
8/11/2011	68	16	2	79.07%
9/11/2011	199	47	5	79.28%
10/11/2011	100	12	4	86.21%
20/12/2011	99	28	3	76.15%
21/12/2011	233	43	11	81.18%
23/12/2011	113	31	4	76.35%
25/12/2011	38	21	4	60.32%
26/12/2011	22	1	1	91.67%
10/1/2012	128	19	2	85.91%
12/1/2012	276	17	2	93.56%
13/1/2012	273	24	1	91.61%
16/1/2012	85	12	5	83.33%
18/1/2012	19	12	5	52.78%

Ακρίβεια πρόβλεψης αποτελεσμάτων με τη μέθοδο 10-fold cross-validation

Ασφόδελος (Dafodil)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
18/12/2011	1	0	0	100.00%
19/12/2011	243	80	11	72.75%
20/12/2011	230	59	3	78.77%
22/12/2011	153	16	1	90.00%
23/12/2011	14	6	2	63.64%
11/1/2012	367	64	3	84.56%
12/1/2012	264	85	7	74.16%
13/1/2012	174	43	4	78.73%
14/1/2012	107	49	5	66.46%
15/1/2012	92	40	2	68.66%
16/1/2012	299	38	3	87.94%
17/1/2012	358	39	0	90.18%
18/1/2012	298	50	4	84.66%
19/1/2012	395	22	0	94.72%
20/1/2012	360	30	2	91.84%
21/1/2012	166	25	0	86.91%
23/1/2012	278	48	2	84.76%
24/1/2012	321	64	0	83.38%
25/1/2012	419	17	0	96.10%
26/1/2012	281	63	0	81.69%
27/1/2012	198	21	2	89.59%
28/1/2012	91	43	0	67.91%
29/1/2012	6	0	1	85.71%
30/1/2012	202	64	4	74.81%
31/1/2012	140	38	6	76.09%
1/2/2012	203	25	6	86.75%
2/2/2012	110	11	1	90.16%
3/2/2012	149	15	5	88.17%
5/2/2012	70	24	1	73.68%
6/2/2012	212	46	7	80.00%
7/2/2012	141	30	1	81.98%
8/2/2012	47	14	2	74.60%
9/2/2012	139	26	3	82.74%

10/2/2012	75	26	3	72.12%
13/2/2012	216	74	11	71.76%
14/2/2012	109	40	7	69.87%
15/2/2012	106	11	2	89.08%
16/2/2012	174	17	0	91.10%
17/2/2012	124	11	2	90.51%
19/2/2012	10	1	1	83.33%
20/2/2012	180	26	1	86.96%
21/2/2012	198	59	7	75.00%
22/2/2012	134	38	10	73.63%
23/2/2012	147	19	1	88.02%
24/2/2012	126	58	4	67.02%
26/2/2012	49	63	0	43.75%
27/2/2012	158	59	4	71.49%
28/2/2012	153	53	2	73.56%
29/2/2012	129	28	3	80.63%
1/3/2012	142	16	5	87.12%
2/3/2012	77	23	4	74.04%
5/3/2012	103	35	4	72.54%

Βιολέτα (Violet)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
29/12/2011	2	20	0	90.91%
30/12/2011	8	118	0	93.65%
31/12/2011	8	80	0	90.91%
1/1/2012	7	62	2	87.32%
2/1/2012	2	39	0	95.12%
3/1/2012	2	46	0	95.83%
4/1/2012	6	60	0	90.91%
5/1/2012	6	57	1	89.06%
6/1/2012	1	13	0	92.86%
7/1/2012	5	162	0	97.01%
8/1/2012	16	176	0	91.67%
9/1/2012	4	200	0	98.04%
10/1/2012	21	224	3	90.32%
11/1/2012	17	231	1	92.77%
12/1/2012	12	190	1	93.60%
13/1/2012	10	182	0	94.79%

14/1/2012	10	162	1	93.64%
15/1/2012	3	174	1	97.75%
16/1/2012	13	195	0	93.75%
17/1/2012	10	203	1	94.86%
18/1/2012	17	277	2	93.58%
19/1/2012	16	217	2	92.34%
20/1/2012	10	170	1	93.92%
21/1/2012	1	82	1	97.62%
22/1/2012	15	199	1	92.56%
23/1/2012	10	223	0	95.71%
24/1/2012	25	214	4	88.07%
25/1/2012	16	293	2	94.21%
26/1/2012	7	216	0	96.86%
27/1/2012	5	160	0	96.97%
28/1/2012	3	137	0	97.86%
29/1/2012	8	168	3	93.85%
30/1/2012	16	177	0	91.71%
31/1/2012	17	199	1	91.71%
1/2/2012	13	187	0	93.50%
2/2/2012	18	262	3	92.58%
3/2/2012	1	136	0	99.27%
4/2/2012	10	146	1	92.99%
5/2/2012	5	145	0	96.67%
6/2/2012	19	176	1	89.80%
7/2/2012	22	191	1	89.25%
8/2/2012	18	177	1	90.31%
9/2/2012	16	285	0	94.68%
10/2/2012	15	175	1	91.62%
11/2/2012	5	162	1	96.43%
13/2/2012	6	153	2	95.03%
14/2/2012	14	201	1	93.06%
15/2/2012	12	180	0	93.75%
16/2/2012	10	187	1	94.44%
17/2/2012	18	194	0	91.51%
18/2/2012	6	218	0	97.32%
19/2/2012	10	162	0	94.19%
20/2/2012	18	181	1	90.50%
21/2/2012	17	196	2	91.16%
22/2/2012	15	183	1	91.96%
23/2/2012	17	176	2	90.26%
24/2/2012	17	175	2	90.21%

25/2/2012	10	154	0	93.90%
26/2/2012	10	192	1	94.58%
27/2/2012	9	195	1	95.12%
28/2/2012	19	189	0	90.87%
29/2/2012	22	160	1	87.43%
1/3/2012	13	494	1	97.24%
2/3/2012	11	162	1	93.10%

Ηλιοτρόπιο (Sunflower)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
30/12/2011	27	2	1	90.00%
31/12/2011	25	9	1	71.43%
1/1/2012	35	13	1	71.43%
2/1/2012	41	2	0	95.35%
3/1/2012	33	16	0	67.35%
4/1/2012	25	4	0	86.21%
5/1/2012	28	5	0	84.85%
6/1/2012	133	19	1	86.93%
7/1/2012	104	32	0	76.47%
8/1/2012	132	25	0	84.08%
9/1/2012	41	10	1	78.85%
10/1/2012	122	23	3	82.43%
11/1/2012	171	24	0	87.69%
12/1/2012	112	33	1	76.71%
13/1/2012	166	33	2	82.59%
14/1/2012	171	34	2	82.61%
25/1/2012	213	1	0	99.53%
26/1/2012	208	1	0	99.52%
27/1/2012	130	0	0	100.00%
28/1/2012	204	1	1	99.03%
29/1/2012	182	31	1	85.05%
30/1/2012	201	12	1	93.93%
31/1/2012	136	19	2	86.62%
1/2/2012	130	32	0	80.25%
2/2/2012	183	33	0	84.72%
3/2/2012	287	56	1	83.43%
4/2/2012	174	38	1	81.69%
5/2/2012	221	1	0	99.55%

6/2/2012	205	3	0	98.56%
7/2/2012	218	0	0	100.00%
8/2/2012	139	0	0	100.00%
9/2/2012	218	1	0	99.54%
10/2/2012	144	1	0	99.31%
11/2/2012	170	1	0	99.42%
28/2/2012	76	17	0	81.72%
29/2/2012	156	18	0	89.66%
1/3/2012	164	24	2	86.32%
2/3/2012	160	29	1	84.21%
3/3/2012	179	54	0	76.82%

Ίριδα (Iris)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
13/1/2012	13	138	4	89.03%
14/1/2012	18	163	0	90.06%
15/1/2012	11	86	6	83.50%
16/1/2012	2	7	0	77.78%
18/1/2012	1	33	2	91.67%
19/1/2012	6	245	0	97.61%

Κεράσι (Cherry)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
22/1/2012	151	8	1	94.38%
23/1/2012	153	3	0	98.08%
24/1/2012	187	28	1	86.57%
25/1/2012	193	8	0	96.02%
26/1/2012	104	7	0	93.69%
27/1/2012	153	4	0	97.45%
28/1/2012	223	13	0	94.49%
29/1/2012	168	35	0	82.76%
3/2/2012	8	1	0	88.89%
7/2/2012	176	20	0	89.80%
8/2/2012	193	13	0	93.69%
9/2/2012	204	9	0	95.77%

10/2/2012	177	20	0	89.85%
11/2/2012	193	16	0	92.34%
13/2/2012	197	13	2	92.92%
14/2/2012	153	10	1	93.29%
15/2/2012	199	17	0	92.13%
16/2/2012	106	5	0	95.50%

Κρίνος (Lilly)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
28/12/2011	0	1	0	0.00%
29/12/2011	112	16	1	86.82%
30/12/2011	161	27	1	85.19%
31/12/2011	56	4	0	93.33%
1/1/2012	134	23	0	85.35%
2/1/2012	161	25	0	86.56%
3/1/2012	138	28	2	82.14%
4/1/2012	145	29	1	82.86%
5/1/2012	165	29	1	84.62%
6/1/2012	325	30	1	91.29%
7/1/2012	236	21	1	91.47%
8/1/2012	248	24	1	90.84%
9/1/2012	180	24	2	87.38%
10/1/2012	143	26	1	84.12%
11/1/2012	153	44	1	77.27%
12/1/2012	147	13	0	91.88%
13/1/2012	140	7	0	95.24%
14/1/2012	127	19	4	84.67%
15/1/2012	158	10	0	94.05%
16/1/2012	319	42	1	88.12%
17/1/2012	155	28	1	84.24%
18/1/2012	157	12	6	89.71%
19/1/2012	240	1	0	99.59%
20/1/2012	345	2	0	99.42%
21/1/2012	347	0	0	100.00%
22/1/2012	283	5	0	98.26%
23/1/2012	162	0	0	100.00%
24/1/2012	398	3	0	99.25%
25/1/2012	257	1	0	99.61%

26/1/2012	227	64	5	76.69%
27/1/2012	173	15	2	91.05%
28/1/2012	262	32	5	87.63%
29/1/2012	150	0	0	100.00%
30/1/2012	125	1	0	99.21%
31/1/2012	246	0	0	100.00%
1/2/2012	221	0	0	100.00%
2/2/2012	118	0	0	100.00%
3/2/2012	131	0	0	100.00%
4/2/2012	166	0	0	100.00%
5/2/2012	379	0	0	100.00%
6/2/2012	171	0	0	100.00%
7/2/2012	173	1	0	99.43%
9/2/2012	163	0	0	100.00%
10/2/2012	232	0	0	100.00%
11/2/2012	128	0	0	100.00%
12/2/2012	266	0	0	100.00%
13/2/2012	19	0	0	100.00%
14/2/2012	145	0	0	100.00%
15/2/2012	25	0	0	100.00%
17/2/2012	257	0	0	100.00%
19/2/2012	176	0	1	99.44%
20/2/2012	150	18	0	89.29%
21/2/2012	143	38	0	79.01%
22/2/2012	136	7	0	95.10%
24/2/2012	165	25	2	85.94%
27/2/2012	178	10	0	94.68%
28/2/2012	219	35	5	84.56%
29/2/2012	147	22	4	84.97%

Κρόκος (Crocus)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
29/11/2011	13	187	0	93.50%
30/11/2011	36	190	8	81.20%
1/12/2011	16	60	1	77.92%
2/12/2011	6	96	1	93.20%
16/1/2012	3	142	0	97.93%
17/1/2012	2	169	0	98.83%

18/1/2012	0	83	1	98.81%
25/1/2012	6	68	0	91.89%
6/2/2012	2	139	0	98.58%
7/2/2012	5	189	0	97.42%
8/2/2012	14	180	0	92.78%
9/2/2012	20	168	0	89.36%
15/2/2012	0	147	0	100.00%
17/2/2012	3	65	1	94.20%
20/2/2012	2	176	0	98.88%
21/2/2012	7	104	0	93.69%
24/2/2012	4	206	0	98.10%
25/2/2012	11	114	2	89.76%
29/2/2012	1	171	0	99.42%
1/3/2012	4	189	1	97.42%

Μαργαρίτα (Daisy)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
30/10/2011	12	142	3	90.45%
31/10/2011	17	116	2	85.93%
1/11/2011	12	218	2	93.97%
2/11/2011	21	222	4	89.88%
3/11/2011	18	297	6	92.52%
4/11/2011	17	197	8	88.74%
5/11/2011	10	45	2	78.95%
25/11/2011	18	17	1	47.22%
30/11/2011	23	246	4	90.11%
1/12/2011	23	256	2	91.10%
2/12/2011	14	297	4	94.29%
3/12/2011	9	134	4	91.16%
5/12/2011	25	259	2	90.56%
7/12/2011	6	180	3	95.24%
10/12/2011	11	165	3	92.18%
11/12/2011	15	184	4	90.64%
12/12/2011	23	195	5	87.44%
13/12/2011	26	204	7	86.08%
14/12/2011	47	244	6	82.15%
15/12/2011	17	118	0	87.41%
16/12/2011	28	197	2	86.78%

17/12/2011	29	184	7	83.64%
18/12/2011	29	173	1	85.22%
19/12/2011	12	187	2	93.03%
20/12/2011	30	259	11	86.33%
21/12/2011	16	69	1	80.23%
22/12/2011	37	230	5	84.56%
23/12/2011	34	159	6	79.90%
24/12/2011	5	68	4	88.31%
25/12/2011	27	166	5	83.84%
26/12/2011	6	126	1	94.74%
27/12/2011	38	200	3	82.99%
28/12/2011	27	284	8	89.03%
29/12/2011	21	111	6	80.43%
30/12/2011	26	113	3	79.58%
31/12/2011	26	119	7	78.29%
1/1/2012	10	132	5	89.80%
2/1/2012	22	78	2	76.47%
3/1/2012	28	128	1	81.53%
4/1/2012	36	112	6	72.73%
5/1/2012	12	198	3	92.96%
6/1/2012	14	207	3	92.41%
7/1/2012	10	149	0	93.71%
8/1/2012	5	98	1	94.23%
9/1/2012	5	217	0	97.75%
10/1/2012	25	221	2	89.11%
11/1/2012	10	155	0	93.94%
12/1/2012	15	265	0	94.64%
13/1/2012	11	251	1	95.44%
14/1/2012	20	184	14	84.40%
15/1/2012	4	128	0	96.97%
16/1/2012	14	319	1	95.51%
17/1/2012	10	213	0	95.52%
18/1/2012	5	153	0	96.84%
19/1/2012	7	106	0	93.81%
20/1/2012	9	142	3	92.21%
21/1/2012	14	78	7	78.79%
22/1/2012	22	181	10	84.98%
23/1/2012	6	180	1	96.26%
24/1/2012	22	392	2	94.23%
25/1/2012	7	281	4	96.23%
26/1/2012	24	189	4	87.10%

27/1/2012	8	49	1	84.48%
28/1/2012	6	72	2	90.00%
29/1/2012	14	258	2	94.16%
30/1/2012	24	243	5	89.34%
31/1/2012	8	185	3	94.39%
1/2/2012	12	130	1	90.91%
2/2/2012	13	126	0	90.65%
3/2/2012	3	198	0	98.51%
4/2/2012	28	380	5	92.01%
5/2/2012	23	355	7	92.21%
6/2/2012	18	194	6	88.99%
7/2/2012	30	327	5	90.33%
8/2/2012	13	77	3	82.80%
10/2/2012	24	165	2	86.39%
11/2/2012	43	315	8	86.07%
12/2/2012	20	343	3	93.72%
13/2/2012	41	205	3	82.33%
14/2/2012	12	255	3	94.44%
15/2/2012	38	266	3	86.64%
16/2/2012	19	260	2	92.53%
26/2/2012	4	45	0	91.84%
27/2/2012	14	199	5	91.28%
28/2/2012	10	34	2	73.91%

Μήλο (Apple)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
15/12/2011	1	0	0	100.00%
20/12/2011	1	0	0	100.00%
21/12/2011	6	0	0	100.00%
6/1/2012	199	18	1	91.28%
7/1/2012	23	2	0	92.00%
8/1/2012	295	25	1	91.90%
9/1/2012	150	3	0	98.04%
10/1/2012	183	30	2	85.12%
11/1/2012	178	29	2	85.17%
6/2/2012	4	0	0	100.00%
7/2/2012	77	17	0	81.91%
8/2/2012	149	10	3	91.98%

10/2/2012	113	18	3	84.33%
12/2/2012	176	11	0	94.12%
13/2/2012	142	22	4	84.52%
14/2/2012	122	10	2	91.04%
15/2/2012	142	15	2	89.31%
16/2/2012	160	8	0	95.24%
17/2/2012	160	9	0	94.67%
18/2/2012	79	3	0	96.34%
19/2/2012	173	38	3	80.84%
20/2/2012	242	22	3	90.64%
21/2/2012	216	38	2	84.38%
22/2/2012	219	8	1	96.05%

Μοσχομπίζελο (Sweetpea)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
23/2/2012	133	25	0	84.18%
24/2/2012	173	23	1	87.82%
25/2/2012	142	20	0	87.65%
26/2/2012	107	10	2	89.92%
27/2/2012	183	16	0	91.96%
29/2/2012	167	22	0	88.36%
1/3/2012	78	6	1	91.76%
2/3/2012	173	27	1	86.07%
3/3/2012	185	11	1	93.91%
4/3/2012	222	12	2	94.07%
5/3/2012	164	26	1	85.86%
7/3/2012	149	24	1	85.63%

Ορχιδέα (Orchid)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
16/12/2011	0	3	0	100.00%
18/12/2011	0	3	0	100.00%
19/12/2011	1	2	0	66.67%
20/12/2011	0	9	0	100.00%
22/12/2011	0	4	0	100.00%

24/12/2011	0	2	0	100.00%
25/12/2011	0	1	0	100.00%
26/12/2011	0	68	0	100.00%
27/12/2011	1	65	0	98.48%
28/12/2011	1	42	0	97.67%
29/12/2011	5	163	0	97.02%
30/12/2011	2	12	0	85.71%
31/12/2011	3	46	0	93.88%
1/1/2012	2	38	0	95.00%
2/1/2012	0	17	0	100.00%
3/1/2012	7	43	0	86.00%
4/1/2012	2	87	0	97.75%
5/1/2012	4	74	1	93.67%
6/1/2012	9	190	0	95.48%
7/1/2012	4	255	0	98.46%
8/1/2012	9	229	2	95.42%
9/1/2012	9	269	0	96.76%
10/1/2012	8	248	0	96.88%
11/1/2012	7	145	0	95.39%
12/1/2012	9	185	2	94.39%
13/1/2012	9	417	1	97.66%
14/1/2012	0	310	0	100.00%
16/1/2012	4	184	0	97.87%
17/1/2012	8	185	0	95.85%
18/1/2012	4	210	1	97.67%
19/1/2012	8	209	1	95.87%
20/1/2012	17	235	2	92.52%
21/1/2012	1	49	0	98.00%
22/1/2012	4	146	0	97.33%
23/1/2012	3	123	0	97.62%
24/1/2012	11	179	0	94.21%
25/1/2012	7	160	1	95.24%
26/1/2012	12	190	1	93.60%
27/1/2012	0	214	0	100.00%
28/1/2012	0	199	0	100.00%
29/1/2012	0	256	0	100.00%
30/1/2012	1	243	0	99.59%
31/1/2012	0	354	0	100.00%
1/2/2012	0	354	0	100.00%
2/2/2012	0	182	0	100.00%
3/2/2012	17	288	1	94.12%

4/2/2012	8	163	0	95.32%
5/2/2012	12	300	1	95.85%
6/2/2012	3	178	0	98.34%
7/2/2012	5	505	0	99.02%
8/2/2012	4	517	0	99.23%
9/2/2012	5	349	0	98.59%
10/2/2012	5	286	1	97.95%
11/2/2012	9	233	0	96.28%
12/2/2012	6	266	0	97.79%
13/2/2012	4	199	1	97.55%
14/2/2012	7	212	0	96.80%
15/2/2012	4	269	0	98.53%
16/2/2012	12	215	0	94.71%
17/2/2012	6	217	1	96.88%
20/2/2012	0	296	0	100.00%
21/2/2012	0	204	0	100.00%
22/2/2012	0	268	0	100.00%
23/2/2012	0	465	0	100.00%
24/2/2012	0	42	0	100.00%
25/2/2012	8	193	0	96.02%
27/2/2012	3	213	0	98.61%
28/2/2012	6	209	0	97.21%
29/2/2012	7	203	2	95.75%
1/3/2012	2	212	0	99.07%

Παιώνια (Peony)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
18/11/2011	19	99	5	80.49%
19/11/2011	19	78	4	77.23%
20/11/2011	46	148	6	74.00%
21/11/2011	40	118	9	70.66%
23/11/2011	26	54	9	60.67%
24/11/2011	1	4	0	80.00%
19/12/2011	0	1	0	100.00%
20/12/2011	0	1	1	50.00%
21/12/2011	0	5	0	100.00%
22/12/2011	0	1	0	100.00%
29/12/2011	4	29	0	87.88%

30/12/2011	4	88	0	95.65%
31/12/2011	8	62	1	87.32%
1/1/2012	3	77	1	95.06%
2/1/2012	5	45	0	90.00%
3/1/2012	1	18	0	94.74%
4/1/2012	5	49	0	90.74%
21/1/2012	16	153	0	90.53%
22/1/2012	8	167	1	94.89%
23/1/2012	18	155	1	89.08%
24/1/2012	31	178	11	80.91%
25/1/2012	11	118	0	91.47%
26/1/2012	27	186	5	85.32%
27/1/2012	10	151	0	93.79%
28/1/2012	3	282	0	98.95%
29/1/2012	1	407	0	99.75%
30/1/2012	14	136	6	87.18%
1/2/2012	29	275	6	88.71%
2/2/2012	25	355	2	92.93%
3/2/2012	21	194	3	88.99%
4/2/2012	20	146	3	86.39%
5/2/2012	11	75	0	87.21%
6/2/2012	17	130	1	87.84%
7/2/2012	14	134	0	90.54%
8/2/2012	11	191	0	94.55%
9/2/2012	20	142	1	87.12%
10/2/2012	12	88	2	86.27%
16/2/2012	9	84	0	90.32%
17/2/2012	17	158	2	89.27%
21/2/2012	0	19	0	100.00%
22/2/2012	16	147	1	89.63%
23/2/2012	11	176	1	93.62%
25/2/2012	14	131	0	90.34%
26/2/2012	10	143	2	92.26%
27/2/2012	17	153	0	90.00%
28/2/2012	6	125	0	95.42%
29/2/2012	12	134	0	91.78%
1/3/2012	5	94	0	94.95%

Πορτοκάλι (Orange)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
21/1/2012	145	17	2	88.41%
22/1/2012	203	32	7	83.88%
23/1/2012	188	14	1	92.61%
24/1/2012	218	15	1	93.16%
25/1/2012	307	20	1	93.60%
26/1/2012	184	12	1	93.40%
27/1/2012	204	26	4	87.18%
28/1/2012	313	45	11	84.82%
29/1/2012	199	33	4	84.32%
30/1/2012	317	19	2	93.79%
31/1/2012	137	11	0	92.57%
1/2/2012	193	35	5	82.83%
2/2/2012	224	5	2	96.97%
3/2/2012	163	8	2	94.22%
4/2/2012	196	49	4	78.71%
5/2/2012	228	23	1	90.48%
6/2/2012	221	11	2	94.44%
7/2/2012	136	6	3	93.79%
8/2/2012	201	16	3	91.36%
9/2/2012	206	11	4	93.21%
10/2/2012	169	24	6	84.92%
14/2/2012	203	21	0	90.63%
16/2/2012	154	10	2	92.77%
5/3/2012	206	12	4	92.79%
6/3/2012	190	6	2	95.96%
7/3/2012	212	8	0	96.36%

Σφένδαμος (Maple)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
1/1/2012	4	5	40	81.63%
2/1/2012	11	22	122	78.71%
3/1/2012	11	14	100	80.00%
4/1/2012	10	10	99	83.19%

5/1/2012	14	17	72	69.90%
6/1/2012	13	14	89	76.72%
7/1/2012	9	8	130	88.44%
8/1/2012	33	29	311	83.38%
9/1/2012	25	22	431	90.17%
10/1/2012	16	20	390	91.55%
11/1/2012	13	19	245	88.45%
12/1/2012	16	15	120	79.47%
13/1/2012	12	17	164	84.97%
14/1/2012	21	33	273	83.49%
15/1/2012	14	18	192	85.71%
16/1/2012	22	19	146	78.07%
17/1/2012	15	16	451	93.57%
18/1/2012	1	5	328	98.20%
19/1/2012	11	18	159	84.57%
23/1/2012	0	0	2	100.00%
24/1/2012	4	4	58	87.88%
26/1/2012	8	9	185	91.58%
27/1/2012	20	26	449	90.71%
28/1/2012	22	26	627	92.89%
29/1/2012	36	50	418	82.94%
30/1/2012	16	12	683	96.06%
31/1/2012	10	19	187	86.57%
1/2/2012	12	28	294	88.02%
2/2/2012	22	27	157	76.21%
3/2/2012	21	20	137	76.97%
4/2/2012	23	27	264	84.08%
5/2/2012	31	28	271	82.12%
6/2/2012	20	19	297	88.39%
7/2/2012	3	11	138	90.79%
8/2/2012	13	19	286	89.94%
9/2/2012	14	20	192	84.96%
10/2/2012	26	23	261	84.19%
11/2/2012	7	14	151	87.79%
12/2/2012	7	20	144	84.21%
13/2/2012	16	26	118	73.75%
14/2/2012	11	13	179	88.18%
15/2/2012	24	34	149	71.98%
16/2/2012	19	21	400	90.91%
17/2/2012	25	29	520	90.59%
19/2/2012	10	15	156	86.19%

20/2/2012	23	38	212	77.66%
21/2/2012	26	53	250	75.99%
22/2/2012	1	0	195	99.49%
23/2/2012	14	15	286	90.79%
24/2/2012	28	13	467	91.93%
25/2/2012	14	5	323	94.44%
26/2/2012	21	25	132	74.16%
27/2/2012	36	40	224	74.67%
28/2/2012	13	32	287	86.45%
29/2/2012	15	35	745	93.71%
1/3/2012	23	37	735	92.45%
2/3/2012	6	22	359	92.76%
3/3/2012	0	0	41	100.00%

Τριαντάφυλλο (Rose)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
6/11/2011	0	1	0	0.00%
7/11/2011	204	34	6	83.61%
8/11/2011	72	10	4	83.72%
9/11/2011	222	26	3	88.45%
10/11/2011	102	10	4	87.93%
20/12/2011	107	21	2	82.31%
21/12/2011	250	32	5	87.11%
23/12/2011	123	19	6	83.11%
25/12/2011	45	10	8	71.43%
26/12/2011	22	2	0	91.67%
10/1/2012	130	17	2	87.25%
12/1/2012	279	15	1	94.58%
13/1/2012	276	19	3	92.62%
16/1/2012	90	8	4	88.24%
18/1/2012	25	11	0	69.44%

Φλοξ (Flox)

Ημερομηνία	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 0	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 1	Πλήθος εγγραφών πρόβλεψης 2	Ποσοστό Επιτυχίας
8/12/2011	5	5	250	96.15%
9/12/2011	25	9	248	87.94%
10/12/2011	14	9	386	94.38%
11/12/2011	29	16	315	87.50%
12/12/2011	25	6	233	88.26%
13/12/2011	16	6	256	92.09%
14/12/2011	9	9	387	95.56%
20/12/2011	0	0	1	100.00%
23/12/2011	0	0	2	100.00%
27/12/2011	0	0	1	100.00%
29/12/2011	4	5	68	88.31%
2/1/2012	1	0	5	83.33%
3/1/2012	2	2	4	50.00%
4/1/2012	0	2	10	83.33%
6/1/2012	3	4	77	91.67%
7/1/2012	8	6	206	93.64%
8/1/2012	6	5	153	93.29%
10/1/2012	8	7	142	90.45%
11/1/2012	4	5	132	93.62%
12/1/2012	9	6	201	93.06%
13/1/2012	5	8	237	94.80%
16/1/2012	10	11	284	93.11%
17/1/2012	7	7	142	91.03%
19/1/2012	11	14	176	87.56%
20/1/2012	12	7	180	90.45%
22/1/2012	16	8	189	88.73%
23/1/2012	8	11	132	87.42%
25/1/2012	9	14	206	89.96%
28/1/2012	7	13	205	91.11%
29/1/2012	1	0	0	0.00%
2/2/2012	9	12	175	89.29%
3/2/2012	5	20	391	93.99%
4/2/2012	0	0	835	100.00%
5/2/2012	0	0	836	100.00%
6/2/2012	9	11	640	96.97%
7/2/2012	10	22	175	84.54%

8/2/2012	17	19	154	81.05%
9/2/2012	11	7	177	90.77%
13/2/2012	11	20	151	82.97%
15/2/2012	3	14	186	91.63%
21/2/2012	7	3	174	94.57%

Παράρτημα Β

Όνομα ασθενούς	Ταξινόμηση ασθενούς	Πλήθος ημερών με δεδομένα	Ακρίβεια πρόβλεψης σε επίπεδο ημέρας
Κρίνος (Lilly)	0	58	98.28%
Ασφόделος (Dafodil)	0	52	98.08%
Ηλιοτρόπιο (Sunflower)	0	39	100.00%
Πορτοκάλι (Orange)	0	26	100.00%
Μήλο (Apple)	0	24	100.00%
Κεράσι (Cherry)	0	18	100.00%
Τριαντάφυλλο (Rose)	0	15	93.33%
Μοσχομπίζελο (Sweetpea)	0	12	100.00%
Μαργαρίτα (Daisy)	1	85	98.82%
Ορχιδέα (Orchid)	1	70	100.00%
Βιολέτα (Violet)	1	64	100.00%
Παιώνια (Peony)	1	48	100.00%
Κρόκος (Crocus)	1	20	100.00%
Ίριδα (Iris)	1	6	100.00%
Σφένδαμος (Mapple)	2	58	100.00%
Φλοξ (Flox)	2	41	97.56%

Βιβλιογραφία

- [1] Μπιζάνος, Κ. (2012). «ιητρός φιλόσοφος ισόθεος». Ανακτήθηκε από <http://www.neurosurgery.org.gr/>
- [2] Kühn, C. G. (1822). *Κλαύδιου Γαληνού Άπαντα*. Ανακτήθηκε από <https://books.google.gr/>
- [3] Parkinson, J. (1817). *An Essay on the Shaking Palsy*, London: Printed by Whittingham and Rowland, Goswell Street
- [4] Sherer, T.B., Chowdhury, S., Peabody, K. & Brooks, D. (2012). *Overcoming obstacles in Parkinson's Disease*. New York : The Michael J. Fox Foundation for Parkinson's Research
- [5] Goetz, C.G. (2011). The history of Parkinson's disease: early clinical descriptions and neurological therapies. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. doi: 10.1101/cshperspect.a008862
- [6] Booij, J., Tissingh, G., Winogrodzka, A., & van Royen, E.A. (1999). Imaging of the dopaminergic neurotransmission system using single-photon emission tomography and positron emission tomography in patients with parkinsonism. *European Journal of Nuclear Medicine*. doi: 10.1007/s002590050374
- [7] Gelb, D.J., Oliver, E. & Gilman, S. (1999). Diagnostic criteria for Parkinson disease. *Archives of Neurology*. doi: 10.1001/archneur.56.1.33
- [8] Hou, J.-G. G. & Lai, E. C. (2007). Non-motor Symptoms of Parkinson's Disease. *International Journal of Gerontology*. doi: 10.1016/S1873-9598(08)70024-3
- [9] Ng, D.C. (1996). Parkinson's disease. Diagnosis and treatment. *The Western Journal of Medicine*. Ανακτήθηκε από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- [10] Primates (2018). Ανακτήθηκε από <http://www.animalresearch.info/en/designing-research/research-animals/primates/>
- [11] Redmond, E (2012). Using Monkeys to Understand and Cure Parkinson Disease. *The Hastings Center*. doi: 10.1002/hast.100
- [12] Παγκόσμια Διακήρυξη για τη Ν. Πάρκινσον. ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ - κίνηση Ελληνική εταιρεία εθελοντών και ασθενών για τη ν. Πάρκινσον. Ανακτήθηκε από <http://www.parkinsonportal.gr/parkinson.php?s=JSJ4hQ-6mjWrSYKL>
- [13] Επιστημονική ομάδα εργασίας νόσου Πάρκινσον (2018). Υπουργείο Υγείας. Ανακτήθηκε από <http://www.moh.gov.gr/>
- [14] Στεφανής, Λ. (2018). Διαταραχές Κινητικότητας [σημειώσεις διαλέξεων]. Ανακτήθηκε από Πλατφόρμα Τηλεκπαίδευσης Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών <https://eclass.uoa.gr/>
- [15] Wirdefeldt, K., Adami, H.-O., Cole, P., Trichopoulos, D. & Mandel, J. (2011). Epidemiology and etiology of Parkinson's disease: a review of the evidence. *European Journal of Epidemiology*. doi: 10.1007/s10654-011-9581-6
- [16] Παπαπετρόπουλος, Σ. (2002). Κληρονομική μορφή της νόσου του Parkinson. (Διδακτορική διατριβή). Ανακτήθηκε από Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών

<https://www.didaktorika.gr/eadd/>

[17] Barrett, M.J., Hac BS, N.E., Yan, G., Harrison, M.B. & Wooten, G.F. (2015). Relationship of age of onset and family history in Parkinson disease. *Movement disorders - Official journal of the Movement Disorder Society*. doi: 10.1002/mds.26166

[18] Thomas, B. & Beal, M.F. (2007). Parkinson's disease. *Human Molecular Genetics*. doi: 10.1093/hmg/ddm159

[19] Ζιαβρά, Δ. (2016). Δημιουργία τράπεζας πληροφοριών Ελλήνων παρκινσονικών και εύρεση νέων και γνωστών μεταλλάξεων του γονιδίου NR4A2 και η λειτουργική τους σημασία. (Διδακτορική διατριβή). Ανακτήθηκε από Ιδρυματικό Αποθετήριο Πανεπιστημίου Πατρών

<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/>

[20] Betarbet, R., Sherer, T.B., MacKenzie, G., Garcia-Osuna, M., Panov, A.V. & Greenamyre, J.T. (2000). Chronic systemic pesticide exposure reproduces features of Parkinson's disease. *Nature America*. doi: 10.1038/81834

[21] Laia, B.C.L, Marion, S.A, Teschke, K. & Tsui, J.K.C (2002). Occupational and environmental risk factors for Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*. doi: 10.1016/S1353-8020(01)00054-2

[22] Μεντενόπουλος, Γ. & Μπούρας, Κ. (2008). *Η Νόσος του Parkinson*, Θεσσαλονίκη, University Studio Press Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών

[23] Jankovic, J. (2008). Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. doi: 10.1136/jnnp.2007.131045

[24] Birkmayer W. & Riederer P. (1980). *Parkinson's Disease*. New York, Springer-Verlag Wien

[25] Γεωργιάδης, Μ. (2006). *Νόσος Πάρκινσον και Παρκινσονισμός*, Θεσσαλονίκη, University Studio Press Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών

[26] Doty, R. L., Golbe, L. I., McKeown, D. A., Stern, M. B., Lehrach, C. M. & Crawford, D. (1993). Olfactory testing differentiates between progressive supranuclear palsy and idiopathic Parkinson's disease. *American Academy of Neurology*. doi: 10.1212/WNL.43.5.962

[27] Lyketsos, C., Rabins, P., Lipsey, J. & Slavney, P., Μετάφραση – Επιμέλεια: Πολίτης Α. (2013). *Ψυχιατρική των Νευρολογικών Παθήσεων*, Αθήνα, Εκδόσεις Βήτα Medical Arts

[28] Hoffmann, F. - La Roche Ltd. (2018). Νόσος του Parkinson. Ανακτήθηκε από

<http://www.roche.gr/>

[29] Κατσαρού, Ζ., Δαγκλής, Ι., Μποστάντζοπούλου, Σ. (2016). Αντικειμενική κλινική αξιολόγηση του ασθενή με νόσο του Parkinson: η χρησιμότητα των ειδικών κλιμάκων. Ανακτήθηκε από <https://www.gerolib.gr/>

[30] Rush University Medical Center (2008). MDS-UPDRS Permissions. Ανακτήθηκε από <https://www.movementdisorders.org/>

[31] Goetz, C.G., Poewe, W., Rascol, O., Sampaio, C., Stebbins, G.T., Counsell, C., Giladi, N., Holloway, R.G., Moore, C.G., Wenning, G.K., Yahr, M.D. & Seidl, L. (2004). Movement

Disorder Society Task Force report on the Hoehn and Yahr staging scale: status and recommendations. *Movement Disorder*. doi: 10.1002/mds.20213

[32] Perlmutter, J. S. (2009). Assessment of Parkinson Disease Manifestations, *Current Protocols in Neuroscience*, doi: 10.1002/0471142301.ns1001s49

[33] Braak, H., Del Tredici, K., Rüb, U., De Vos, R.A.I., Jansen Steur, E.N.H. & Braak, E. (2003). Staging of brain pathology related to sporadic Parkinson's disease. *Neurobiology of Aging*. doi: 10.1016/S0197-4580(02)00065-9

[34] Parashos, S., Wichmann, R.L. & Melby, T. (2013). Navigating Life with Parkinson Disease, *American Academy of Neurology*, doi: 10.1002/wmh3.52

[35] Parkinsons's Foundation (2018). Statistics. Ανακτήθηκε από <https://parkinson.org/>

[36] Eurostat (2018). Causes of death - standardised death rate by residence. Ανακτήθηκε από <https://ec.europa.eu/eurostat>

[37] Ελληνική Στατιστική Αρχή (2016). Θάνατοι στην Ελλάδα, κατά φύλο, ηλικία θανάτου και αιτία θανάτου (ICD-10) (2014 - 2016). Ανακτήθηκε από <http://www.statistics.gr/>

[38] Ελληνική Στατιστική Αρχή (2013). Αριθμός εξελθόντων ασθενών κατά κατηγορίες νόσων και νόσο (Ιανουάριος 2013). Ανακτήθηκε από <http://www.statistics.gr/>

[39] Στρογγυλός, X. & Βελέντζας, I. (2007). Λύση στο Parkinson; ...Κι όμως υπάρχει!. Ανακτήθηκε από <https://www.hygeia.gr/>

[40] Ταούκη, I. (2018). Ο ρόλος της Geminin στη μεταμόσχευση ενήλικων βλαστικών κυττάρων σε μοντέλο μυός της νόσου Πάρκινσον. (Μεταπτυχιακή Εργασία). Ανακτήθηκε από Ιδρυματικό Αποθετήριο Πανεπιστημίου Πατρών <http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/>

[41] Πανελλήνιος Σύλλογος Φυσιοθεραπευτών (χ.χ.). Η φυσικοθεραπεία είναι αποτελεσματική : στους ασθενείς με τη νόσο του Πάρκινσον. Ανακτήθηκε από https://www.psf.org.gr/physio_det.php?id=12

[42] Mann S. (1998). Wearable computing as a means for personal empowerment. Στα πρακτικά του International Conference on Wearable Computing. University of Toronto. Ανακτήθηκε από https://www.researchgate.net/publication/235220249_Wearable_computing_as_a_means_for_personal_empowerment

[43] Borojerdia, B., Ghaffarib, R., Mahadevanb, N., Markowitzc, M., Meltonc, K., Moreyb, B., Otould, C., Patelb, S., Phillips, J., Sen-Guptab, E., Stumppe, O., Tatlac, D., Terricabrasf, D., Claesd, K., Wright Jr, J.A. & Sheth N. (2019). Clinical feasibility of a wearable, conformable sensor patch to monitor motor symptoms in Parkinson's disease, *Parkinsonism and Related Disorders*, doi: 10.1016/j.parkreldis.2018.11.024

[44] Kim, H.B., Lee, W.W., Kim, A., Lee, H.J., Park, H.Y., Jeon, H.S., Kim, S.K., Jeon, B. & Park, K.S. (2018). Wrist Sensor-Based Tremor Severity Quantification in Parkinson's Disease Using Convolutional Neural Network, *Computers in Biology and Medicine*, doi: 10.1016/j.combiomed.2018.02.007

[45] Cheng, W.Y., Scotland, A., Lipsmeier, F., Kilchenmann, T., Jin, L., Schjodt-Eriksen, J., Wolf, D., Zhang-Schaerer, Y.P., Fernandez Garcia, I., Siebourg-Polster, J., Verselis, L., Martin-Facklam, M., Boess, F., Ghosh, A., Kremer, Th., Taylor, K.I., Czech, Chr., Gossens, Chr., Soto, J., Koller, M., Grundman, M., Monsch, A. U., Postuma, R., & Lindemann, M. (2017). Human

Activity Recognition from Sensor-Based Large-Scale Continuous Monitoring of Parkinson's Disease Patients, International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies (CHASE), doi: 10.1109/CHASE.2017.87

[46] Fisher, J.M., Hammerla, N.Y., Ploetz, Th., Andras, P., Rochester, L. & Walker, R.W (2016). Unsupervised Home Monitoring of Parkinson's Disease Motor Symptoms Using Body-Worn Accelerometers, Parkinsonism and Related Disorders, doi: 10.1016/j.parkreldis.2016.09.009

[47] Anantharam, P., Thirunarayan, K., Taslimi, V. & Sheth, A. (2013). Predicting Parkinson's Disease Progression with Smartphone Data. Ανακτήθηκε από ResearchGate https://www.researchgate.net/publication/318017929_Predicting_Parkinson's_Disease_Progression_with_Smartphone_Data

[48] Iakovakis, D., Hadjidimitriou, St., Charisis, V., Bostantzopoulou, S, Katsarou, Z. & Hadjileontiadis, L.J. (2018). Touchscreen typing-pattern analysis for detecting fine motor skills decline in early-stage Parkinson's disease, Nature Scientific Reports, doi: 10.1038/s41598-018-25999-0

[49] Arora, S., Venkataraman, V., Zhan, A., Donohue, S., Biglan, K.M., Dorsey, E.R., Little, M.A. (2015). Detecting and monitoring the symptoms of Parkinson's disease using smartphones: A pilot study, Parkinsonism and Related Disorders, doi: 10.1016/j.parkreldis.2015.02.026

[50] Niazmand, K., Tonn, K., Kalaras, A., Fietzek, U.M., Mehrkens, J. H. & Lueth, T.C. (2011). Quantitative evaluation of Parkinson's disease using sensor based smart glove, Proceedings of the IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, doi: 10.1109/CBMS.2011.5999113

[51] Woods, A.M., Nowostawski, M., Franz, E.A. & Purvis, M. (2013). Parkinson's disease and essential tremor classification on mobile device, Pervasive and Mobile Computing, doi: 10.1016/j.pmcj.2013.10.002

[52] Stamatea, C., Magoulasas, G.D., Kueppers, S., Nomikou, E., Daskalopoulos, I., Jha, A., Pons, J.S., Rothwell, J., Luchini, M.U., Moussouri, T., Iannone, M. & Roussos, G. (2018). The cloudUPDRS app: A medical device for the clinical assessment of Parkinson's Disease, Pervasive and Mobile Computing, doi: 10.1016/j.pmcj.2017.12.005

[53] Silva de Lima, A.L., Hahn, T., Evers, L.J.W., de Vries, N.M., Cohen, E., Afek, M., Bataille, L., Daeschler, M., Claes, K., Boroojerdi, B., Terricabras, D., Little, M.A., Baldus, H., Bloem, B.R. & Faber, M.J. (2017). Feasibility of large-scale deployment of multiple wearable sensors in Parkinson's disease, PLoS ONE, doi: 10.1371/journal.pone.0189161

[54] Tsipouras, M.G., Tzallas, A.T, Karvounis, E.C., Tsalikakis, D.G, Cancela, J, Pastorino, M, Arredondo Waldmeyer, M.T., Konitsiotis, S & Fotiadis, D.I. (2014). A wearable system for long-term ubiquitous monitoring of common motor symptoms in patients with Parkinson's disease, IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI), doi: 10.1109/BHI.2014.6864332

[55] Tzallas, A.T., Tsipouras, M.G., Rigas, G., Tsalikakis, D.G., Karvounis, E.C., Chondrogiorgi, M., Psomadellis, F., Cancela, J., Pastorino, M., Arredondo Waldmeyer, M.T., Konitsiotis, S & Fotiadis D.I (2014). PERFORM: A System for Monitoring, Assessment and Management of Patients with Parkinson's Disease, MDPI, doi: 10.3390/s141121329

- [56] Cancela, J, Pastorino, M., Tzallas, A.T, Tsiouras, M.G, Rigas, G., Arredondo, M.T. & Fotiadis, D.I.. (2014). Wearability Assessment of a Wearable System for Parkinson's Disease Remote Monitoring Based on a Body Area Network of Sensors, MDPI, doi: 10.3390/s140917235
- [57] Cohen, S., Bataille, L.R. & Martig, A.K. (2016). Enabling Breakthroughs in Parkinson's Disease With Wearable Technologies and Big Data Analytics, MHealth, doi: 10.21037/mhealth.2016.04.02
- [58] Pasluosta, Cr.F., Gassner, H., Winkler, J., Klucken, J. & Eskofier, B.M. (2015). An Emerging Era in the Management of Parkinson's Disease: Wearable Technologies and the Internet of Things, IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, doi: 10.1109/JBHI.2015.2461555
- [59] Kaggle (2012). Predicting Parkinson's Disease Progression with Smartphone Data. Ανακτήθηκε από <https://www.kaggle.com/c/predicting-parkinson-s-disease-progression-with-smartphone-data/data>
- [60] Wikipedia (2020). Kaggle. Ανακτήθηκε από <https://en.wikipedia.org/wiki/Kaggle>
- [61] Frank, E., Hall, M.A. & Witten, I. H. (2016). The WEKA Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques", Morgan Kaufmann, Fourth Edition, 2016.
Ανακτήθηκε από https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/Witten_et_al_2016_appendix.pdf
- [62] Κύρκος, Ε. (2015). Επιχειρηματική ευφυΐα και εξόρυξη δεδομένων. Ανακτήθηκε από Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα <https://repository.kallipos.gr/>
- [63] Φωκιανός, Κ. και Χαραλάμπους, Χ. (2010). Εισαγωγή στην R Πρόχειρες Σημειώσεις, Λογιστική Παλινδρόμηση. Ανακτήθηκε από Πανεπιστήμιο Κύπρου Τμήμα Μαθηματικών και Στατιστικής <http://www.mas.ucy.ac.cy/~fokianos/GreekRbook/dialeksi10.pdf>
- [64] Witten, I.H, Frank, E., Hall, M.A. & Holmes G. (2011). *DATA MINING Practical Machine Learning Tools and Techniques*, San Francisco, Elsevier Science & Technology
- [65] Wikipedia (2020). Sequential minimal optimization.
Ανακτήθηκε από https://en.wikipedia.org/wiki/Sequential_minimal_optimization
- [66] Brownlee, J. (2018). A Gentle Introduction to k-fold Cross-Validation, Statistical Methods for Machine Learning.
Ανακτήθηκε από <https://machinelearningmastery.com/k-fold-cross-validation/>
- [67] Kuosmanen, E., Wolling, F., Vega, J., Kan, V., Nishiyama, Y., Harper, S., Van Laerhoven, K., Hosio, S. & Ferreira, D. (2020). Smartphone-Based Monitoring of Parkinson Disease: Quasi-Experimental Study to Quantify Hand Tremor Severity and Medication Effectiveness, JMIR Mhealth Uhealth, doi: 10.2196/21543
- [68] Chén, O.Y., Lipsmeier, F., Phan, H., Prince, J., Taylor, K.I., Gossens, Chr., Lindemann, M. & Maarten de Vos (2020). Building a Machine-learning Framework to Remotely Assess Parkinson's Disease Using Smartphones, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, doi: 10.1109/TBME.2020.2988942