



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Απομακρυσμένη Παρακολούθηση και Διαχείριση Δεδομένων που
Καταγράφονται με Wearable Συσκευές

ΤΣΑΦΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ

ΚΟΛΟΜΒΑΤΣΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Λαμία Οκτώβριος έτος 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ
ΚΑΤΑΓΡΑΦΟΝΤΑΙ ΜΕ WEARABLE
ΣΥΣΚΕΥΕΣ

ΤΣΑΦΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ

ΚΟΛΟΜΒΑΤΣΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Λαμία Οκτώβριος έτος 2024



UNIVERSITY OF
THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

DEPARTMENT OF INFORMATICS & TELECOMMUNICATIONS

REMOTE MONITORING AND
MANAGEMENT OF DATA RECORDED BY
WEARABLE DEVICES

TSAFIS GEORGIOS

FINAL THESIS

ADVISOR

KOLOMVATSOS KOSTAS

ASSOCIATE PROFESSOR

Lamia October year 2024

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

1. Δεν παραθέτω κομμάτια βιβλίων ή άρθρων ή εργασιών άλλων αυτολεξεί **χωρίς να τα περικλείω σε εισαγωγικά** και χωρίς να αναφέρω το συγγραφέα, τη χρονολογία, τη σελίδα. Η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά χωρίς αναφορά στην πηγή, είναι λογοκλοπή. Πέραν της αυτολεξεί παράθεσης, λογοκλοπή θεωρείται και η παράφραση εδαφίων από έργα άλλων, συμπεριλαμβανομένων και έργων συμφοιτητών μου, καθώς και η παράθεση στοιχείων που άλλοι συνέλεξαν ή επεξεργάσθηκαν, χωρίς αναφορά στην πηγή. Αναφέρω πάντοτε με πληρότητα την πηγή κάτω από τον πίνακα ή σχέδιο, όπως στα παραθέματα.

2. Δέχομαι ότι η αυτολεξεί **παράθεση χωρίς εισαγωγικά**, ακόμα κι αν συνοδεύεται από αναφορά στην πηγή σε κάποιο άλλο σημείο του κειμένου ή στο τέλος του, είναι αντιγραφή. Η αναφορά στην πηγή στο τέλος π.χ. μιας παραγράφου ή μιας σελίδας, δεν δικαιολογεί συρραφή εδαφίων έργου άλλου συγγραφέα, έστω και παραφρασμένων, και παρουσίασή τους ως δική μου εργασία.

3. Δέχομαι ότι υπάρχει επίσης περιορισμός στο μέγεθος και στη συχνότητα των παραθεμάτων που μπορώ να εντάξω στην εργασία μου εντός εισαγωγικών. Κάθε μεγάλο παράθεμα (π.χ. σε πίνακα ή πλαίσιο, κλπ), προϋποθέτει ειδικές ρυθμίσεις, και όταν δημοσιεύεται προϋποθέτει την άδεια του συγγραφέα ή του εκδότη. Το ίδιο και οι πίνακες και τα σχέδια

4. Δέχομαι όλες τις συνέπειες σε περίπτωση λογοκλοπής ή αντιγραφής.

Ημερομηνία:/...../20.....

Ο – Η Δηλ.

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέμα της παρούσας εργασίας είναι η απομακρυσμένη παρακολούθηση και η διαχείριση των δεδομένων που καταγράφονται με wearable συσκευές. Στο πρώτο κεφάλαιο δίνονται ορισμένες γενικές πληροφορίες για τις wearable συσκευές, τα είδη που υπάρχουν αλλά και το που και πως χρησιμοποιούνται. Ιδιαίτερη μνεία γίνεται στη χρήση τους στην ιατρική περίθαλψη και ειδικά σε περιπτώσεις ατόμων που πάσχουν από χρόνιες ή μυοσκελετικές παθήσεις. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφερόμαστε στη περίοδο του Covid-19 κατά την οποία παρατηρήθηκε αύξηση στη χρήση της wearable τεχνολογίας τόσο από γιατρούς όσο και από ασθενείς ενώ παρουσιάζουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα χρήσης αυτής της τεχνολογίας. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε την μηχανική μάθηση, τον τρόπο που λειτουργεί και τις κατηγορίες στις οποίες χωρίζεται. Μιλάμε επίσης για τις πρακτικές εφαρμογές της μηχανικής μάθησης σε διάφορα πεδία με ιδιαίτερη έμφαση στο πεδίο της ιατρικής περίθαλψης. Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο, γίνεται παρουσίαση της εφαρμογής ενός έξυπνου ρολογιού, η οποία συλλέγει δεδομένα για τους παλμούς της καρδιάς και αποστέλλεται ειδοποίηση έκτακτης ανάγκης στο άτομο που έχει ορίσει ο χρήστης. Αυτή η εφαρμογή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για άτομα της τρίτης ηλικίας αλλά και για άτομα που πάσχουν από καρδιακές παθήσεις.

ABSTRACT

The topic of the present thesis is remote monitoring and management of data recorded by wearable devices. In the first chapter, we provide some general information concerning wearable devices, the existing kinds and how and where they are used. We particularly refer to their use in healthcare and more specifically in cases of people who suffer from chronic or musculoskeletal diseases. In the second chapter, we refer to the period of Covid-19 during which was an increase in the use of wearable technology both by doctors and patients alike while we present the advantages and disadvantages of using this technology. In the third chapter, we present machine learning, how it works and what are its categories. We also talk about the practical machine learning applications in different fields, emphasising on the field of health care. In the fourth and last chapter, we have the presentation of a smartwatch application, which gathers data over the heart rate and an emergency notification is sent to the person designated by the user. This application is particularly useful for elderly people and people who suffer from heart diseases.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ABSTRACT	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 WEARABLE ΣΥΣΚΕΥΕΣ	14
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ.....	14
1.2 Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WEARABLE ΣΕ ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ.....	17
1.3 WEARABLE ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗ.....	18
1.4 WEARABLE ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΕΑΥΤΟΣ (QUANTIFIED SELF)	21
1.5 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	24
1.6 ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ WEARABLE ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	29
1.6.1 ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ.....	30
1.6.2 ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ	31
1.7 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΒΑΘΙΑΣ ΜΑΘΗΣΗΣ (Deep Learning).....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 COVID-19 ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ.....	36
2.1 ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ	38
2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕ-ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ WEARABLE ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ... ..	39
2.3 ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕ-ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ WEARABLES	41
2.4 ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΖΗΜΕΙΩΣΗΣ	42
2.5 WEARABLE ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ: COVID-19 ΚΑΙ Η ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ	43
2.6 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ WEARABLES ΣΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΑΓΓΛΙΑΣ	45
2.7 ΣΚΕΨΕΙΣ ΙΑΤΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΩΝ	45
2.8 ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΩΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΝΑΦΕΡΘΕΙΣΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ.	46
2.9 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕ-ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ WEARABLE ΣΥΣΚΕΥΩΝ	47
2.9.1 ΟΦΕΛΗ.....	47
2.9.2 ΡΙΣΚΑ	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ	49

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	49
3.2 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ.....	51
3.2.1 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ	52
3.3 ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ	58
3.4 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗΣ	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ.....	61
4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	61
4.1.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	61
4.1.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	62
4.1.3 ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	64
4.1.4 ΚΛΑΣΕΙΣ.....	64
4.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	80
4.3 ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	83

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνολογία των αισθητήρων σε wearable συσκευές έχει γίνει πλέον διαθέσιμη σε μια μεγάλη ποικιλία καταναλωτικών και ιατρικών προϊόντων. Οι wearable συσκευές μπορούν να παρέχουν σε πραγματικό χρόνο ανατροφοδότηση για την υγεία του ατόμου και επομένως μπορούν να παρέχουν μια αντικειμενική εναλλακτική στη διαχείριση και την παρακολούθηση της πορείας χρόνιων και μη ασθενειών είτε σε ηλικιωμένους, είτε σε άτομα που βρίσκονται σε ανάρρωση είτε σε άτομα με ειδικές ανάγκες. Οι wearable αισθητήρες χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω της μεγάλης χωρητικότητάς τους, του μικρού περιβαλλοντικού αντικτύπου και του χαμηλότερου κόστους σε σύγκριση με αντίστοιχα ιατρικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση των ίδιων ζωτικών σημείων. Επιπρόσθετα, η wearable τεχνολογία μειώνει το κόστος της εντατικής θεραπείας καθώς επιτρέπει να γίνεται η ανάρρωση εκτός νοσοκομειακού περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, αυτή η τεχνολογία θα ανθίσει ακόμα περισσότερο τα επόμενα 25 χρόνια έχοντας ως αποτέλεσμα μια παγκόσμια εξοικονόμηση κόστους της τάξεως των 200 δις δολαρίων στο τομέα της ιατρικής περίθαλψης με ταυτόχρονη μείωση του χρόνου αλληλεπίδρασης μεταξύ του γιατρού και του ασθενή. Μελέτες δείχνουν πως ο αριθμός wearable συσκευών σε χρήση το 2020 ήταν περίπου 600 εκατομμύρια ενώ το 2021 και το 2022 έφτασε τα 928 και 1100 εκατομμύρια αντίστοιχα.

1.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Η τεχνολογία των wearable προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στο πεδίο της ιατρικής περίθαλψης ωστόσο η εμφάνιση πιστοποιημένων κλινικών συσκευών σε νοσοκομεία, κλινικές και μονάδες φροντίδας γίνεται με καθυστέρηση. Τα γάντια δεδομένων(data gloves) και οι μπάλες με αισθητήρες χρησιμοποιούνται στην ανίχνευση κίνησης σε ασθενείς με εγκεφαλικό στο στάδιο της ανάρρωσης. Wearable αισθητήρες ηλεκτρομυογραφήματος που περιέχουν έναν αισθητήρα, ηλεκτρόδια και σύστημα επικοινωνίας μέσω bluetooth χαμηλής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την

αξιολόγηση και παρακολούθηση της συμπεριφοράς των νεύρων και των μυών σε τραυματισμένο ιστό. Οι οπτικοί αισθητήρες που βασίζονται σε τεχνικές φωτός για να ποσοτικοποιήσουν τα ευαίσθητα μαγνητικά πεδία που παράγονται από τους νευρώνες του εγκεφάλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί των μηχανημάτων μαγνητικής τομογραφίας για να δημιουργήσουν παρόμοια απεικόνιση, μειώνοντας το κόστος αλλά και το χρόνο αναμονής. Επιπλέον, το γεγονός πως αυτοί οι αισθητήρες τοποθετούνται στο δέρμα, σημαίνει πως μπορούν να μεταφερθούν ευκολότερα και μπορούν να βελτιώσουν τα βίο-ηλεκτρικά σήματα που λαμβάνουν από τους χρήστες.

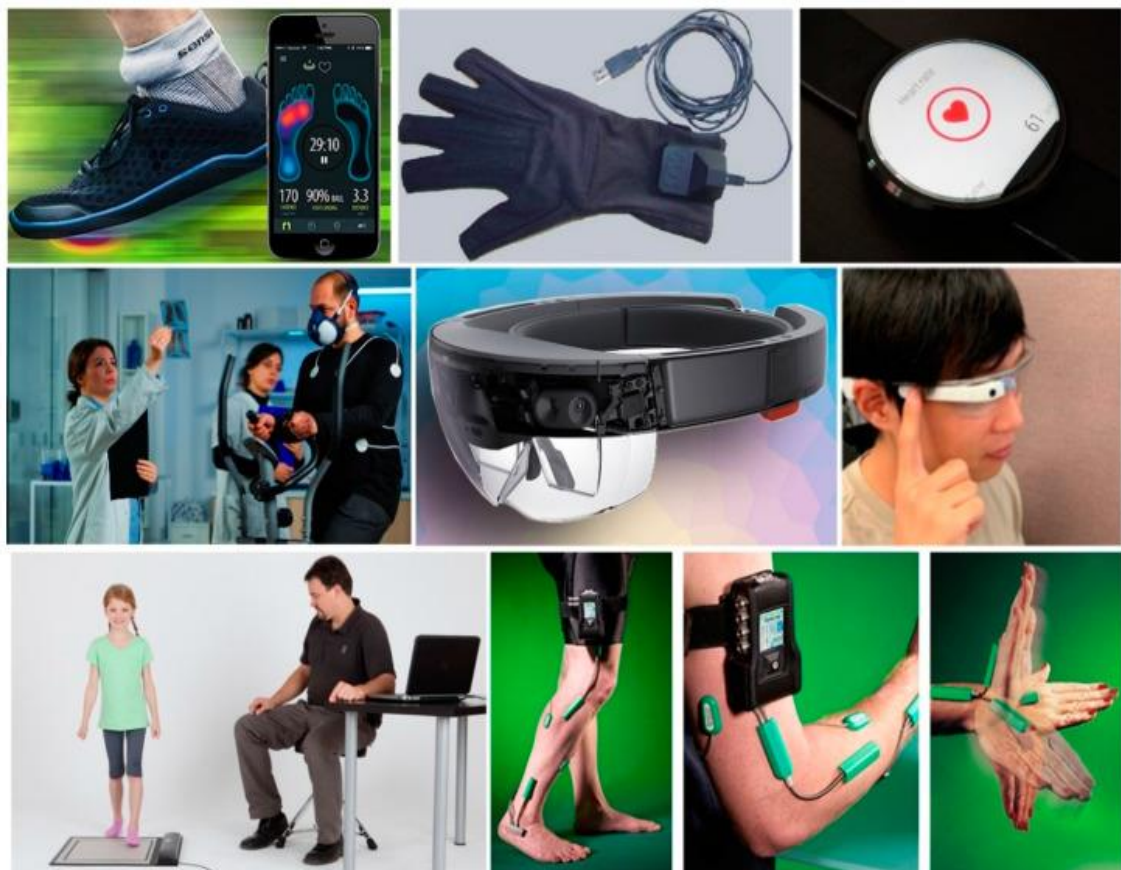
Όσον αφορά ασθενείς με χρόνιες πνευμονικές παθήσεις, μελέτες έχουν δείξει πως η αυτό-διαχείριση βελτιώνει τη ποιότητα της ζωής και μειώνει τις εισαγωγές στο νοσοκομείο ασθενών με αναπνευστικά προβλήματα. Τα οξύμετρα που ανιχνεύουν τα επίπεδα του οξυγόνου στο αίμα με την ανάλυση σε πραγματικό χρόνο των δεδομένων του ασθενή χρησιμοποιούνται ευρέως σε ασθενείς με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια. Το ECG (ηλεκτροκαρδιογράφημα) smartwatch της Apple για παράδειγμα έχει λάβει έγκριση από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και πλέον ένας σημαντικός αριθμός ανθρώπων μπορούν να εκμεταλλευτούν αυτό το χαρακτηριστικό. Η εξ αποστάσεως παρακολούθηση ασθενών μέσω wearable συσκευών μετατράπηκε σε ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο ειδικά κατά τη διάρκεια της πανδημίας του Covid-19. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούνται στο Ηνωμένο Βασίλειο για την εξ αποστάσεως παρακολούθηση ασθενών με χρόνιες ασθένειες ή συμπτώματα Covid και έτσι οι κλινικοί γιατροί μπορούν να εξετάσουν, να ελέγξουν τα ζωτικά σημεία του ασθενούς και να δώσουν οδηγίες και συμβουλές εξ αποστάσεως.

Οι wearable συσκευές τυπικά τοποθετούνται είτε απευθείας πάνω στο σώμα αυτού που τις φοράει, κάτω από τα ρούχα του είτε ως γάντια ή έξυπνα ρολόγια (smartwatches). Μπορούν να επικοινωνήσουν χρησιμοποιώντας το ανθρώπινο σώμα ως κανάλι μετάδοσης ή μέσω κάποιου ασύρματου δικτύου. Οι wearable συσκευές συλλαμβάνουν, φιλτράρουν και αρχειοθετούν μακροπρόθεσμα δεδομένα φυσιολογίας και δραστηριότητας που συλλέγουν από το χρήστη. Εξαιτίας του περιορισμένου χώρου αποθήκευσης δεδομένων και των περιορισμένων δυνατοτήτων υπολογισμού που διαθέτουν, οι συσκευές αυτές ενδέχεται να μην είναι σε θέση να επεξεργαστούν τα δεδομένα τοπικά και για αυτό το λόγο μεταφέρουν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει σε ένα απομακρυσμένο πανίσχυρο υπολογιστή, όπου οι πληροφορίες του αισθητήρα αποκωδικοποιούνται και παρουσιάζονται στο χρήστη με τρόπο κατανοητό.

Τα δίκτυα επικοινωνίας διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ αισθητήρων και συστημάτων ελέγχου. Η τεχνολογία επικοινωνίας πέμπτης γενιάς έχει βελτιώσει τα ευρυζωνικά δίκτυα ώστε να υποστηρίζονται οι μεγάλες απαιτήσεις συνεχούς μετάδοσης δεδομένων. Η ψηφιακή ιατρική περίθαλψη χρησιμοποιεί την μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων που προσφέρει η επικοινωνία πέμπτης γενιάς για να ενδυναμώσει τις υποδομές ιατρικής περίθαλψης, την ανθρώπινη υγεία και πάνω από όλα την ευημερία του κοινωνικού συνόλου.

Η αναγνώριση της αυτόματης ανθρώπινης δραστηριότητας αποτελεί βασικό στοιχείο της ανάπτυξης εφαρμογών ανθρώπινης αλληλοεπίδρασης στα πεδία της προσωπικής άθλησης και της ιατρικής περίθαλψης. Οι εφαρμογές που παρακολουθούν τα βήματα κάποιου, την απόσταση που κάλυψε, το ύψος στο οποίο ανέβηκε, ο ρυθμός βαδίσματος ή τρεξίματος είναι πολύ χρήσιμες και πλέον είναι διαθέσιμες σε όλα τα έξυπνα τηλέφωνα. Οι αθλητές επίσης χρησιμοποιούν μια σειρά συγκεκριμένων εφαρμογών με αισθητήρες για να βελτιώσουν την απόδοσή τους.

Στην εικόνα(1) που ακολουθεί παρουσιάζονται οι αισθητήρες που συνήθως χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της ανθρώπινης δραστηριότητας.



Εικόνα 1. Συνηθέστερα είδη αισθητήρων που ανιχνεύουν την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Το ενσωματωμένο στα έξυπνα κινητά επιταχυνσιόμετρο μπορεί να ανιχνεύσει τις συνθήκες δραστηριότητας και ύπνου. Οι αισθητήρες που τοποθετούνται στο λαιμό και στη μέση μπορούν να συγκεντρώσουν δεδομένα για το εύρος κινήσεων του κεφαλιού και του πάνω μέρους του σώματος. Αισθητήρες μπορούν επίσης να τοποθετηθούν στα πόδια ως μέρος μετεγχειρητικής θεραπείας για να βοηθήσουν στην αποκατάσταση και συνήθως χρησιμοποιούνται στους αθλητές για την ανάλυση της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και γενικά της μακροπρόθεσμης εξέλιξης. Τα headbands χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων όσον αφορά την κίνηση του κεφαλιού και του λαιμού. Τα γάντια δεδομένων εξετάζονται σε πειραματικό επίπεδο για την αποτελεσματικότητά τους στη συλλογή δεδομένων για το τρέμουλο και την κίνηση των δαχτύλων.

Οι wearable αισθητήρες στο τομέα της ιατρικής περίθαλψης χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν στη μετάβαση από το περιβάλλον της κλινικής σε ένα περιβάλλον κίνησης. Η λειτουργία τους μπορεί να παράσχει συνεχή ποσοτικοποίηση της προόδου του ασθενή ως αποτέλεσμα της θεραπείας με την ανάλυση των καθημερινών σωματικών δραστηριοτήτων του. Αυτές οι συσκευές έχουν το πλεονέκτημα πως παρέχουν και συνοψίζουν αντικειμενικά δεδομένα για την κίνηση διευκολύνοντας την ερμηνεία τους από τους γιατρούς. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η πρόσβαση στην ιατρική περίθαλψη είναι δύσκολη ή σε περιπτώσεις που ο ασθενής είναι πολύ άρρωστος ή ανίκανος να μεταβεί στο νοσοκομείο ή την κλινική. Επιπρόσθετα, τα δεδομένα που συλλέγονται από τις wearable συσκευές σε ένα περιβάλλον κίνησης είναι πιο πιθανόν να δώσουν μια πιο ακριβή και αντιπροσωπευτική μέτρηση της φυσικής κατάστασης του ασθενή από τα δεδομένα που συλλέγονται στιγμιαία κατά τη διάρκεια μιας επίσκεψης ρουτίνας στο νοσοκομείο.

1.2 Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WEARABLE ΣΕ ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Οι ερευνητικές μελέτες που χρησιμοποιούν συσκευές IMU (Αδρανειακή μονάδα μέτρησης) είναι όλο και πιο συχνές αλλά οι περισσότερες πραγματοποιούνται υπό επίβλεψη σε ελεγχόμενο κλινικό περιβάλλον. Οι μελέτες αυτές επικεντρώνονται στην ανάλυση πολύ-μεταβλητών δεδομένων από τους αισθητήρες ώστε να επιτύχουν την παρακολούθηση του ασθενή χωρίς περιορισμούς και την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη σωματική και ψυχολογική του κατάσταση. Προτού καταστεί εφικτή η χρήση μιας wearable συσκευής για κλινικούς ή ερευνητικούς σκοπούς, έχει σημασία να γίνουν

κατανοητά τα διάφορα είδη δεδομένων που μπορεί να απαιτηθούν κατά τη διάρκεια μιας κλινικής ή ερευνητικής μελέτης.

Οι IMU αισθητήρες χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για να μετρήσουν την κίνηση των συμμετεχόντων σε ένα κλινικό περιβάλλον. Οι αισθητήρες τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος του ασθενή όπως ο καρπός, ο λαιμός ή η μέση και έτσι γίνεται αντικειμενική παρατήρηση και καταγραφή των κινήσεων του ασθενή υπό την επίβλεψη ενός ιατρού ή έμπειρου ειδικού. Κατά τη διάρκεια μιας κλινικής αξιολόγησης, οι ασθενείς ενδέχεται να εξετάζονται με τη χρήση συγκεκριμένων τεστ που σχετίζονται με την ασθένεια που είναι υπό μελέτη. Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται από κάθε αισθητήρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως επιπρόσθετες πληροφορίες ώστε ο θεράπωντας ιατρός να έχει μια πιο ξεκάθαρη εικόνα της εξέλιξης της υγείας του ασθενή.

Μια IMU συσκευή περιέχει ένα επιταχυνσιόμετρο, ένα γυροσκόπιο και ένα μαγνητόμετρο τα οποία συνδυάζονται για να δημιουργήσουν ανεξάρτητες μετρήσεις του αντικειμένου πάνω στο οποίο βρίσκονται. Οι βαθμοί ελευθερίας ενός IMU αισθητήρα αναφέρονται στον αριθμό των αξόνων που μπορεί ο αισθητήρας να μετρήσει για να ανιχνεύσει τον προσανατολισμό του αντικειμένου. Τα δεδομένα που παράγονται από έναν IMU αισθητήρα μπορεί να είναι ελλιπή, ανακριβή και επιρρεπή σε λάθη εξαιτίας απρόβλεπτων παραγόντων κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Η διαφορά ανάμεσα στις τιμές που προκύπτουν από τα δεδομένα του αισθητήρα και τις αναμενόμενες τιμές ονομάζεται «θόρυβος».

Η χρήση ενός συμπληρωματικού φίλτρου σε συνδυασμό με τις IMU συσκευές μπορεί να συμβάλει στην εξάλειψη του θορύβου και στην μείωση των λαθών που σχετίζονται τυπικά με τα εξαγόμενα δεδομένα του IMU. Εναλλακτικά, μαζί με τους IMU αισθητήρες χρησιμοποιείται ένα φίλτρο Kalman, το οποίο ενισχύει τον αισθητήρα και εξαλείφει διάφορες δομικές και περιβαλλοντικές ενοχλήσεις.

1.3 WEARABLE ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗ.

Οι IMU αισθητήρες χρησιμοποιούνται κυρίως για οικιακή παρακολούθηση της δραστηριότητας και ανάρρωσης του ασθενή. Ο ασθενής μπορεί να χρειάζεται να φοράει αυτούς τους αισθητήρες για περισσότερο από 24 ώρες και κατά τη διάρκεια αυτού του διαστήματος απαιτείται από τον ασθενή να εκτελέσει κάποιες τυποποιημένες κινήσεις ως μέρος της καθημερινότητας του ενώ γίνεται συνεχή καταγραφή όλων των

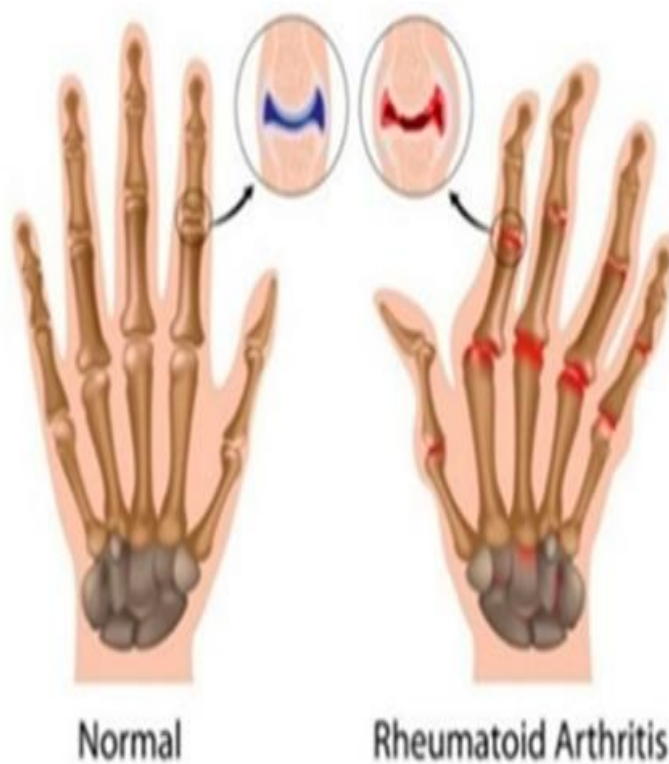
δεδομένων από τους αισθητήρες. Επομένως, αντί να συγκεντρώνονται μόνο τα δεδομένα που αντιστοιχούν στις τυποποιημένες κινήσεις όπως θα συνέβαινε σε ένα κλινικό περιβάλλον, οι αισθητήρες συγκεντρώνουν δεδομένα για όλες τις κινήσεις του ασθενή συμπεριλαμβανομένης της ξεκούρασης, του περπατήματος, της έντονης άσκησης και του ύπνου.

Κλινικές μελέτες δείχνουν πως οι wearable συσκευές χρησιμοποιούνται ευρέως για να ελέγχουν την δραστηριότητα στο σπίτι για να αξιολογήσουν τυχόν ιδιαιτερότητες στο τρόπο ζωής του ασθενή, συμπτώματα παχυσαρκίας ή ασθενειών όπως πνευμονικό οίδημα, διαβήτης, υπέρταση καθώς και καρδιαγγειακές ασθένειες. Όλα αυτά ελέγχονται μέσω μιας κατάλληλης wearable συσκευής που ενσωματώνεται με έναν IMU αισθητήρα και ελέγχεται από μια εφαρμογή στο κινητό τηλέφωνο. Οι wearable αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση μυοσκελετικών προβλημάτων καθώς μπορούν να προσδιορίσουν με ακρίβεια την κίνηση των αρθρώσεων, του λαιμού, του κεφαλιού καθώς και την ευελιξία στην κίνηση. Οι τυποποιημένοι έλεγχοι για την εξέταση της κίνησης αποτελούν επίσης έναν αποδοτικό τρόπο αξιολόγησης της μυοσκελετικής υγείας καθώς εξετάζεται η ικανότητα ενός ατόμου να εκτελέσει διάφορες δραστηριότητες όπως να κάνει μπάνιο, να ντυθεί, να φάει, να χτενιστεί, να ανέβει τις σκάλες, να μετακινηθεί χωρίς βοήθεια. Τα αποτελέσματα από τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί ο βαθμός κινητικότητας του ασθενή. Συσκευές ικανές για λεπτομερή αξιολόγηση της κίνησης όπως οι VICON και ViMove μπορούν να συλλέγουν δεδομένα και από τις τυποποιημένες εξετάσεις σε ένα κλινικό περιβάλλον αλλά και από τις κινήσεις του ατόμου στην καθημερινότητά του.

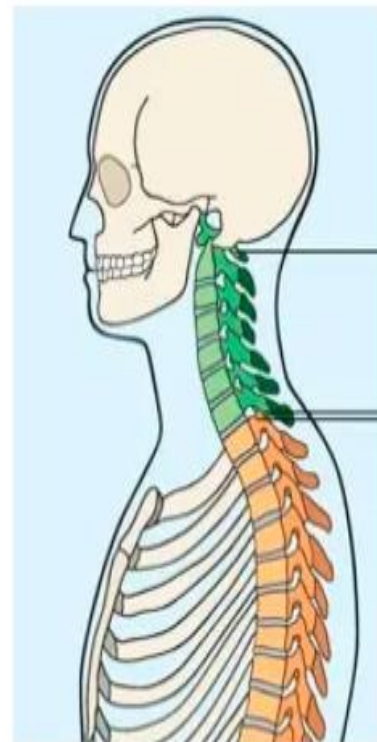
Οι παραδοσιακές μέθοδοι εντοπισμού μυοσκελετικής ασθένειας εξαρτώνται από την ερμηνεία, τα ερωτηματολόγια και τη δομημένη παρατήρηση των ασθενών. Επομένως, υπάρχει η πιθανότητα ασάφειας στη διάγνωση του ασθενή. Για παράδειγμα, η δυσκαμψία των αρθρώσεων αποτελεί μια σημαντική ένδειξη ρευματοειδούς αρθρίτιδας που καμία από τις παραδοσιακές μεθόδους δεν μπορεί να ποσοτικοποιήσει. Τα wearable γάντια δεδομένων λειτουργούν με βάση την αρχή της έμμεσης ανίχνευσης της αλλαγής στη γωνιακή περιστροφή του αισθητήρα κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Ένα γάντι δεδομένων εξοπλισμένο με IMU αισθητήρες μπορεί να ανιχνεύσει την σταθερότητα του χεριού και ως αποτέλεσμα μπορεί με αρκετή ακρίβεια να αναγνωριστεί η δυσκαμψία των αρθρώσεων.

Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που βασίζονται στη γραμμική παλινδρόμηση μπορούν επίσης να προσδιορίσουν τη σοβαρότητα της ρευματοειδούς αρθρίτιδας με τη χρήση ενός έξυπνου τηλεφώνου μειώνοντας την ανάγκη επίσκεψης σε γιατρό. Ένα πρόγραμμα έξυπνου τηλεφώνου μπορεί με ακρίβεια να προβλέψει τη πιθανότητα εμφάνισης της ασθένειας με χρήση μη παρεμβατικής αυτό-αξιολόγησης σε ένα σύνολο καθημερινών δραστηριοτήτων.

Η ASQOL είναι μια μέθοδος μέτρησης της ποιότητας της ζωής των ατόμων με αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα.



(a)



(b)

Εικόνα 2.Μυοσκελετικές αλλαγές στην α)ρευματοειδή αρθρίτιδα και β) αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα

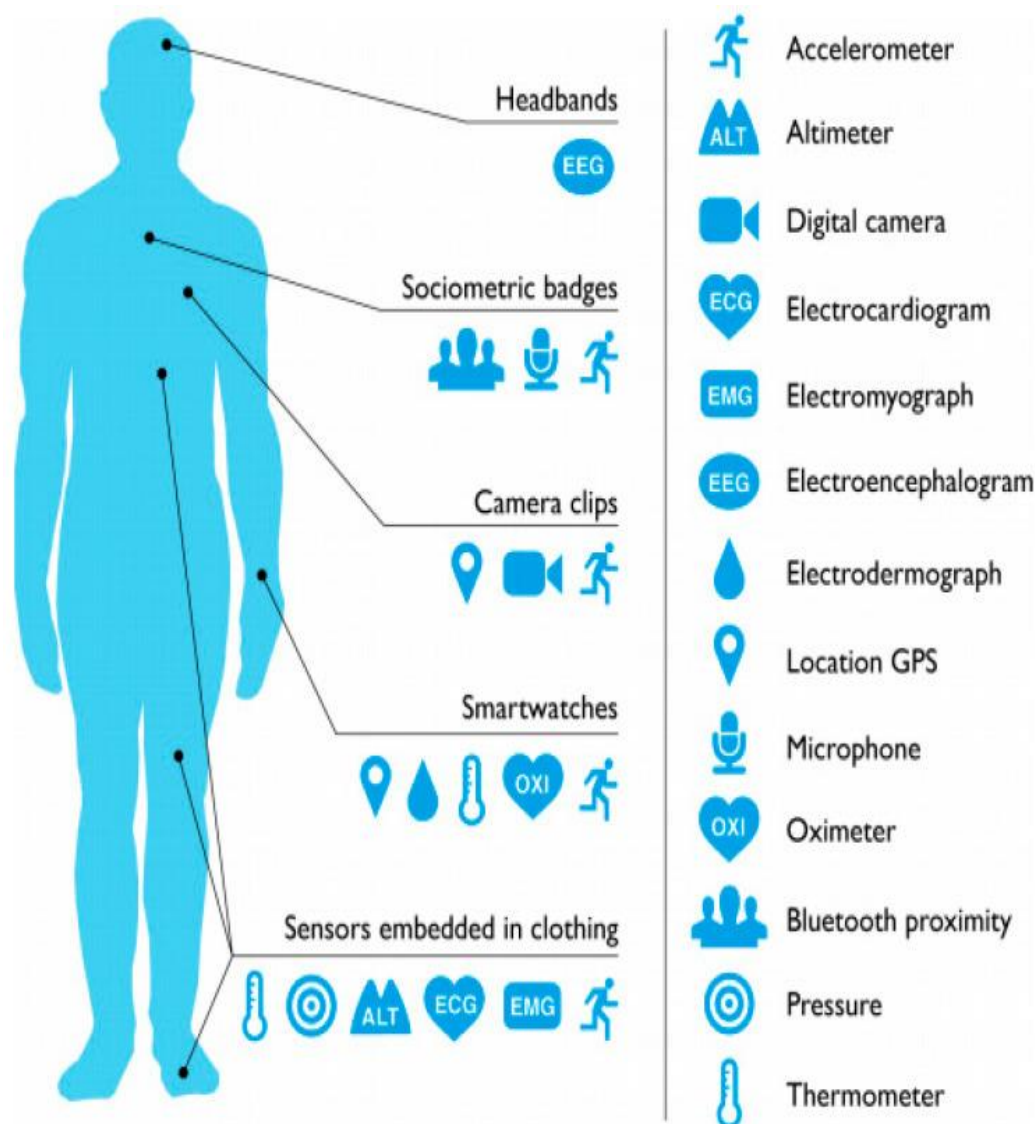
Η ASQOL μετράει την ικανότητα ενός ατόμου να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της καθημερινής ζωής ενώ υποφέρει από αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα. Αυτό το τεστ αξιολόγησης απαιτεί απαντήσεις σε ερωτήσεις που αφορούν την αντοχή στον πόνο, τον ύπνο, τις σχέσεις, την ανεξαρτησία και την κοινωνική ζωή. Αυτά τα τεστ αξιολογούν τον πόνο στη σπονδυλική στήλη, την ένταση της κούρασης, την πρωινή ακαμψία, την λειτουργική ικανότητα και ευαισθησία. Η εκτίμηση όμως των ασθενών όσον αφορά τον πόνο ή την ευαισθησία τους ενδέχεται να είναι λανθασμένη καθώς κάποιοι έχουν

την τάση να υπερβάλλουν και άλλοι να υποτιμούν την ένταση του πόνου. Για την αξιολόγηση των μετρήσεων, στον λειτουργικό δείκτη (BASFI) Bath αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα μπορεί να προστεθεί ένα wearable επιταχυνσιόμετρο με αλγόριθμους που μετράνε τη δραστηριότητα. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει μια πιο ξεκάθαρη εικόνα των αλλαγών στη σπονδυλική στήλη των ασθενών. Οι IMU αισθητήρες είναι αξιόπιστοι και έγκυροι στην αξιολόγηση της κινητικότητας της σπονδυλικής στήλης και για ασθενείς με αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα. Οι αισθητήρες τοποθετούνται στο λαιμό, το κεφάλι και στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης για να συγκεντρώσουν μια ποικιλία δεδομένων κίνησης. Οι τιμές των δεδομένων κίνησης χρησιμοποιούνται για να υπολογιστεί η ένταση της ασθένειας. Για αυτό το λόγο, οι wearable αισθητήρες έχουν χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη των κλινικών ιατρών κατά τη διάρκεια της διάγνωσης και της αποκατάστασης των ασθενών που υποφέρουν από ρευματοειδή αρθρίτιδα και αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα.

1.4 WEARABLE ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΕΑΥΤΟΣ (QUANTIFIED SELF)

Η έννοια του «ποσοτικοποιημένου εαυτού» αναφέρεται στη διαδικασία συλλογής προσωποποιημένων δεδομένων σχετικά με τη ζωή και την υγεία κάποιου με τη χρήση wearable συσκευών και άλλης αναπτυγμένης τεχνολογίας. Χάρη στην επικράτηση των έξυπνων τηλεφώνων και των wearable συσκευών με αισθητήρες, η συλλογή των δεδομένων και οι προσεγγίσεις ανάλυσης έχουν γίνει περισσότερο κοινές με αποτέλεσμα το life logging(η μεταφόρτωση δεδομένων προσωπικού και άλλου χαρακτήρα στο διαδίκτυο) και ο προσωποποιημένος εαυτός να αναπτύσσονται με γρήγορους ρυθμούς.

Οι wearable συσκευές μπορούν να βοηθήσουν αυτόν που τις φοράει να βελτιώσει τις συνήθειες του ύπνου του, να διαχειριστεί το άγχος και να αυξήσει την παραγωγικότητά του. Αν οι άνθρωποι που τις φοράνε υποφέρουν από χρόνιες ασθένειες, αυτές οι συσκευές μπορούν να τους παρέχουν επαρκή δεδομένα ώστε να ελέγχουν την κατάσταση της υγείας τους και την εξέλιξη της ασθένειάς τους. Headbands, sociometric badges, κάμερες, έξυπνα τηλέφωνα και αισθητήρες που ενσωματώνονται στα ρούχα είναι μερικά παραδείγματα wearable συσκευών. Αυτές οι συσκευές διαθέτουν διάφορους αισθητήρες που συλλέγουν δεδομένα από το ανθρώπινο σώμα.



Εικόνα 3Wearable συσκευές και η τοποθέτησή τους στο ανθρώπινο σώμα.

Wearable συσκευές όπως περικάρπια συνδεδεμένα σε εφαρμογές κινητών τηλεφώνων, μπορούν να αναγνωρίσουν συμπτώματα κατάθλιψης παρακολουθώντας τον τόνο της φωνής κατά τη διάρκεια τηλεφωνικών συνδιαλέξεων, την διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας και τις συνήθειες ύπνου. Οι βασικές λειτουργίες των συσκευών «ποσοτικοποιημένου εαυτού» περιλαμβάνουν την μέτρηση των βημάτων, τον έλεγχο του καρδιακού ρυθμού, το κάψιμο των θερμίδων και τη συγκέντρωση ζωτικών δεδομένων για την υγεία γενικότερα.

Οι απαρχές της ικανότητας ακριβής ποσοτικοποίησης της κίνησης βρίσκονται 30 χρόνια πριν όταν αναπτύχθηκαν εργαστήρια που εξέταζαν την ανθρώπινη κίνηση χρησιμοποιώντας μια σειρά από τεχνικές. Στο πέρασμα των χρόνων αναπτύχθηκαν IMU αισθητήρες που εξετάζουν και αναλύουν τον τρόπο βαδίσματος κάποιου και χρησιμοποιούνται ευρέως σε ασθενείς με οστεοαρθρίτιδα στους γοφούς και τα γόνατα.

Η βελτίωση της κινηματικής του βαδίσματος έχει βοηθήσει σημαντικά στη βελτίωση της φροντίδας των ασθενών. Κάποιοι γιατροί υποστηρίζουν τη χρήση των τυποποιημένων χρονομετρημένων τεστ λειτουργικότητας όπως το τεστ «άρσης και βάδισης» (up-and-go test) και το τεστ sit-to-stand. Αυτά τα τεστ θεωρούνται ως αξιόπιστο μέτρο της κινητικής απόδοσης καθώς συλλαμβάνει την μεταφορά των κινήσεων μεταξύ των ποδιών, του βαδίσματος και της στροφής. Η αξιολόγηση της ικανότητας βαδίσματος είναι πολύ σημαντική όταν πρόκειται για χρόνιες ασθένειες που επηρεάζουν το περπάτημα και είναι ευρέως αποδεκτό πως η επίδοση σε αυτά τα τεστ συνδέεται στενά με την λειτουργική ικανότητα και ανεξαρτησία στο σπίτι.

Η αξιολόγηση των επιπέδων λειτουργίας και ικανότητας γίνεται με τη βοήθεια πολλών εργαλείων. Μερικές φορές στην ανάλυση των αποτελεσμάτων λαμβάνονται υπόψη τα ερωτηματολόγια και τα ημερολόγια των ασθενών. Αυτά όμως είναι υποκειμενικά και σπάνια αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια την κινητική ικανότητα των ασθενών στο σπίτι. Οι ειδικοί μπορούν επίσης να διενεργήσουν τυποποιημένα τεστ λειτουργικότητας αλλά είναι χρονοβόρα, ακριβά και είναι δύσκολη η ερμηνεία των αποτελεσμάτων από άλλα μέλη της ιατρικής ομάδας. Τα επίσημα εργαστηριακά τεστ αξιολόγησης του βαδίσματος είναι πιο ακριβή αλλά ακριβά και είναι διαθέσιμα για ένα περιορισμένο αριθμό ειδικών κέντρων.

Οι wearable συσκευές δίνουν λύση σε πολλούς από αυτούς τους περιορισμούς χρησιμοποιώντας αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων, την ερμηνεία τους και την πρόβλεψη. Το ePhysio, είναι ένα wearable σύστημα που σχεδιάστηκε για να παρέχει απομακρυσμένη παρακολούθηση και εικονική καθοδήγηση σε ασθενείς που συνεχίζουν την αποκατάστασή τους εκτός κλινικού περιβάλλοντος. Είναι εξοπλισμένο με IMU αισθητήρες και ένα πρόγραμμα Android που συλλέγει και επεξεργάζεται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Το RAPAE Smart Glove¹⁹ επιτρέπει στους ασθενείς να αποκαταστήσουν τα χέρια τους φορώντας ένα γάντι και χρησιμοποιώντας την τεχνολογία. Το γάντι αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επούλωση πληγών ή να βοηθήσει με επιπλοκές που παρουσιάζονται ως αποτέλεσμα νευρολογικών ασθενειών. Wearable συσκευές με κάμερες και αισθητήρες κίνησης χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση των ασκήσεων αποκατάστασης σε ασθενείς με οστεοαρθρίτιδα στα γόνατα, επιτρέποντας στον ασθενή να διαχειριστεί μόνος του την πρόοδο της αποκατάστασής του. Η ακρίβεια για την κατηγοριοποίηση του είδους δραστηριότητας ήταν 97% ενώ η ακρίβεια αναγνώρισης της στάσης του σώματος κατά τη διάρκεια της άσκησης ήταν 88%. Η απομακρυσμένη παρακολούθηση των ασκήσεων μέσω των

αισθητήρων μπορεί να επιτρέψει στους ιατρούς να παρακολουθούν στενά τις ενέργειες και την εξέλιξη του ασθενή. Επιπλέον, η συλλογή των δεδομένων από καθημερινές δραστηριότητες μπορεί να βοηθήσει τους θεράποντες να αξιολογήσουν πιο γρήγορα την εξέλιξη μιας κατάστασης χωρίς την ανάγκη επιπλέον συνεδριών. Ο έλεγχος σε πραγματικό χρόνο των σωματικών δραστηριοτήτων μπορεί επίσης να βοηθήσει στην άμεση ανατροφοδότηση του ασθενή όσο πραγματοποιεί την άσκηση ενδυναμώνοντας την ποιότητα της αποκατάστασης. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η ευρεία χρήση των wearable αισθητήρων στην αξιολόγηση μυοσκελετικών προβλημάτων.

Οι επιστήμονες στο πεδίο των δεδομένων μπορούν να δημιουργήσουν νέα πλαίσια για να βοηθήσουν στην επεξεργασία, την ανάλυση και την ενσωμάτωση των δεδομένων και επιπλέον να γίνουν πρωτοπόροι στην δημιουργία εργαλείων για ελεύθερη πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων με γνώμονα πάντα την προστασία των προσωπικών δεδομένων. Η εξέλιξη των εφαρμογών του «ποσοτικοποιημένου εαυτού» μπορεί να περιλαμβάνει μεγαλύτερη ποικιλία μετρήσεων ώστε να περιλαμβάνονται και δεδομένα που μπορούν να βελτιώσουν την ανθρώπινη συμπεριφορά.

1.5 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Η ακρίβεια αναφέρεται στην ικανότητα ενός αισθητήρα να παράγει μια μέτρηση συγκρίσιμη με μια τυπική συσκευή μέτρησης. Η αναπαραγωγιμότητα ενός υπολογισμού αναφέρεται ως αξιοπιστία. Υποδηλώνει την ικανότητα ενός αισθητήρα να ανιχνεύει και να παράγει την ίδια μέτρηση πολλές φορές παρόλο που η μέτρηση ενδέχεται να μην είναι ακριβής. Η εγκυρότητα μιας wearable συσκευής περιλαμβάνει την επίδειξη ευστάθειας υλικού, συνέπειας, αξιοπιστίας και ανταπόκρισης στην αλλαγή. Οι τεχνικές απαιτήσεις για την wearable τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές ιατρικής περίθαλψης ορίζουν πως αυτές πρέπει να ανταποκρίνονται στο σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκαν, ότι μπορούν να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, ότι είναι ακριβή και έχουν δοκιμαστεί στο χώρο της ιατρικής περίθαλψης στο οποίο θα χρησιμοποιηθούν. Επιπρόσθετα, το είδος των δεδομένων που απαιτείται για επεξεργασία ως κομμάτι των εφαρμογών ιατρικής περίθαλψης ή η δυνατότητα εφαρμογής των αισθητήρων στο πλαίσιο μιας συγκεκριμένης ερευνητικής μελέτης καθορίζει και την επιλογή των κατάλληλων wearable αισθητήρων. Στον πίνακα που ακολουθεί γίνεται σύγκριση των πλεονεκτημάτων των εφαρμογών

wearable τεχνολογίας και των συμβατικών συστημάτων παρακολούθησης στο περιβάλλον της ιατρικής περίθαλψης.

Medical Service	Place of Care	Required Sensor		Requirements
		Performance and Accuracy		
		Healthcare Use	Self-Monitoring	
Domiciliary care	Patient's home	High	Medium	Portable, robust, ease of use
Hospital care	Hospital environment	High	Medium	Portable within a hospital setting, high accuracy
Wearable health monitoring	Anywhere, Any time	Medium	Medium	Small and light, highly portable and unobtrusive

Πίνακας 1 Σύγκριση wearable συσκευών παρακολούθησης με συμβατικές συσκευές παρακολούθησης. Οι wearable συσκευές παρακολούθησης σημείωσαν καλύτερη επίδοση όσον αφορά το μέγεθος και την ευκολία χρήσης και μεταφοράς.

Πολλοί wearable αισθητήρες όπως αυτοί που μπορούν να τοποθετηθούν στα ρούχα ή τα headbands είναι αποτελεσματικοί για τον έλεγχο της δραστηριότητας μέσα σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον βραχυπρόθεσμα αλλά είναι ανακριβείς μακροπρόθεσμα. Έρευνες έχουν δείξει πως διάφοροι αισθητήρες που παρακολουθούν τον καρδιακό παλμό είναι εξαιρετικά σταθεροί και αξιόπιστοι κατά την καταγραφή παλμών σε κατάσταση ηρεμίας και σε καταστάσεις αύξησης των καρδιακών παλμών. Ωστόσο, υπάρχουν αξιοσημείωτες αποκλίσεις στο τρόπο που διαφορετικές συσκευές ανταποκρίνονται στις συμπεριφορικές αλλαγές. Φαίνεται πως όσον αφορά τους περικάρπιους αισθητήρες, τα λάθη προκαλούνται κυρίως σε μακροπρόθεσμη χρήση εξαιτίας της κίνησης του αισθητήρα πάνω στο δέρμα, της διαφοράς θερμοκρασίας στην αρχή και στο τέλος των σωματικών ασκήσεων, της τραχύτητας της επιδερμίδας και της πυκνότητας του ιστού κάτω από το δέρμα.

Η εγκυρότητα των διάφορων wearable συσκευών έχει συζητηθεί εκτενώς από την επιστημονική κοινότητα. Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται διάφοροι wearable αισθητήρες, οι εφαρμογές τους, οι τεχνολογία που χρησιμοποιούν και η ακρίβεια τους. Η έρευνα δείχνει πως οι IMU αισθητήρες παρουσιάζουν μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεων σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών.

Measurement accuracy and use cases for various wearable systems.			
Wearable Sensor	Usage	Sensor Technology	Reported Accuracy
Grid-eye [100]	Human tracking or detection	Temperature sensing using Infrared radiation	80%
Wearable Biochemical Sensors [101]	Detect biomarkers in biological fluids	Physicochemical transducer	95%
Wearable Biophysical Sensors [102]	Detect biophysical parameters, such as heartrate, temperature and blood pressure	Sensor electrodes	94%
Adhesive patch-type wearable sensor [103]	Monitoring of sweat electrolytes	Radio-frequency identification (RFID)	96%

Tattoo-Based Wearable Electrochemical Devices [104]	Monitor fluoride and pH levels of saliva	Body-compliant wearable electrochemical devices on temporary tattoos	85%
RFID Tag Antenna [105]	Tracking of patients in a healthcare environment	RFID	99%
Pedar system [106,107]	Human gait analysis	Pressure sensors capture insole-based foot pressure data	88%
Wearable IMU Sensor [21,22,23]	Motion tracking, activity tracking, gait altitude, fall detection	Accelerometer, Gyroscope, Magnetometer	99%

Πίνακας 2 Ακρίβεια μετρήσεων για διάφορα wearable συστήματα

Ο «θόρυβος» των wearable αισθητήρων διακρίνεται σε δυο τύπους- ο θόρυβος που προκαλείται από την κίνηση και ο θόρυβος που υπάρχει εν γένει στους αισθητήρες. Οι αισθητήρες που παρακολουθούν την κίνηση του σώματος και τον ρυθμό της αναπνοής περιέχουν θόρυβο που προκαλείται από την κίνηση. Ο εγγενής θόρυβος στους αισθητήρες είναι αποτέλεσμα της θερμοκρασίας και του θορύβου. Επίσης, το άτομο που φοράει τον αισθητήρα μπορεί αθέλητα να προκαλέσει ζημιά κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ρύθμισης. Τα περισσότερα wearable συστήματα χρησιμοποιούν ασύρματο δίκτυο για να στείλουν τα δεδομένα που συγκεντρώσαν στο κέντρο επεξεργασίας δεδομένων αλλά η ευαλωτότητα των ασύρματων δικτύων μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια δεδομένων κατά τη μεταφορά ή την πρόκληση λαθών κατά την ανάλυση των δεδομένων.

Πλέον, όλα σχεδόν τα έξυπνα ρολόγια και τηλέφωνα διαθέτουν μετρητή βημάτων με πολλά συστήματα να αναφέρουν >95% ακρίβεια. Διάφορες συσκευές χρησιμοποιούνται από τους χρήστες για την καταγραφή των βημάτων και την καταγραφή του καρδιακού ρυθμού. Η αξιοπιστία και η ακρίβεια των wearable συσκευών κυμαίνεται από 92% ως 99%. Κάποιες τεχνολογίες είναι πιο κατάλληλες για εσωτερικές δραστηριότητες από ότι άλλες εξαιτίας του περιορισμού των κινήσεων. Κάποιες συσκευές μπορούν με ακρίβεια να μετρήσουν βήματα ενώ άλλες είναι

καλύτερες για τη μέτρηση του καρδιακού ρυθμού. Σαν αποτέλεσμα, η ακρίβεια των wearable συσκευών διαφέρει ανάλογα την συσκευή και την εφαρμογή.

Ωστόσο, η μέτρηση σε ασθενείς με χαμηλά επίπεδα δραστηριότητας φαίνεται πως είναι ανακριβής και μελέτες έχουν δείξει πως όταν ο ρυθμός του βαδίσματος είναι αργός ή ασταθής τότε η μέτρηση των βημάτων και ο καθορισμός της δραστηριότητας παρουσιάζουν ανακρίβειες.

Σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε φαίνεται πως υπάρχει σχέση ανάμεσα στην ακρίβεια και το κόστος των wearable συσκευών. Σε αυτή την έρευνα, τέσσερις συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν κάθε δραστηριότητα τρεις φορές φορώντας έξυπνα ρολόγια. Τα βήματα αρχικά υπολογίστηκαν χειρωνακτικά και ο ρυθμός της καρδιάς με ένα μετρητή παλμών. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, έγιναν σύγκριση των αποτελεσμάτων από τα έξυπνα τηλέφωνα με αυτά που είχαν ληφθεί νωρίτερα. Η σύγκριση έδειξε πως η ακρίβεια της μέτρησης των βημάτων και του καρδιακού παλμού επηρεάζεται από το κόστος της συσκευής.

Metric	Smartwatch	Accuracy (Steps)		Typical
		200 Steps	1000 Steps	Cost (May 2021)
Step count	Apple Watch	99.1%	99.5%	€480
	MisFit Shine	98.3%	99.7%	€185
	Samsung Gear 1	97%	94%	€150
Heart rate measurement	Apple Watch	99%	99.9%	€480
	Motorola Moto 360	89.5%	92.8%	€110
	Samsung Gear Fit	93%	97.4%	€150
	Samsung Gear 2	92.3%	97.7%	€130
	Samsung Gear S	91.4%	89.4%	€110
	Apple iPhone 6 (with cardio application)	99%	99.2%	€180

Πίνακας 3 Ακρίβεια στη μέτρηση βημάτων και καρδιακών παλμών ανάλογα το έξυπνο τηλέφωνο.

Τα έξυπνα ρολόγια είναι ευαίσθητα στην κίνηση. Το πόσο σφιχτά φοράει το άτομο το ρολόι στο χέρι του παίζει σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια της μέτρησης του καρδιακού παλμού. Τυχαίες κινήσεις επίσης ενδέχεται να μπερδέψουν τον αισθητήρα και να δώσει λανθασμένη μέτρηση. Η τεχνολογία Micro Electromechanical System(MEMS)

διευκολύνει τον σχεδιασμό wearable συστημάτων που είναι πιο μικρά, καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια, είναι πιο οικονομικά, έχουν υψηλή απόδοση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια ευρεία γκάμα εφαρμογών. Η χρήση των MEMS στους fitness trackers προσπαθεί να επιτύχει μια ισορροπία μεταξύ απόδοσης, κατανάλωση ενέργειας, κόστους και μεγέθους. Τα MEMS στις συσκευές Android προσπαθούν να ισορροπήσουν την κατανάλωση ενέργειας με την αποδοτικότητα.

Τα κυριότερα προβλήματα των wearable συσκευών είναι η κατανάλωση ενέργειας, η συνδεσιμότητα, οι σχεδιαστικοί περιορισμοί και τα ζητήματα ασφάλειας. Στη τεχνολογία του σήμερα, το μεγαλύτερο εμπόδιο στην κατασκευή wearable και εμφυτεύσιμων συσκευών είναι η τροφοδότηση ενέργειας. Καθώς η περιοχή επικοινωνίας για ασύρματες μεταδόσεις είναι συνήθως περιορισμένη, περιορίζεται και η ικανότητα επικοινωνίας των wearable συσκευών. Η ασφάλεια των wearable συσκευών παραμένει επίσης ένα άλυτο πρόβλημα. Αυτές οι συσκευές θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα των χρηστών.

Παρόλες τις προοπτικές που υπάρχουν για χρήση των wearable συσκευών στα κλινικά περιβάλλοντα, η ακρίβεια και η αξιοπιστία αυτών των συσκευών αποτελούν τις δυσκολότερες προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν. Οι wearable εφαρμογές θα πρέπει να είναι εύκολες στη χρήση και να μπορούν να ενσωματωθούν με ευκολία στην καθημερινότητα των καταναλωτών ειδικά όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για συνεχή παρακολούθηση χωρίς τη δημιουργία προβλημάτων και ο χρόνος φόρτισης μεταξύ των χρήσεων θα πρέπει να είναι ελάχιστος.

1.6 ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ WEARABLE ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Η εκτίμηση των αποτελεσμάτων των κλινικών δοκιμών ή της προσωπικής φροντίδας προκύπτουν από την ποσοτικοποίηση των δεδομένων που συγκέντρωσαν οι wearable συσκευές. Επομένως, οι εφαρμογές αυτών των συσκευών χειρίζονται ένα μεγάλο όγκο σωματικών δεδομένων του ατόμου που τα φοράει. Επομένως, το άτομο που φοράει αυτές τις συσκευές και τα δεδομένα που έχει συγκεντρώσει ο αισθητήρας τους αποτελούν τις δυο πιο σημαντικές συνιστώσες των εφαρμογών των wearable συσκευών. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο η ιδιωτικότητα και η ασφάλεια των χρηστών όσο η ψυχολογική διάσταση των wearable συσκευών. Η ψυχολογική διάσταση περιλαμβάνει την άνεση του χρήστη και την ψυχική του ευημερία. Επιπλέον, τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί, αποθηκευτεί και μεταδοθεί από

μια wearable συσκευή πρέπει να είναι ασφαλή και οι διαδικασίες αυτές πρέπει να γίνονται λαμβάνοντας υπόψη την προστασία των προσωπικών δεδομένων των χρηστών.

1.6.1 ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

Οι ασθενείς ενδέχεται να διστάζουν να φορέσουν wearable συσκευές που είναι άβολες ή που μπορούν να γίνουν εύκολα αντιληπτές από τους άλλους. Κάποιοι χρήστες νιώθουν αμηχανία και ντροπή όταν πρέπει να φορέσουν ένα αισθητήρα στον καρπό ή στο πόδι δημόσια. Οι επιδερμικοί βίο-αισθητήρες όπως το graphene electronic tattoo, αποτελούν έναν αναδυόμενο πεδίο που επιτρέπουν στον χρήστη να κρύψει τον αισθητήρα όταν βρίσκεται σε δημόσιο χώρο. Αυτού του είδους ο αισθητήρας μοιάζει με τατουάζ και γίνεται εύκολα αντιληπτό με αποτέλεσμα οι χρήστες να νιώθουν πιο άνετα να τον χρησιμοποιήσουν για την καταγραφή των δεδομένων της ασθένειάς τους. Οι ασθενείς μπορεί να δυσκολεύονται στη τακτική φόρτιση των wearable συσκευών και αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα συναισθηματική κούραση εξαιτίας της πιθανότητας παύσης λειτουργίας των συσκευών. Σημαντικά δεδομένα διάγνωσης μπορεί να χαθούν εξαιτίας αποφόρτισης της συσκευής. Μεγαλύτερης διάρκειας μπαταρίες μπορούν να μειώσουν το χρόνο φόρτισης αλλά είναι άβολες στη χρήση λόγω των μεγαλύτερων διατάσεων ενώ αυξάνουν και το συνολικό μέγεθος της συσκευής.

Οι wearable αισθητήρες μπορεί επίσης να αυξήσουν το άγχος του χρήστη όσον αφορά την σωματική τους υγεία. Οι ηλικιωμένοι και τα άτομα που δεν είναι γυμνασμένα και επιθυμούν να έχουν λεπτομερείς πληροφορίες για την γενικότερη κατάσταση της σωματικής τους υγείας όπως οι χτύποι της καρδιάς, ο αριθμός των βημάτων, η ταχύτητα του βαδίσματος, ενδέχεται να προσπαθήσουν να ολοκληρώσουν σωματικές ασκήσεις πέρα των δυνατοτήτων τους. Αποτελεί κοινό φαινόμενο για τους χρήστες να ακολουθούν συμβουλές και προτάσεις σωματικής άσκησης που λαμβάνουν από τις συσκευές τους χωρίς ιατρική καθοδήγηση. Επιπρόσθετα, οι χρήστες μπορεί λανθασμένα να συνδυάσουν τα δεδομένα από τις wearable συσκευές με άλλες ασθένειες από τις οποίες ήδη υποφέρουν και να αγχωθούν ακόμα περισσότερο. Οι wearable συσκευές εμπνέουν τους ανθρώπους να γυμνάζονται περισσότερο αλλά μπορεί να τους δημιουργήσουν και αισθήματα απογοήτευσης όταν δεν πετυχαίνουν το στόχο της κάθε άσκησης. Μια ανάλυση των δεδομένων από τους wearable αισθητήρες που χρησιμοποιούνται από ανθρώπους με χρόνια καρδιακά προβλήματα κατά τη διάρκεια της αυτό-παρακολούθησης έδειξε ότι πολλοί συμμετέχοντες ήθελαν να

μάθουν περισσότερα για την υγεία τους και τη πιθανή σύνδεση μεταξύ των καθημερινών τους δραστηριοτήτων και της εξέλιξης της ασθένειας τους.

Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιούν διάφορες εφαρμογές για την παρακολούθηση της διάθεσής τους όπως το MoodTracker, το MyTherapy, το Daylio, το MoodKit ή το Breathe2Relax. Έρευνες έχουν δείξει πως εκείνοι που χρησιμοποιούν εφαρμογές «ποσοτικοποιημένου εαυτού» νιώθουν πως έχουν τον έλεγχο της διάθεσης τους, το οποίο τους βοηθάει να ελέγχουν την διάθεση τους, να έχουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση και πιο θετική στάση προς τη συναισθηματική τους υγεία. Οι χρήστες μπορούν να καταλάβουν τους συναισθηματικούς τους κύκλους με τη χρήση εφαρμογών ελέγχου της διάθεσης και να σχεδιάσουν διάφορες στρατηγικές για αυξήσουν την ευτυχία τους και να διαχειριστούν το άγχος τους. Οι αλλαγές στα μοτίβα χρήσης του τηλεφώνου, των καθημερινών δραστηριοτήτων και μετακίνησης μπορούν να βοηθήσουν στην ανίχνευση αλλαγής της διάθεσης ενός ατόμου. Οι εφαρμογές ανίχνευσης της διάθεσης παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στον ποσοτικοποιημένο εαυτό καθώς μια έρευνα του Ινστιτούτου Υγείας και Αξιολόγησης (IHME) έδειξε πως ένας στους έξι στην Ευρώπη έχει κάποιο ψυχολογικό πρόβλημα.

1.6.2 ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Η ιδιωτικότητα των δεδομένων και η ασφάλεια θα πρέπει να αποτελούν μέρος της wearable τεχνολογίας. Πολλές wearable συσκευές αποθηκεύουν δεδομένα χωρίς κρυπτογράφηση ή προστασία δεδομένων με αποτέλεσμα να υπάρχει υψηλός κίνδυνος απώλειας εμπιστευτικών προσωπικών δεδομένων που αφορούν την υγεία. Οι wearable συσκευές κατά κύριο λόγο συνδέονται με τα έξυπνα τηλέφωνα μέσω Bluetooth ή ασύρματων δικτύων που σημαίνει πως η συνδεσιμότητα σε μη ασφαλή δίκτυα δεν παρέχει επαρκή προστασία των δεδομένων και αυξάνει τον κίνδυνο κυβερνοεπίθεσης. Οι wearable αισθητήρες συγχρονίζονται με τα έξυπνα τηλέφωνα για τη μεταφορά δεδομένων που σημαίνει πως οι άλλες εφαρμογές που είναι ήδη εγκατεστημένες κάνουν τα τηλέφωνα πιο ευάλωτα σε ηλεκτρονική παρείσφρηση, πιο γνωστό ως hacking δεδομένων.

Υπάρχουν δυο ειδών απειλές της προστασίας των δεδομένων όσον αφορά τις wearable συσκευές- οι παθητικές και οι ενεργητικές επιθέσεις. Οι παθητικές επιθέσεις έχουν ως στόχο να αποκτήσουν πρόσβαση στους κωδικούς του χρήστη και στις προσωπικές πληροφορίες που βρίσκονται στα έξυπνα τηλέφωνα. Αυτή η τεχνική δεν καταστρέφει

ούτε διαταράσσει τις λειτουργίες της συσκευής. Οι ενεργητικές επιθέσεις, από την άλλη πλευρά, προσπαθούν να καταστρέψουν ή να αλλάξουν τις ρυθμίσεις της συσκευής.

Σε μια παθητική επίθεση, ένας πιθανός εισβολέας μπορεί εύκολα να αποκτήσει πρόσβαση στα δεδομένα χωρίς να το αντιληφθεί ο χρήστης εξαιτίας της έλλειψης ασφάλειας στην συνδεσιμότητα της συσκευής με το δίκτυο. Πρόσφατη μελέτη έδειξε με ποιο τρόπο μια Fitbit συσκευή ήταν ευάλωτη σε επιθέσεις δεδομένων, σε γρήγορη αποφόρτιση και επιθέσεις άρνησης υπηρεσίας (denial-of-service). Οι εισβολείς μπορούν να εκμεταλλευτούν τις wearable συσκευές για να αποκτήσουν πρόσβαση σε δεδομένα IMU δεδομένα που προέρχονται από επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια και μαγνητόμετρα ώστε να μπορέσουν να ανακαλύψουν τους τραπεζικούς κωδικούς ή τους κωδικούς κλειδώματος μιας ηλεκτρονικής πόρτας.

Έρευνες έχουν δείξει πως οι περισσότεροι χρήστες wearable συσκευών ανησυχούν για την προστασία των δεδομένων που αποθηκεύονται στη συσκευή τους. Πολλοί fitness trackers αποθηκεύουν τις διαδρομές που χρησιμοποιούν οι χρήστες για να τρέξουν ή να περπατήσουν μέσω συντεταγμένων GPS και αυτές οι πληροφορίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε παραβίαση της ιδιωτικότητας καθώς όταν γίνεται ανταλλαγή αυτών των δεδομένων μεταξύ συσκευών με χρήση Bluetooth ή ασύρματου δικτύου Wi-Fi υπάρχει πάντα ο κίνδυνος υποκλοπής. Οι απειλές στην προστασία των δεδομένων μπορεί να προέλθουν από τις ενσωματωμένες κάμερες και τα ενσωματωμένα μικρόφωνα που υπάρχουν στις wearable συσκευές. Τα μικρόφωνα μπορούν να αποτελέσουν απειλή με τη καταγραφή χωρίς άδεια μιας συνομιλίας ή φωνών άλλων ανθρώπων χωρίς τη συγκατάθεσή τους. Μια wearable κάμερα μπορεί επίσης να παραβιαστεί εκθέτοντας με αυτό τον τρόπο τα προσωπικά δεδομένα του χρήστη και του περιβάλλοντός του. Τέλος, υπάρχουν άτομα που χρησιμοποιούν τα wearable συστήματα για να παραβιάσουν εν γνώση τους την ιδιωτικότητα των άλλων.

Καθώς οι πληροφορίες που αφορούν την υγεία αποτελούν εκ φύσεως ευαίσθητα και εμπιστευτικά δεδομένα, η ιδιωτικότητα και η ασφάλεια των δεδομένων είναι ύψιστης σημασίας για τις εφαρμογές ιατρικής περίθαλψης που χρησιμοποιούν wearable συσκευές. Για να βελτιώσουν την προστασία και την ιδιωτικότητα των δεδομένων, οι χρήστες θα πρέπει να γνωρίζουν το είδος και τον όγκο των δεδομένων που συλλέγονται από τις συσκευές. Ορισμένες προτάσεις για την αύξηση της προστασίας και της ιδιωτικότητας είναι:

- ◆ Χρήση μηχανισμών κρυπτογράφησης όπως η χρήση PIN για να μην είναι εύκολη η πρόσβαση στο έξυπνο τηλέφωνο και στις εφαρμογές του.
- ◆ Η αποθήκευση των δεδομένων στο cloud όπου υπάρχει μεγαλύτερη προστασία.
- ◆ Η χρήση ασφαλών δικτύων για τη μεταφορά των δεδομένων από τη συσκευή στον αποθηκευτικό χώρο.

Η χρήση wearable συσκευών με πλήρη προστασία δεδομένων είναι ανεφάρμοστη, ωστόσο, η επιμελής χρήση αυτών των συσκευών περιορίζει σε μεγάλο βαθμό την πιθανότητα απώλειας δεδομένων.

1.7 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΒΑΘΙΑΣ ΜΑΘΗΣΗΣ (Deep Learning)

Η ανίχνευση της ανθρώπινης δραστηριότητας με τη χρήση τεχνικών βαθιάς μάθησης αποτελεί ένα νέο καινοτόμο πεδίο της wearable τεχνολογίας. Με την χρήση αυτών των τεχνικών, ένα εκπαιδευμένο σύστημα «σκέφτεται» με τον ίδιο τρόπο όπως οι άνθρωποι όταν πρέπει να αναγνωρίζει τα μοτίβα των διάφορων δραστηριοτήτων. Η αναγνώριση των μοτίβων και οι τεχνικές αντιστοίχισης αυτών έχουν χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή συγκεκριμένων μοτίβων κίνησης από μακροχρόνιες βάσεις δεδομένων που αποκτήθηκαν από wearable συσκευές και πιο συγκεκριμένα από συσκευές με επιταχυνσιόμετρα και IMUs. Οι τεχνικές αναγνώρισης των μοτίβων συνήθως έχουν ως στόχο την κατάταξη ενός συνόλου δεδομένων ανάλογα την εκπαίδευση και τις πληροφορίες από προηγούμενα μοτίβα. Μέσω της τεχνικής αντιστοίχισης των μοτίβων γίνεται ο έλεγχος ύπαρξης ή όχι συγκεκριμένων μοτίβων σε μια μεγάλη βάση δεδομένων. Η αντιστοίχιση μοτίβων έχει επίσης χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές επιστήμης των δεδομένων όπως είναι η επεξεργασία της φυσικής γλώσσας, οι ψηφιακές βιβλιοθήκες και οι μηχανές αναζήτησης του διαδικτύου.

Υπάρχουν τρία είδη αλγορίθμων μηχανικής μάθησης: η εποπτευόμενη μάθηση, η ημι-εποπτευόμενη μάθηση και η μη εποπτευόμενη μάθηση. Στην εποπτευόμενη μάθηση, οι αλγόριθμοι «μαθαίνουν» με τη χρήση συνόλων δεδομένων με ετικέτα και στη συνέχεια μπορούν να κάνουν προβλέψεις με βάση τα καινούργια δεδομένα. Η εποπτευόμενη μάθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τύπους προβλημάτων όπου η απάντηση είναι δυο συγκεκριμένες κατηγορίες για παράδειγμα «ναι» ή «όχι». Όταν υπάρχουν δυο τάξεις, έχουμε δυαδική ταξινόμηση ενώ όταν είναι πάνω από δυο έχουμε

ταξινόμηση πολλαπλών κατηγοριών. Τα συστήματα αναγνώρισης της ανθρώπινης δραστηριότητας δίνουν αποτελέσματα με τη χρήση τεχνικών εποπτευόμενης μάθησης. Για παράδειγμα, οι τεχνικές εποπτευόμενης μάθησης χρησιμοποιούνται για να εκπαιδεύσουν το μηχάνημα στις εφαρμογές ανίχνευσης ανθρώπινης δραστηριότητας που αναλύουν τα μοτίβα διατροφής και άσκησης σε ασθενείς που υποφέρουν από διαβήτη, παχυσαρκία και καρδιακά νοσήματα όπως επίσης και σε εφαρμογές που υπολογίζουν τις θερμίδες που «κάηκαν» κατά τη διάρκεια μιας σειράς ασκήσεων.

Οι αλγόριθμοι μη εποπτευόμενης μάθησης επεξεργάζονται δεδομένα χωρίς ετικέτα και βρίσκουν μοτίβα και σχέσεις μεταξύ τους. Τα δεδομένα που συλλέγονται από εφαρμογές αναγνώρισης ανθρώπινης δραστηριότητας σε κινητά τηλέφωνα ορίζονται ως μη εποπτευόμενα. Το σύνολο των αισθητήρων που είναι ενσωματωμένα σε μια έξυπνη συσκευή παράγει ετερογενή δεδομένα όσον αφορά τη μορφή και τη σημασιολογία τους. Η ομαδοποίηση αποτελεί την πρωταρχική στρατηγική για τη δημιουργία μιας μαθησιακής δομής από τη συλλογή μη εποπτευόμενων δεδομένων.

Η εκπαίδευση του συστήματος με τη χρήση ημι-εποπτευόμενων δεδομένων συνδυάζει μικρές ποσότητες δεδομένων με ετικέτα και μεγάλες ποσότητες δεδομένων χωρίς ετικέτα. Οι τεχνικές ημι-εποπτευόμενης μάθησης χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση των δεδομένων χωρίς ετικέτα στην αναγνώριση μοντέλων αναγνώρισης για εφαρμογές όπως η αναγνώριση μοτίβων ή η αναγνώριση φωνής.

Η βαθιά μάθηση είναι ένα υποσύνολο της μηχανικής μάθησης που μπορεί να μάθει από μη εποπτευόμενα δεδομένα και παρέχει ένα σύστημα μάθησης προερχόμενο από αυτές τις βάσεις δεδομένων. Η συνεχής ανίχνευση και ανάλυση της ανθρώπινης κίνησης αποτελεί ένα δύσκολο πρόβλημα για την μηχανική μάθηση καθώς είναι δύσκολος ο καθορισμός των χαρακτηριστικών και η διάρκεια των διάφορων μοτίβων κίνησης. Τα χαρακτηριστικά της ανθρώπινης κίνησης διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο. Οι κινήσεις των μερών του ανθρώπινου σώματος όπως των χεριών, των ποδιών ακόμα και του κεφαλιού κατά την εκτέλεση καθημερινών δραστηριοτήτων όπως το βάδισμα, το τρέξιμο ή το φαγητό είναι μοναδικές. Ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση αυτών των δραστηριοτήτων επίσης διαφέρει ανάλογα το άτομο. Ως αποτέλεσμα, η δημιουργία μοτίβων για κάθε δραστηριότητα με στόχο την εκπαίδευση ενός συστήματος μηχανικής μάθησης αποτελεί μεγάλο εγχείρημα. Ωστόσο, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας της βαθιάς μάθησης, η εξαγωγή χαρακτηριστικών με το χέρι δεν είναι

πλέον απαραίτητη ενώ έχει βελτιωθεί η αναγνώριση περίπλοκων ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Ένας ταξινομητής που βασίζεται σε τεχνητό νευρωνικό δίκτυο αποδίδει αρκετά καλά στο να αναγνωρίζει χειρονομίες σε πραγματικό χρόνο με τη χρήση IMU δεδομένων. Οι αλγόριθμοι αναγνώρισης μοτίβων χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή δεδομένων κίνησης από ένα έξυπνο τηλέφωνο που διαθέτει αισθητήρες. Η ανίχνευση και κατηγοριοποίηση της ανθρώπινης κίνησης από αισθητήρες IMU χρησιμοποιείται για την βελτίωση αθλητικών δραστηριοτήτων.

Οι αλγόριθμοι αναγνώρισης μοτίβων χρησιμοποιούνται επίσης στα συστήματα αναγνώρισης προσώπου, όπου μοτίβα διαφορετικών χαρακτηριστικών ανακτώνται και εξετάζονται ώστε να πραγματοποιηθεί η διαδικασία αναγνώρισης προσώπου.

Η αναγνώριση ανθρώπινης δραστηριότητας από δεδομένα που προέρχονται από wearable αισθητήρες αποτελεί μια νέα περιοχή έρευνας ενώ εφαρμογές online συστημάτων αναγνώρισης ανθρώπινης δραστηριότητας χρησιμοποιούνται ευρέως στο τομέα της ιατρικής περίθαλψης. Για παράδειγμα, η παρακολούθηση ασθενών με ψυχικές ή σωματικές παθολογίες είναι σημαντική για την προστασία, την ασφάλεια και την ανάρρωσή τους. Το eWatch αποτελεί την πιο σπουδαία online τεχνολογία ανίχνευσης ανθρώπινης δραστηριότητας. Ένα eWatch έχει συνήθως 4 αισθητήρες: έναν ελαφρύ αισθητήρα, ένα επιταχυνσιόμετρο, ένα μικρόφωνο και ένα θερμόμετρο και η ακρίβεια του κυμαίνεται μεταξύ 70% και 90%. Μια άλλη Android εφαρμογή ανίχνευσης ανθρώπινης δραστηριότητας είναι το Vigilante. Αυτό το πρόγραμμα συνδέεται με έναν αισθητήρα θώρακος, ο οποίος συγκεντρώνει τα δεδομένα της κατάστασης του ασθενή και ο μέσος όρος ακρίβειας είναι 92,6%.

Η ανάλυση της ανθρώπινης δραστηριότητας αποτελεί ένα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας το οποίο γίνεται όλο και πιο δημοφιλές χάρη στην αύξηση της χρήσης της wearable τεχνολογίας σε περιβάλλοντα διαφορετικά από τα παραδοσιακά. Οι wearable συσκευές μπορούν να διευκολύνουν τους χρήστες να έχουν πρόσβαση στη δικιά τους υγεία. Η ανάλυση και η αναγνώριση συγκεκριμένων τύπων δραστηριότητας μέσω δεδομένων από τους αισθητήρες μπορούν να ενισχύσουν την αξιολόγηση της ποιότητας ζωής των ασθενών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την ανάλυση πολλών μεταβλητών με τη χρήση διάφορων τεχνικών. Οι wearable αισθητήρες συγκεντρώνουν δεδομένα για τις καθημερινές δραστηριότητες του ασθενή- δεδομένα που είναι πλούσια σε αντικειμενικές λεπτομέρειες όταν συγκρίνονται με κλινικά δεδομένα αξιολόγησης. Η

αυξημένη διαθεσιμότητα των δεδομένων από τους αισθητήρες, επιτρέπει στους θεράποντες να έχουν πιο ακριβή εικόνα της υγείας του ασθενή σε σύγκριση με τις παραδοσιακές υποκειμενικές μεθόδους.

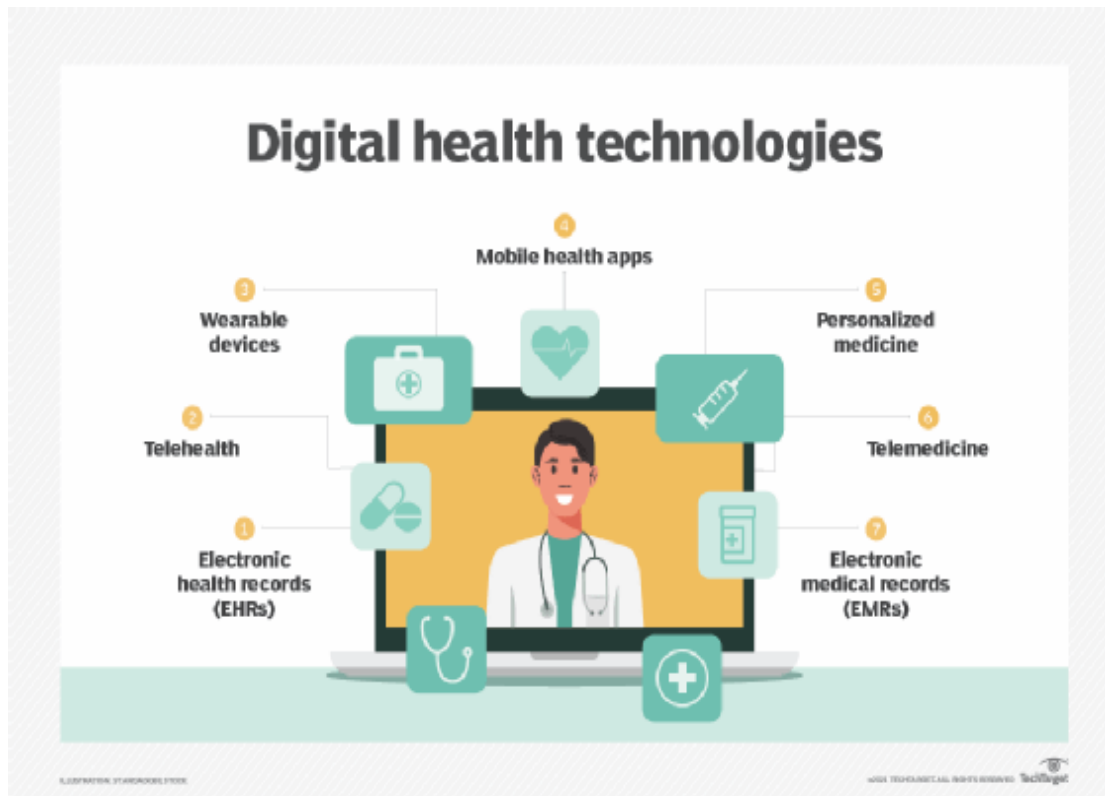
Ένας από τους βασικούς στόχους των wearable συσκευών είναι να δημιουργήσουν και να αναπτύξουν ακριβή, έγκυρα και ξεκάθαρα αποτελέσματα και οι μελλοντικές εξελίξεις σε αυτό το πεδίο θα δώσει στους ιατρούς περισσότερο λεπτομερείς πληροφορίες σε σχέση με διάφορες κινήσεις που περιέχονται στα δεδομένα που καταγράφονται στο σπίτι. Αυτά τα δεδομένα θα βοηθήσουν τους χρήστες να έχουν καλύτερη αντίληψη της υγείας τους και τους θεράποντες να σχηματίσουν μια πιο συγκεκριμένη άποψη για τη κινητικότητα των ασθενών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 COVID-19 ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ

Ο νέος κορονοϊός COVID-19 άλλαξε τον κόσμο μέσα σε λίγες εβδομάδες. Η πρώτη αντίδραση για τον περιορισμό της διάδοσης του ιού ήταν η κοινωνική απομόνωση. Με δεδομένη αυτή την αρχή και την έλλειψη προσωπικού προστατευτικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια αυτής της παγκόσμιας πανδημίας, όλοι οι εμπλεκόμενοι στο πεδίο της ιατρικής περίθαλψης έπρεπε να ξανασκεφτούν τις συνεδρίες πρόσωπο με πρόσωπο με τους ασθενείς τους. Η κορύφωση της πανδημίας έγειρε μια σειρά ερωτημάτων. Ποιες συνεδρίες ήταν απαραίτητες να γίνονται πρόσωπο με πρόσωπο και ποιες όχι; Τι αλλαγές έπρεπε να γίνουν στους νόμους, στους κανονισμούς, στις πολιτικές πληρωμής και στη ροή των εργασιών για να γίνει πιο εύκολη η μετάβαση;

Τα μοντέλα απομακρυσμένης παρακολούθησης όπου ο ασθενής βρίσκεται μακριά από τον θεράποντα ιατρό ή άλλους εργαζομένους στην ιατρική περίθαλψη, ενισχύονται από τις τεχνολογίες επικοινωνίας όπως είναι η διάσκεψη μέσω χρήσης βίντεο και τις τεχνολογίες συνεχούς απομακρυσμένης παρακολούθησης μέσω wearable αισθητήρων που συλλέγουν τα δεδομένα υγείας των ασθενών και τα μεταφέρουν στον ιατρό. Αυτές οι τεχνολογίες υπάρχουν εδώ και αρκετό καιρό αλλά ξεπερασμένοι νόμοι, κανονισμοί και πολιτικές εμπόδιζαν την ευρεία χρήση τους. Το ξέσπασμα της πανδημίας ωστόσο έκανε τις κυβερνήσεις και τις ασφαλιστικές εταιρείες να καταλάβουν πως τα μοντέλα ιατρικής περίθαλψης έπρεπε να αλλάξουν και πως η τηλε-ιατρική και η απομακρυσμένη παρακολούθηση μέσω wearable αισθητήρων μπορούσαν να παρέχουν υψηλού επιπέδου ιατρική περίθαλψη. Θα πρέπει να σημειωθεί πως μέχρι τότε οι μελέτες για την αποτελεσματικότητα της τηλε-ιατρικής και της wearable παρακολούθησης σε σύγκριση με τα παραδοσιακά μοντέλα ιατρικής περίθαλψης ήταν ελάχιστες.

Ο συνδυασμός της τηλε-ιατρικής και των wearable τεχνολογιών που συγκεντρώνουν και μεταδίδουν σε πραγματικό χρόνο δεδομένα υγείας ωφελεί τόσο τους παρόχους ιατρικής περίθαλψης όσο και τους ασθενείς. Η κρίση του COVID-19 αποτέλεσε ίσως το ισχυρότερο επιχείρημα για τη μετάβαση σε μοντέλα απομακρυσμένης παρακολούθησης όταν αυτό είναι απαραίτητο.



Εικόνα 4 Τεχνολογίες ψηφιακής υγείας

2.1 ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

ΤΗΛΕ-ΙΑΤΡΙΚΗ

Πολλοί πιστεύουν πως η τηλε-ιατρική είναι η αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο του ασθενή με τον ιατρό με τη χρήση βίντεο. Ωστόσο, υπάρχει ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών τηλε-ιατρικής όπως είναι η τηλεφωνική επικοινωνία, οι ασύγχρονες ψηφιακές υπηρεσίες όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και τα μηνύματα. Κάποιοι διευρύνουν τον ορισμό της τηλε-ιατρικής ώστε να περιλαμβάνει την παροχή εκπαιδευτικής και επαγγελματικής ανάπτυξης.

Η πλειοψηφία των υπηρεσιών εκτίμησης της κλινικής εικόνας ενός ασθενή μπορεί να πραγματοποιηθεί από απόσταση. Παρόλο που η τηλε-ιατρική χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για εξ αποστάσεως συνεδρίες με ασθενείς, έχει επίσης χρησιμοποιηθεί σε έκτακτα νευρολογικά συμβάντα όπως το εγκεφαλικό. “Telestroke” είναι ένα μοντέλο φροντίδας που εμφανίστηκε το 1999 όταν αναπτύχθηκαν μέθοδοι θεραπείας της θρομβόλυσης μέσω ενέσεων όπου οι ειδικοί στα μητροπολιτικά νοσοκομεία χρησιμοποίησαν την τηλε-ιατρική για τη διάγνωση και τη διαχείριση εγκεφαλικών

επεισοδίων σε νοσοκομεία που βρίσκονταν σε απομακρυσμένες περιοχές. Δεδομένου ότι η ενδοφλέβια ένεση πρέπει να γίνει μέσα σε λίγα λεπτά, το telestroke βοηθάει ώστε να μην χάνεται πολύτιμος χρόνος καθώς αποφεύγεται η μεταφορά ασθενών σε κρίσιμη κατάσταση σε κάποιο μεγάλο νοσοκομείο.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ WEARABLE ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Έχει αναγνωριστεί πως η συνεχής παρακολούθηση των δεδομένων υγείας μπορεί να αποδειχτεί ιδιαίτερα ωφέλιμη σε ασθενείς με καρδιακά νοσήματα, με διαβήτη ή σε ασθενείς που έχουν χειρουργηθεί στη σπονδυλική στήλη. Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται σε ποιες παθολογίες θα μπορούσε να αποδειχτεί χρήσιμη η τεχνολογία των wearable αισθητήρων.

Health metric	Relevant pathology
Vital signs (HR, SpO ₂ , RR, BP, body temp)	All critical conditions
Sleep patterns	Sleep disorders, mood disorders such as anxiety
General activity levels (activity minutes, daily step count)	Obesity, postoperative monitoring of lower limb and spine surgery
Gait assessment	Neurological gait disorders, postoperative monitoring of lower limb and spine surgery
Falls detection and prediction	Neurological gait disorders, frailty
Joint function	Knee, hip and shoulder pathologies and surgery
Blood sugar levels	Type 1 diabetes, other endocrine disorders
Electrolyte measurement	Electrolyte disorders, arrhythmias

Πίνακας 4 Παθολογίες όπου είναι ωφέλιμη η χρήση wearable αισθητήρων.

2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕ-ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ WEARABLE ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Μια τυπική συνεδρία τηλε-ιατρικής θα πρέπει να στοχεύει στην προσομοίωση μιας κατά πρόσωπο επικοινωνίας όσο αυτό είναι εφικτό με τη χρήση για παράδειγμα των δυνατοτήτων που έχουν τα έξυπνα τηλέφωνα, οι ταμπλέτες και οι υπολογιστές για βιντεοκλήση. Εκτός του ότι επιτρέπουν στον ειδικό να εξετάσει τον ασθενή, οι

βιντεοκλήσεις τον βοηθούν να επιθεωρήσει το χώρο που βρίσκεται ο ασθενής και αν αυτός είναι κατάλληλος.

Σε σύγκριση με άλλες ειδικότητες όπως η ραδιολογία, η καρδιολογία και η ψυχιατρική, η χρήση της τηλε-ιατρικής στην νευρολογία και την ορθοπεδική υπήρξε περιορισμένη. Οι συνεδρίες που δεν απαιτούν τη φυσική παρουσία των ασθενών θα μπορούσαν να γίνουν με τη χρήση τηλε-ιατρικής ωστόσο, στην περίπτωση πρώτης νευρολογικής εξέτασης προτείνεται η κατά πρόσωπο εξέταση ώστε να μπορέσει ο νευρολόγος να συγκεντρώσει τις απαραίτητες κλινικές πληροφορίες για να μπορέσει να κάνει τη διάγνωσή του. Μια τυπική νευρολογική εξέταση είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί εξ αποστάσεως καθώς οι ασθενείς δεν διαθέτουν, όπως είναι λογικό, τον απαραίτητο εξοπλισμό και τα ευρήματα ενδέχεται να είναι περιορισμένα ακόμα και μπερδεμένα.

Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος την περίοδο της πανδημίας υπήρχαν δυο πιθανές λύσεις. Οι ασθενείς με οξεία νευρολογική δυσλειτουργία έπρεπε να πηγαίνουν στο τμήμα επειγόντων των νοσοκομείων όπου η αρχική εκτίμηση γινόταν συνήθως από κάποιο νεαρό γιατρό. Ο γιατρός πραγματοποιούσε την νευρολογική εξέταση, η οποία μεταδιδόταν σε πραγματικό χρόνο σε κάποιον ειδικό. Αυτό επέτρεπε στον ειδικό να παρακολουθήσει μια ολοκληρωμένη σωματική εξέταση μειώνοντας τη σωματική επαφή και τον κίνδυνο διασποράς της πανδημίας. Έχει αποδειχτεί πως οι νευρολογικές εξετάσεις που πραγματοποιήθηκαν με αυτό τον τρόπο, δηλαδή με τη χρήση τηλε-ιατρικής, ήταν ίδιου επιπέδου με αυτές που πραγματοποιήθηκαν κατά πρόσωπο.

Για μη επείγουσες περιπτώσεις όπου ο ασθενής μπορούσε να παραμείνει στο σπίτι, χρησιμοποιήθηκαν wearable συσκευές που υποκαθιστούσαν μια τυπική νευρολογική εξέταση. Η χρήση των wearable συσκευών άρχισε να αυξάνεται συνεχώς καθώς μπορούσαν να ανιχνεύσουν ανωμαλίες στο βάδισμα ή στα ζωτικά σημεία.

Η τεχνολογία των wearable αισθητήρων επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση των ζωτικών σημείων των ασθενών με τη χρήση μιας μικρής wearable συσκευής. Οι αισθητήρες συγκεντρώνουν δεδομένα σε μια βάση στην οποία έχει πρόσβαση και ο ασθενής και ο ιατρός. Με τους αισθητήρες είναι εφικτή η παρακολούθηση πολλών ζωτικών σημείων όπως ο καρδιακός παλμός, η πίεση, το οξυγόνο και η θερμοκρασία του σώματος. Από νευρολογική άποψη, οι βασικές εφαρμογές των wearable τεχνολογιών είναι η αξιολόγηση του βαδίσματος και η ανάλυση της στάσης του σώματος σε ασθενείς με οξείες και χρόνιες παθολογίες στη σπονδυλική στήλη. Μελλοντικά, οι wearable αισθητήρες θα μπορούσαν να

χρησιμοποιηθούν σε ασθενείς με Πάρκινσον, με σκλήρυνση κατά πλάκας και σε ασθενείς που αναρρώνουν από εγκεφαλικό επεισόδιο.

2.3 ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕ-ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ WEARABLES

Για να γίνει αξιόπιστη χρήση της wearable τεχνολογίας στην τηλε-ιατρική θα πρέπει να ξεπεραστούν αρκετά εμπόδια. Για παράδειγμα, ενώ υπάρχουν όπως έχουμε ήδη αναφέρει συσκευές που μπορούν να αναλύσουν το βάδισμα, δεν υπάρχει ακόμα κάποιο πρότυπο που να είναι κλινικά βιώσιμο και αποδεκτό. Οι IMUs έχουν σχεδιαστεί για να «συλλαμβάνουν» κάθε είδους κίνηση σε τρισδιάστατο χώρο και αποτελούν τον βασικό αισθητήρα των wearable συσκευών που αναλύουν το ανθρώπινο βάδισμα. Οι IMUs συνήθως περιέχουν επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων που μετράει τη γραμμική επιτάχυνση κάθετα, προς τα μπροστά και στα πλάγια δίνοντας τρεις βαθμούς ελευθερίας στις μετρήσεις. Ωστόσο, οποιαδήποτε τροποποίηση ενός IMU αισθητήρα με στόχο την αύξηση της ακρίβειας της μέτρησης, είναι πιθανόν να αυξήσει την κατανάλωση ενέργειας και επομένως θα πρέπει να θυσιαστεί η ακρίβεια για χάρη της εξοικονόμησης ενέργειας και μεγαλύτερης ζωής της συσκευής πέρα από κάποιες ώρες που είναι υψίστης σημασίας σε περιπτώσεις απομακρυσμένης παρακολούθησης.

Ένας παρόμοιος συμβιβασμός πρέπει να γίνει και σε περιπτώσεις που υπάρχει η επιλογή τοποθέτησης αισθητήρων για την ανάλυση του βαδίσματος και συλλογής άλλων ιατρικών δεδομένων σε ένα σημείο ή σε περισσότερα. Η τοποθέτηση αισθητήρων σε πολλαπλά σημεία στο σώμα σημαίνει μεγαλύτερο όγκο δεδομένων και επομένως μεγαλύτερη πιθανότητα ανίχνευσης αδιόρατων κινήσεων. Ωστόσο, είναι εξαιρετικά δύσκολο να τοποθετηθούν και να διατηρηθούν πολλαπλοί αισθητήρες για μεγάλο χρονικό διάστημα και ειδικά αν χρειάζονται φόρτιση. Το γεγονός αυτό εμποδίζει την κλινική τους βιωσιμότητα ειδικά όταν χρησιμοποιούνται για απομακρυσμένη παρακολούθηση και ουσιαστικά καθίστανται άχρηστοι σε σχέση με τους λιγότερο ακριβείς αλλά πιο εύκολους στη χρήση αισθητήρων που τοποθετούνται μόνο σε ένα σημείο.

Επιπρόσθετα, η ακρίβεια των wearable αισθητήρων μπορεί να επηρεαστεί από την υπάρχουσα γνώση για το ζωτικό σημείο για το οποίο γίνεται η μέτρηση. Σε άτομα της τρίτης ηλικίας για παράδειγμα υπάρχουν κάποιες παράμετροι που συνδέονται με πτώσεις όπως είναι η μικρότερη ταχύτητα βαδίσματος και ο ρυθμός. Ωστόσο, όταν

έγιναν παρόμοιες μελέτες σε άτομα με νευρολογικές ασθένειες όπως Πάρκινσον και εγκεφαλική παράλυση, τα μοτίβα πτώσεων ήταν πιο ανεπαίσθητα και σχετικά με την ασθένεια. Ένα απλό παράδειγμα αυτού είναι η μέτρηση των ζωτικών σημείων σε ένα πρώην καπνιστή με στεφανιαία νόσο. Ενώ ο αισθητήρας μπορεί να ανιχνεύσει σημάδια που συνάδουν με οξεία καρδιακή ισχαιμία, μπορεί ωστόσο να είναι αποτέλεσμα μιας κρίσης πανικού εξαιτίας στέρησης νικοτίνης, ταχυκαρδίας ή έντονης άσκησης. Η wearable συσκευή δεν μπορεί να κάνει τον διαχωρισμό μεταξύ αυτών των περιπτώσεων με βάση τις πληροφορίες που μπορεί να συγκεντρώσει και θα χρειαζόταν και άλλες πληροφορίες για τα μοτίβα της ταχυκαρδίας και της ταχύπνοιας ώστε να γίνει διάκριση των αιτιών. Σε ένα κλινικό περιβάλλον, την απόφαση για περαιτέρω διερεύνηση την λαμβάνει ο ιατρός ο οποίος γνωρίζει το ιστορικό του ασθενή αλλά αυτό δεν μπορεί να γίνει μόνο με μια wearable συσκευή. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι απαραίτητη είτε μια προσωπική συνάντηση με το θεράποντα είτε μια τηλε-συνεδρία.

2.4 ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΖΗΜΕΙΩΣΗΣ

Στην Αυστραλία, πριν την εξάπλωση του COVID-19 στην κοινότητα και πολύ πριν την εξάντληση των νοσοκομειακών πόρων, οι ρυθμιστικές αρχές βοήθησαν μια μεγάλη μερίδα επαγγελματιών του χώρου της ιατρικής περίθαλψης να πραγματοποιούν συνεδρίες μέσω βίντεο προσφέροντας δίκαιη οικονομική αποζημίωση. Το γεγονός αυτό είχε άμεσο αντίκτυπο στις συνεδρίες πρόσωπο με πρόσωπο καθώς αποδείχτηκε σωτήριο κατά τη περίοδο της καραντίνας.

Η κρίση του COVID-19 ώθησε τους νομοθέτες και τους ρυθμιστικούς παράγοντες να ενθαρρύνουν την ευρεία χρήση της απομακρυσμένης ιατρικής περίθαλψης. Οι περιορισμοί που υπήρχαν ως τότε άρθηκαν και πολλές υπηρεσίες τηλε-ιατρικής αποζημιώνονταν χωρίς την ύπαρξη χρονοβόρας γραφειοκρατίας. Οι θεράποντες, ανεξάρτητα από την ειδικότητα τους, έπρεπε να εισάγουν την τηλε-ιατρική στην εξάσκηση του επαγγέλματός τους. Για παράδειγμα, οι πάροχοι ιατρικής περίθαλψης μπορούσαν να αποζημιώνονται για τις συνεδρίες που πραγματοποιούσαν μέσω βίντεο ανεξάρτητα από που βρισκόταν ο ασθενής. Η τηλε-ιατρική μπορεί να βοηθήσει στην κάλυψη των εθνικών αναγκών με πιστοποιημένους επαγγελματίες. Στην περίπτωση ειδικά των Ηνωμένων Πολιτειών, οι ιατροί για να εξασκήσουν το επάγγελμα τους σε άλλη Πολιτεία έπρεπε να έχουν άδεια από αυτή. Η πανδημία όμως άλλαξε τα δεδομένα και μπορούσαν να εξασκούν το επάγγελμα τους σε όποια Πολιτεία υπάρχει ανάγκη χωρίς να χρειάζεται να λάβουν καινούργια άδεια.

Αν και ο COVID-19 δεν άλλαξε την υπάρχουσα διαδικαστική ορολογία που σχετίζεται με την τηλε-ιατρική, ωστόσο το 2020 εισήχθησαν νέοι κώδικες παροχής υπηρεσιών εξ αποστάσεως. Οι πάροχοι ιατρικής περίθαλψης μπορούν να επωφεληθούν από την κατανόηση αυτών των κωδικών καθώς θα μπορούν να αποζημιώνονται όχι μόνο για την παραδοσιακή τηλε-ιατρική αλλά και για υπηρεσίες συμβουλευτικής που παρέχουν online, για διεπαγγελματικές συσκέψεις ή τηλεφωνικές συνομιλίες.

Η εργασιακή ροή και οι λειτουργίες του προσωπικού θα πρέπει επίσης να προσαρμοστούν στις υπηρεσίες τηλε-ιατρικής. Οι ειδικοί της πληροφορικής θα πρέπει να ενσωματώσουν τα ηλεκτρονικά αρχεία των ασθενών με τις εφαρμογές της τηλε-ιατρικής όπου αυτό είναι εφικτό και διευκολύνουν την πρόσβαση τόσο των γιατρών όσο και των ασθενών σε αυτά μέσω μιας πλατφόρμας τηλε-ιατρικής. Το ζήτημα των χρεώσεων, της επίβλεψης και των επιπλέον κλινικών ανησυχιών όπως η συνταγογράφηση πρέπει επίσης να αντιμετωπιστούν. Ανάλογα με το μέγεθος του οργανισμού που παρέχει ιατρική περίθαλψη και τις ικανότητες του προσωπικού, θα πρέπει να δημιουργηθούν ομάδες που θα εναλλάσσονται για να διαχειρίζονται τις κλινικές λειτουργίες είτε επιτόπου είτε με τηλε-ιατρική. Θα πρέπει να προσαρμοστεί επίσης και η εκπαίδευση των φοιτητών ιατρικής και των ειδικευομένων και να αντιληφθούν ότι μπορούν ακόμα να «βλέπουν» ασθενείς μέσω της τηλε-ιατρικής με την επίβλεψη ενός θεράποντος για να συζητήσουν την καλύτερη αντιμετώπιση της κάθε περίπτωσης.

Ο αντίκτυπος της πανδημίας θα μείνει ανεξίτηλος στη συλλογική μνήμη και αν υπήρχαν κάποιες θετικές συνέπειες αυτές ήταν το αυξημένο κοινό αίσθημα όπως επίσης η διάδοση και η εφαρμογή σε μεγαλύτερη κλίμακα των υπηρεσιών τηλε-ιατρικής που βελτίωσαν την υγεία του πληθυσμού, την φροντίδα των ασθενών και μείωσαν το κόστος.

2.5 WEARABLE ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ: COVID-19 ΚΑΙ Η ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Την περίοδο του covid-19, οι ψηφιακές συσκευές που φορούσαν οι ασθενείς άρχισαν να χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση ατόμων που μπορεί να χρειάζονταν να εισαχθούν στο νοσοκομείο ή είχαν μόλις πρόσφατα πάρει εξιτήριο.

Σε ένα πρόγραμμα στο βόρειο-δυτικό Λονδίνο, για παράδειγμα, τα wearables συγκέντρωναν τα ζωτικά σημεία των ανθρώπων που βρίσκονταν σε καραντίνα πριν ή

μετά κάποιου ταξιδιού στο εξωτερικό και του προσωπικού υγείας που δεν μπορούσε να τεθεί σε κατ' οίκον απομόνωση. Μια εξειδικευμένη ομάδα διενεργούσε τον έλεγχο στα δεδομένα που συλλέγονταν κατά τη διάρκεια του 24ωρου. Σε περίπτωση που η ομάδα παρατηρούσε σημάδια επιδείνωσης, τα άτομα μπορούσαν άμεσα να μεταφερθούν στο νοσοκομείο. Η μείωση της άμεσης επαφής μεταξύ των ατόμων σε καραντίνα και του υγειονομικού προσωπικού μπορούσε να μειώσει τη μετάδοση του SARS-CoV-2 και να ελαχιστοποιήσει τη χρήση ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού.

Στο Νορθάπτον, οι wearable συσκευές χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση ασθενών με χρόνια νοσήματα ή που ανέρρωναν από το covid-19, με τους γιατρούς να ελέγχουν τα ζωτικά σημεία τους σε τακτά χρονικά διαστήματα με τη χρήση ψηφιακών επισκέψεων και απομακρυσμένων συνεδριών. Καθώς υπήρχε πλέον η δυνατότητα οι γιατροί να παρακολουθούν τους ασθενείς από απόσταση, υπήρχε η ελπίδα της μείωσης του αριθμού των ασθενών που έχριζαν νοσηλείας, μειώνοντας την πίεση στο σύστημα υγείας.

Η χρήση των wearable συσκευών, όχι μόνο στο πλαίσιο του covid-19 αλλά και σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, για την παρακολούθηση ασθενών πριν ή μετά την εισαγωγή τους καθιστά τα άτομα και τους προσφέρει μια αίσθηση ασφάλειας ξέροντας πως λαμβάνουν την υποστήριξη που χρειάζονται από απόσταση και επομένως δεν κινδυνεύουν.

Τα ιατρικά wearables μπορεί να είναι απλά αισθητήρες που μετράνε μια και μόνο μεταβλητή ενώ άλλα μπορεί να είναι πιο περίπλοκα και τα οποία φοριούνται στο μπράτσο ή στο στήθος και συγκεντρώνουν πληροφορίες για ένα σύνολο ζωτικών σημείων. Οι πληροφορίες αυτές μεταφέρονται στους γιατρούς και χρησιμοποιούνται είτε για παρακολούθηση είτε για ανάλυση. Τα wearables μπορούν να μετράνε δεδομένα 24/7 και οι αλγόριθμοι μπορούν να ειδοποιούν τους γιατρούς αν υπάρξει κάποια σοβαρή αλλαγή στα ζωτικά σημεία των ασθενών.

Οι κλινικοί γιατροί μπορούν να έχουν μια πιο ξεκάθαρη εικόνα της υγείας του ασθενή και μπορούν να παρακολουθήσουν την πρόοδό του χωρίς να χρειαστεί να τον καλέσουν στην κλινική ή στο νοσοκομείο για εξέταση. Τα wearables παρουσιάζουν τις ίδιες προκλήσεις όσον αφορά την ιδιωτικότητα των δεδομένων όπως ακριβώς τα υπόλοιπα νοσοκομειακά συστήματα ή τα ηλεκτρονικά αρχεία υγείας. Όσον αφορά τις ιατρικά πιστοποιημένες συσκευές και ειδικά το ζήτημα της εμπιστευτικότητας, δεν υπάρχει κάποια διαφορά είτε μια νοσοκόμα συγκεντρώνει δεδομένα σε τακτά χρονικά

διαστήματα είτε μια συσκευή. Όσον αφορά τις καταναλωτικές συσκευές, εξαρτάται από τους χρήστες καθώς αυτοί συμφωνούν ποια δεδομένα θέλουν να μοιράζονται με τους άλλους, συμπεριλαμβανομένων της εταιρείας και του γιατρού τους.

2.6 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ WEARABLES ΣΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΑΓΓΛΙΑΣ

Το μακροπρόθεσμο σχέδιο του Εθνικού Συστήματος Υγείας της Αγγλίας, το οποίο δημοσιεύτηκε το 2019, οραματιζόταν ένα σύστημα υγείας όπου οι ψηφιακές συσκευές που φορούσαν οι ασθενείς θα έπαιζαν έναν σημαντικό ρόλο. Η wearable τεχνολογία θα μπορούσε να βοηθήσει στην πρόβλεψη και στην αποτροπή συμβάντων που θα οδηγούσαν σε εισαγωγές και στην παρακολούθηση της φυσιολογίας των ασθενών ώστε να είναι εφικτή η κατ' οίκον φροντίδα τους.

Στη παρούσα φάση, οι περισσότερες wearable συσκευές που αξιοποιούνται στο σύστημα υγείας της Αγγλίας βρίσκονται σε ερευνητικό στάδιο ή σε πιλοτικά προγράμματα για λίγες μόνο χρήσεις όπως η παρακολούθηση χρόνιων ασθενειών, η παρακολούθηση ζωτικών σημείων για την ανίχνευση επιδείνωσης της υγείας ασθενών που νοσηλεύονται ήδη ή κινδυνεύουν να εισαχθούν στο νοσοκομείο.

Ένα πιλοτικό πρόγραμμα με τη συμμετοχή 400 ασθενών μελέτησε τη χρήση των wearable συσκευών σε ασθενείς με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια όπου οι γιατροί χρησιμοποίησαν τα δεδομένα της φυσιολογίας του ασθενή συμπεριλαμβανομένων αυτά από τις wearable συσκευές για τον εντοπισμό σημάδιων επιδείνωσης ώστε να παρεμβούν νωρίτερα και να μειώσουν τις εισαγωγές στο νοσοκομείο. Η wearable τεχνολογία έχει επίσης δοκιμαστεί για την έγκαιρη αναγνώριση προβλημάτων σε ασθενείς με άνοια και επιληψία όπως επίσης και σε ασθενείς για την παρακολούθηση της μετεγχειρητικής τους πορείας.

2.7 ΣΚΕΨΕΙΣ ΙΑΤΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΩΝ

Η έρευνα για τη χρήση των wearable συσκευών είναι ακόμα περιορισμένη, ωστόσο έχουν ξεκινήσει αρκετά εγχειρήματα όπως αυτό της κλινικής μελέτης του Εθνικού Συστήματος του Εδιμβούργου με τη συμμετοχή 250 ασθενών, τα αποτελέσματα της οποίας δεν έχουν ακόμα δημοσιευτεί. Σκοπός της έρευνας είναι η μείωση των εισαγωγών με την πρόβλεψη της επιδείνωσης σε ασθενείς σε κρίσιμη κατάσταση που θα επιτρέψει την έγκαιρη παρέμβαση, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από τις wearable

συσκευές όπως η θερμοκρασία, τον κορεσμό του οξυγόνου στο αίμα, τον καρδιακό ρυθμό και τον ρυθμό της αναπνοής.

Μια μελέτη του 2019 για τη χρήση wearables για τη συγκέντρωση των ζωτικών σημείων σε νοσοκομεία έδειξε πως η συνεχής παρακολούθηση στην πτέρυγα έγινε αποδεκτή όχι μόνο από την πλειοψηφία των ασθενών και των συγγενών τους αλλά και από τους επαγγελματίες της ιατρικής περίθαλψης. Οι κλινικοί γιατροί ανέφεραν πως ήταν σε θέση να ανιχνεύσουν την επιδείνωση και να παρέμβουν πιο νωρίς. Οι νοσοκόμες είπαν πως η αυτόματη συλλογή των ζωτικών σημείων τους έδινε περισσότερο χρόνο για τη φροντίδα των ασθενών ενώ τόνισαν πως οι ασθενείς έδειχναν να ενοχλούνται λιγότερο σε σχέση με όταν η συλλογή γινόταν από τις ίδιες. Ορισμένοι ασθενείς ανέφεραν πως ένιωθαν μεγαλύτερη ασφάλεια γνωρίζοντας πως υπήρχε συνεχής παρακολούθηση ενώ κάποιοι εξέφρασαν την ανησυχία τους πως το γεγονός πως μπορούσαν να δουν τις τιμές των ζωτικών τους σημείων μπορούσε να τους επιβαρύνει συναισθηματικά.

Κάποιες αρνητικές συνέπειες ήταν οι εσφαλμένοι συναγερμοί που είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση και όχι τη μείωση του εργασιακού φόρτου του προσωπικού και ο κίνδυνος του «alarm fatigue», κατά το οποίο το υπερβολικό πλήθος συναγερμών απευθυνόμενο προς το νοσηλευτικό προσωπικό, οδήγησε στην κόπωσή του με αποτέλεσμα ορισμένοι συναγερμοί να αγνοηθούν, να παραβλεφθούν ή να τεθούν σε σίγαση. Τέτοια προβλήματα δείχνουν ότι η επιτυχημένη κλινική χρήση εξαρτάται από περισσότερους παράγοντες από την απλή αξιοποίηση της wearable τεχνολογίας.

2.8 ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΩΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΝΑΦΕΡΘΕΙΣΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ.

Η αύξηση των καταναλωτικών wearable συσκευών είναι πιθανό να συνοδευτεί από μια αύξηση στον αριθμό των ασθενών που ζητούν βοήθεια για να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα. Μια έρευνα του 2019 από τον Αμερικανό καρδιολόγο Eric Topol προέβλεπε πως μέχρι το 2021 οι άνθρωποι θα είναι σε θέση να δίνουν την συγκατάθεση τους για να συνδέονται τα δεδομένα που μεταφορτώνονται από τις wearable συσκευές που διαθέτουν και τις lifestyle εφαρμογές τους με τα ιατρικά τους αρχεία διευκολύνοντας την πρόσβαση των γιατρών σε αυτά. Σύμφωνα με τον Θεόδωρο Αρβανίτη, καθηγητή της ψηφιακής ιατρικής καινοτομίας και διευθυντή του Ινστιτούτου Ψηφιακής Ιατρικής Περίθαλψης του Πανεπιστημίου του Warwick, αυτό

το είδος των δεδομένων, το οποίο πιθανόν δεν είναι τόσο ακριβές όσο αν προερχόταν από μια ιατρική συσκευή, είναι πολύ χρήσιμο για την ανάδειξη συγκεκριμένων τάσεων. Μπορεί να ειπωθεί ως πληροφορίες που δίνουν οι ασθενείς για να δημιουργηθεί μια ολιστική εικόνα του ασθενή και αυτό μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμο ειδικά σε περιπτώσεις διαχείρισης χρόνιων νοσημάτων.

Ωστόσο, για να φτάσουμε στο στάδιο στο οποίο οι θεράποντες θα μπορούν να εξετάζουν αυτά τα δεδομένα χρειάζεται η επένδυση πολλών κεφαλαίων σε υποδομή και ικανότητες ενώ οι κατασκευαστές των συσκευών θα πρέπει να διασφαλίσουν πως υπάρχει συμβατότητα με το λογισμικό του εθνικού συστήματος υγείας κάθε χώρας. Κατ' ελάχιστο, για να χρησιμοποιηθούν οι wearable συσκευές μέσα σε ένα σύστημα υγείας, θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα ερμηνείας των δεδομένων και πρόσβασης σε αυτά και οι συσκευές θα πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους. Με λίγα λόγια θα πρέπει να υπάρχει διαλειτουργικότητα.

2.9 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕ-ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ WEARABLE ΣΥΣΚΕΥΩΝ

Η αλλαγή από την παροχή ιατρικής περίθαλψης μακριά από το παραδοσιακό κλινικό περιβάλλον σε απομακρυσμένη παρακολούθηση περιλαμβάνει οφέλη και ρίσκα για όλους τους εμπλεκόμενους.

2.9.1 ΟΦΕΛΗ

Σημαντική μείωση κόστους: Η εφαρμογή της τηλε-ιατρικής σε ευρύτερη κλίμακα σημαίνει σημαντική μείωση κόστους. Μελέτες έχουν δείξει πως η εφαρμογή της τηλε-ιατρικής, ακόμα και σε μικρότερη κλίμακα, οδηγεί σε μείωση του κόστους ιατρικής περίθαλψης καθώς μειώνει την ανάγκη νοσηλείας, τις επισκέψεις σε κλινικές και νοσοκομεία μειώνοντας παράλληλα και τα λειτουργικά έξοδα των κλινικών.

Συνεχής αντικειμενική παρακολούθηση: οι wearable συσκευές παρέχουν τη δυνατότητα συνεχούς παρακολούθησης των ασθενών. Η συνεχής ροή δεδομένων για τις μεταβλητές όπως είναι ο ρυθμός και η ταχύτητα του βαδίσματος βοηθάει τους θεράποντες να έχουν μια καλύτερη εικόνα της κλινικής κατάστασης του ασθενή, κάτι

που δεν είναι εφικτό σε ένα αυστηρά ελεγχόμενο και συχνά μεροληπτικό κλινικό περιβάλλον.

Αυξημένη πρόσβαση: η χρήση της απομακρυσμένης παρακολούθησης και των wearable συσκευών μπορεί να αποδειχτεί πιο πρακτική για ορισμένους ασθενείς και να δώσει στους γιατρούς την δυνατότητα να προσεγγίσουν ασθενείς που μέχρι πρόσφατα δεν είχαν πρόσβαση στην ιατρική περίθαλψη εξαιτίας της απόστασης ή του κόστους. Ασθενείς που προέρχονται από μη προνομιούχες περιοχές, από αγροτικές ή απομακρυσμένες κοινότητες θα μπορούν να έχουν ευκολότερη πρόσβαση στην ιατρική περίθαλψη.

2.9.2 ΡΙΣΚΑ

Προσωπική αλληλεπίδραση: τα οφέλη που έχουν οι συνεδρίες πρόσωπο με πρόσωπο στη φροντίδα των ασθενών είναι ιδιαίτερα σημαντικά και δεν μπορούν να αναπαραχθούν σε ένα περιβάλλον τηλε-ιατρικής. Οι θεράποντες στις κατά πρόσωπο συναντήσεις μπορούν να αντιληφθούν με μεγαλύτερη ευκολία την ψυχολογική κατάσταση του ασθενή, ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για τη ροή και τη κατεύθυνση της συνεδρίας όπως επίσης και για τη διαχείριση της σχέσης γιατρού και ασθενή. Επίσης, σε μια εξ αποστάσεως συνεδρία μειώνεται η δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τα μέλη της οικογένειας του ασθενή.

Περιορισμοί των wearable συσκευών: ενώ οι συσκευές που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι οικονομικές και εύκολα προσβάσιμες από τους ασθενείς, δεν είναι εγκεκριμένες και αρκετά ακριβείς για να χρησιμοποιηθούν για κλινικούς λόγους. Οι ιατρικές wearable συσκευές από την άλλη μπορούν να κάνουν ακριβείς μετρήσεις, αλλά το γεγονός πως δεν είναι ιδιαίτερα φιλικές στο χρήστη όπως οι συσκευές του εμπορίου, τις κάνουν λιγότερο ελκυστικές στους ασθενείς. Επιπλέον, χρειάζεται περισσότερη έρευνα για να καθοριστεί ο τρόπος σύνδεσης των δεδομένων που συγκεντρώνονται με την κατάσταση της υγείας του ασθενή. Ενώ είναι αναγκαίο να γίνουν περαιτέρω έρευνες για να αναπτυχθούν αλγόριθμοι που θα χρησιμοποιούν τα δεδομένα από τις wearable συσκευές για προγνωστική ανάλυση, προσδιορίζοντας αν υπάρχει ο κίνδυνος ανεπιθύμητου γεγονότος για την υγεία του ασθενή προτού αυτό συμβεί.

Εν κατακλείδι, ο αντίκτυπος της απομακρυσμένης παρακολούθησης και της χρήσης των wearable που αυξήθηκε κατά τη περίοδο της πανδημίας είναι απίθανο να υποχωρήσει καθώς δημιουργήθηκαν νέες ευκαιρίες παροχής ιατρικής περίθαλψης.

Εκτός από την παροχή απομακρυσμένης ιατρικής περίθαλψης και ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης χρήσης των wearable τεχνολογιών, οι χρήστες διαθέτουν έναν πλούτο δεδομένων που αφορούν την υγεία τους με αποτέλεσμα να νιώθουν πιο δυνατοί και πιο εξοπλισμένοι να παρακολουθούν την υγεία τους και σε κάποιο βαθμό να κάνουν μόνοι τους διάγνωση.

Κατά τη περίοδο της πανδημίας όπου οι ασθενείς που δεν αντιμετώπιζαν κάποιο σοβαρό πρόβλημα ενθαρρύνονταν να αποφεύγουν τα νοσοκομεία αν ήταν δυνατό, δημιούργησε τα κίνητρα για την ευρύτερη χρήση της wearable τεχνολογίας ως μέθοδος παρακολούθησης της υγείας των ασθενών. Η προσεκτική επιλογή και η ακριβής μέτρηση των ζωτικών σημείων μπορεί να βοηθήσουν όχι μόνο στην παρακολούθηση της πορείας της ασθένειας αλλά και στην ανίχνευση άλλων ασθενειών. Με αυτό το τρόπο θα μειωθούν οι νοσηλείες, θα μειωθεί το κόστος της ιατρικής περίθαλψης και θα μειωθεί ο φόρτος εργασίας των νοσοκομείων.

Αν κοιτάξουμε στο μέλλον ωστόσο, η ασυμμετρία στη πληροφόρηση θα μεταμορφώσει όλες τις τωρινές αντιλήψεις για την παροχή ιατρικής περίθαλψης, καθώς ο ψηφιακά ευέλικτος ασθενής θα έχει στη διάθεση του πολύ περισσότερα δεδομένα υγείας χάρη στις δικές του wearable συσκευές από ότι ο θεράπων ιατρός. Με τη συνεχή λήψη ιατρικών δεδομένων και με την τεχνητή νοημοσύνη να επηρεάζει τη διάγνωση και τη θεραπεία, οι επαγγελματίες που παρέχουν υπηρεσίες ιατρικής περίθαλψης μπορεί μελλοντικά να καταστούν περιττοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας τα καρδιακά νοσήματα, κυρίως γνωστά ως καρδιαγγειακά νοσήματα αποτελούν μια από τις κυριότερες αιτίες θανάτου παγκοσμίως. Αναφέρεται πως το 2021, 20,5 εκατομμύρια άνθρωποι απεβίωσαν από καρδιαγγειακά νοσήματα, αριθμός που αντιστοιχεί στο ένα τρίτο των θανάτων παγκοσμίως. Οι καρδιακά νοσήματα περιγράφουν ένα σύνολο παθήσεων που επηρεάζουν την καρδιά και πιο συγκεκριμένα τον τρόπο με τον οποίο η καρδιά στέλνει αίμα σε ολόκληρο το σώμα. Ωστόσο, δεν υπάρχει τρόπος να ανιχνευθεί καρδιαγγειακά ή καρδιακά νοσήματα χωρίς να ληφθεί υπόψη μια από τις σημαντικότερες ενδείξεις

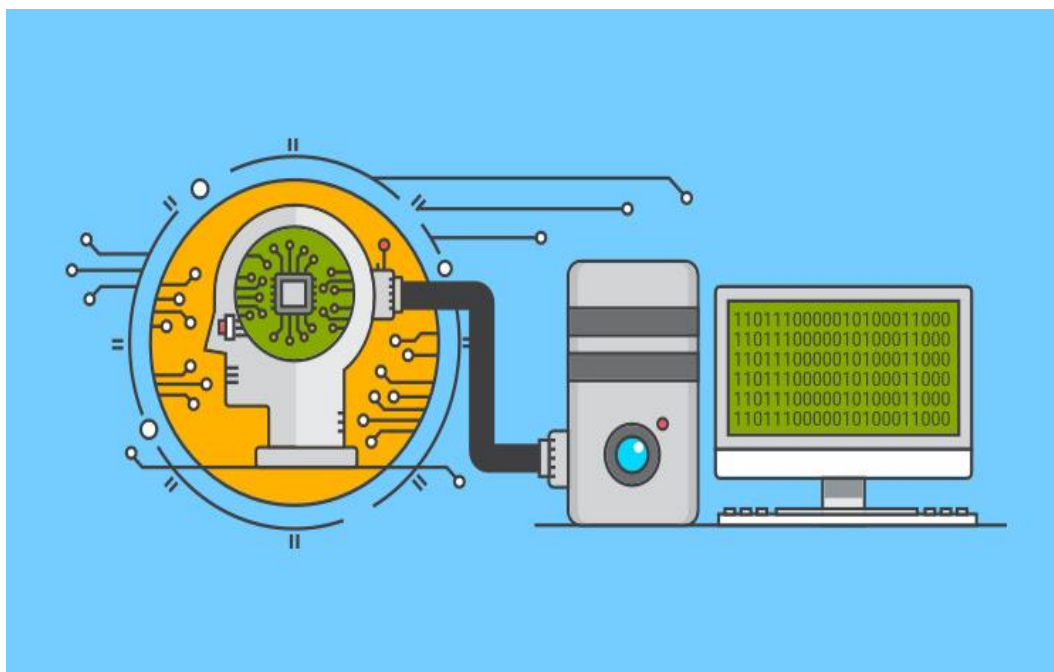
μιας υγιούς καρδιάς, ο καρδιακός παλμός. Ο καρδιακός παλμός είναι ο αριθμός των φορών που οι θάλαμοι της καρδιάς συστέλλονται και χαλαρώνουν σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ώστε να πραγματοποιηθεί η κυκλοφορία του αίματος ενώ σε κατάσταση ηρεμίας μια κανονική καρδιά χτυπάει περίπου 60-80 φορές το λεπτό. Ο καρδιακός παλμός, ωστόσο, επηρεάζεται από τις δραστηριότητες που έχει ο κάθε άνθρωπος και για αυτό τα δεδομένα του καρδιακού ρυθμού είναι μη στατικά εκ φύσεως και επομένως μη προβλέψιμα. Ο καρδιακός παλμός μπορεί επίσης να επηρεαστεί και από άλλους παράγοντες όπως η χρήση καπνού, η ανθυγιεινή διατροφή, η παχυσαρκία, η απουσία άσκησης και η κατάχρηση αλκοόλ που ενδέχεται να διπλασιάσουν τον κίνδυνο θανάτου ασθενών με καρδιαγγειακά νοσήματα. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό λοιπόν η ανίχνευση των καρδιαγγειακών νοσημάτων να γίνεται όσο το δυνατό γρηγορότερα.

Η πρόοδος στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης έχει αλλάξει και το πεδίο της ιατρικής περίθαλψης ξεκινώντας από την έγκαιρη ανίχνευση των ασθενειών και διάγνωση και φτάνοντας στην προσωποποιημένη θεραπεία και στην αξιολόγηση της πρόγνωσης. Η επανάσταση στις διαδικασίες κλινικής εξέτασης συνεχίζεται με την αυξανόμενη χρήση των wearable αισθητήρων. Για παράδειγμα, το σύστημα παρακολούθησης της υγείας μπορεί να ελέγξει την κατάσταση υγείας ενός ασθενή με καρδιαγγειακά νοσήματα ενώ αυτός βρίσκεται στο σπίτι του ώστε να δίδονται οι κατάλληλες συμβουλές τόσο στον ασθενή όσο και στους ιατρικούς συμβούλους. Το χαμηλό κόστος και ο μη-παρεμβατικός χαρακτήρας των wearable έχει καταστήσει εφικτή την καταγραφή μεγάλου όγκου δεδομένων της φυσιολογίας του ασθενή, την καταγραφή των φαρμάκων και την παρακολούθηση της μετεγχειρητικής πορείας των ασθενών. Όλα αυτά συμβάλλουν στον έλεγχο των ζωτικών σημείων σε πραγματικό χρόνο παρέχοντας πιο έγκυρα δεδομένα για ανάλυση και για πρόωρη ανίχνευση της ασθένειας ή του κινδύνου κάποιου περιστατικού υγείας.

Ο ρόλος του Διαδικτύου των Πραγμάτων και του wearable συστήματος ελέγχου έχει αποδειχθεί καίριας σημασίας στην πρόωρη ανίχνευση υψηλού καρδιακού παλμού ώστε να προληφθεί ο κίνδυνος εξέλιξης της καρδιαγγειακής ασθένειας. Η πρόωρη ανίχνευση και διάγνωση καρδιαγγειακών νοσημάτων είναι πολύ σημαντικές καθώς η διαχείριση και θεραπεία της ασθένειας είναι ευκολότερη στα αρχικά στάδια του νοσήματος.

3.2 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ

Αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα, βοηθοί που μεταφράζουν στιγμιαία από τη μια γλώσσα στην άλλη ή προσωποποιημένες προτάσεις αγορά- περίπλοκες δραστηριότητες που άλλοτε αποτελούσαν αποκύημα της φαντασίας, έχουν γίνει τώρα πραγματικότητα χάρη στη μηχανική μάθηση.



Εικόνα 5 Ένα από τα πιο εξέχοντα πεδία της τεχνητής νοημοσύνης είναι η αυτόνομη μάθηση.

Στο βιβλίο του *On Intelligence*, που δημοσιεύτηκε το 2004, ο Jeff Hawkins όρισε την νοημοσύνη ως την ικανότητα πρόβλεψης του μέλλοντος, για παράδειγμα, του βάρους ενός ποτηριού που πρόκειται να σηκώσουμε ή της αντίδρασης των άλλων στις πράξεις μας, βασισμένοι σε μοτίβα που έχουν αποθηκευτεί στον εγκέφαλο. Η ίδια αρχή βρίσκεται πίσω από τη μηχανική μάθηση που είναι επίσης γνωστή ως αυτόματη μάθηση.

Η μηχανική μάθηση ορίζεται ως το πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης που παρέχει στις μηχανές την ικανότητα να μαθαίνουν αυτόματα από δεδομένα και πρότερες εμπειρίες, να αναγνωρίζουν μοτίβα και να κάνουν προβλέψεις με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Ο όρος μηχανική μάθηση χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1959. Μόλις όμως πρόσφατα απέκτησε ουσία χάρη στην αύξηση των ικανοτήτων των υπολογιστών και των δεδομένων. Οι τεχνικές της μηχανικής μάθησης αποτελούν στην

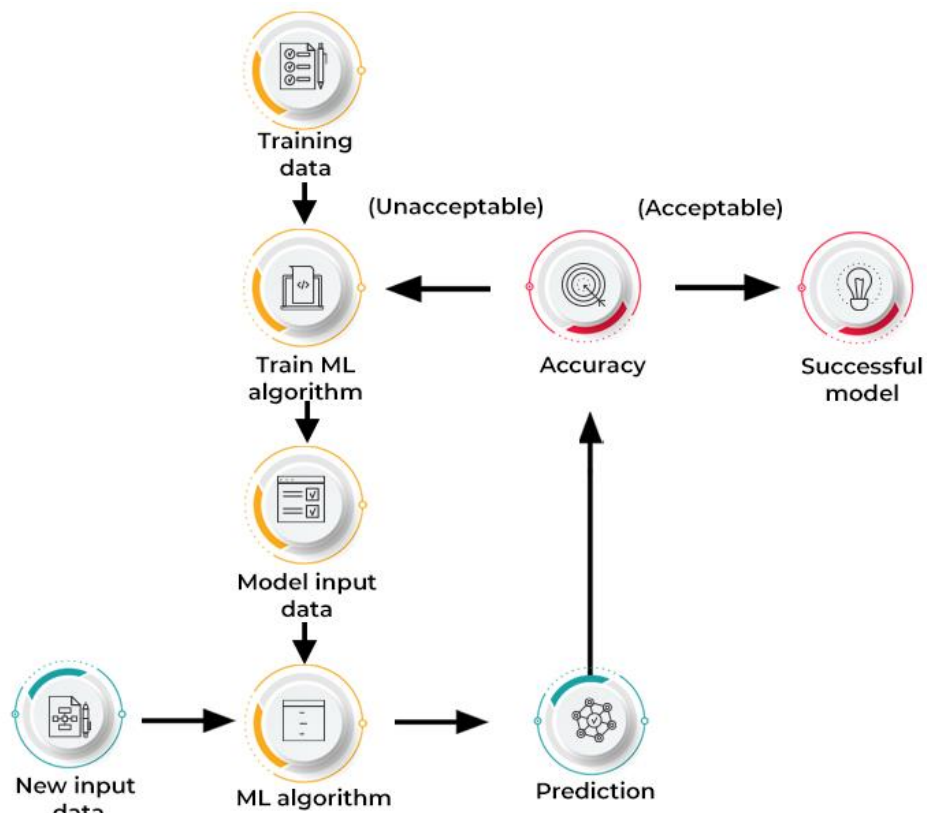
πραγματικότητα θεμελιώδες τμήμα των Big Data. Οι μέθοδοι της μηχανικής μάθησης διευκολύνουν την αυτόνομη λειτουργία των υπολογιστών χωρίς συγκεκριμένο προγραμματισμό. Οι εφαρμογές μηχανικής μάθησης τροφοδοτούνται με καινούργια δεδομένα και μπορούν να μάθουν, να αναπτυχθούν και να προσαρμοστούν. Η μηχανική μάθηση χρησιμοποιεί αλγόριθμους για να αναγνωρίσει μοτίβα μέσα στους τεράστιους όγκους δεδομένων που δέχεται. Οι αλγόριθμοι της μηχανικής μάθησης χρησιμοποιούν μεθόδους υπολογισμού ώστε να μαθαίνουν απευθείας από τα δεδομένα αντί να στηρίζονται σε κάποια προκαθορισμένη εξίσωση.

Η επίδοση των αλγορίθμων της μηχανικής μάθησης βελτιώνεται με την αύξηση στον αριθμό των διαθέσιμων δειγμάτων κατά τη διαδικασία μάθησης. Για παράδειγμα, η βαθιά μάθηση είναι ένα υπό-πεδίο της μηχανικής μάθησης που εκπαιδεύει τους υπολογιστές να μιμούνται τα χαρακτηριστικά της ανθρώπινης φύσης όπως η μάθηση από παραδείγματα και διαθέτει καλύτερες παραμέτρους επίδοσης από τους συμβατικούς αλγορίθμους της μηχανικής μάθησης.

Ενώ η μηχανική μάθηση δεν αποτελεί καινούργια έννοια- καθώς χρονολογείται από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο όταν χρησιμοποιήθηκε η Enigma Machine- η ικανότητα εφαρμογής πολύπλοκων μαθηματικών υπολογισμών σε αυξανόμενους όγκους και ποικιλίες διαθέσιμων δεδομένων αποτελεί μια σχετικά πρόσφατη εξέλιξη. Σήμερα, με την άνοδο των big data, IoT και του διαδεδομένου υπολογισμού των δεδομένων, η μηχανική μάθηση χρησιμοποιείται πλέον για την επίλυση προβλημάτων σε ένα σύνολο πεδίων.

3.2.1 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ

Οι αλγόριθμοι της μηχανικής μάθησης διαμορφώνονται σε ένα εκπαιδευτικό σετ δεδομένων ώστε να δημιουργήσουν ένα μοντέλο. Καθώς εισάγονται καινούργια δεδομένα στον εκπαιδευμένο αλγόριθμο μηχανικής μάθησης, αυτός χρησιμοποιεί το ανεπτυγμένο μοντέλο για να κάνει μια πρόβλεψη.

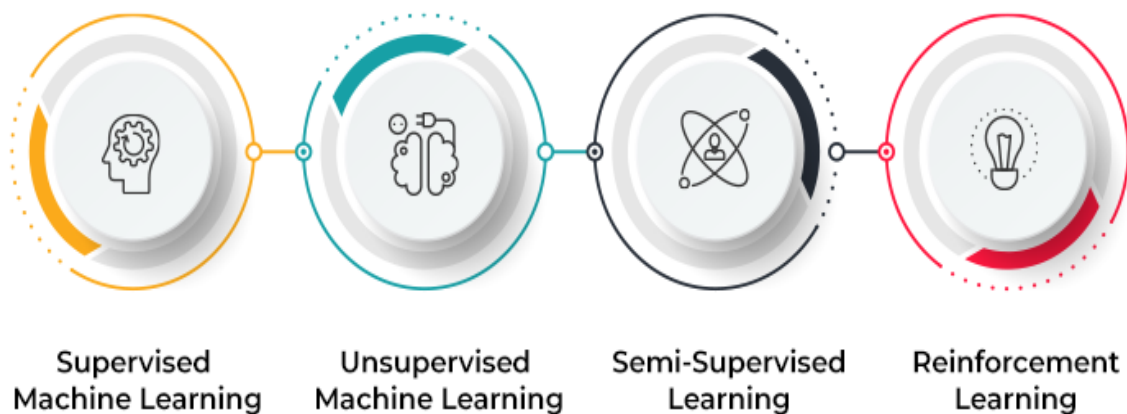


Εικόνα 6 Πώς λειτουργεί η μηχανική μάθηση

Στη συνέχεια, η πρόβλεψη ελέγχεται για ακρίβεια. Ανάλογα με το βαθμό ακρίβειας του, ο αλγόριθμος της μηχανικής μάθησης είτε αξιοποιείται είτε εκπαιδεύεται μέχρι να επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός ακρίβειας.

Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να εκπαιδευτούν με πολλούς τρόπους με κάθε μέθοδο να έχει τα θετικά και τα αρνητικά της. Με βάση αυτές τις μεθόδους και τους τρόπους μάθησης, η μηχανική μάθηση διακρίνεται σε τέσσερις κατηγορίες.

TYPES OF MACHINE LEARNING



Εικόνα 7 Τύποι μηχανικής μάθησης

Επιβλεπόμενη μηχανική μάθηση

Αυτή η κατηγορία μηχανικής μάθησης περιλαμβάνει επίβλεψη καθώς οι μηχανές εκπαιδεύονται πάνω σε δεδομένα με ετικέτες και διευκολύνονται στην πρόβλεψη του αποτελέσματος με βάση την παρεχόμενη εκπαίδευση. Τα δεδομένα με ετικέτες δείχνουν πως οι παράμετροι της εισόδου και της εξόδου έχουν ήδη καθοριστεί και επομένως εκπαιδεύεται με τις αντίστοιχες εισόδους και εξόδους.

Για παράδειγμα, ας σκεφτούμε ότι εισάγονται οι φωτογραφίες παπαγάλου και κορακιού. Αρχικά, η μηχανή εκπαιδεύεται να καταλαβαίνει τις φωτογραφίες συμπεριλαμβανομένου του χρώματος του παπαγάλου και του κορακιού, των ματιών, το σχήμα και το μέγεθος. Μετά την εκπαίδευση, εισάγεται η φωτογραφία ενός παπαγάλου και η μηχανή πρέπει να αναγνωρίσει το αντικείμενο και να προβλέψει το αποτέλεσμα. Η εκπαιδευμένη μηχανή ελέγχει την εικόνα που εισάχθηκε για διάφορα χαρακτηριστικά του αντικειμένου όπως το χρώμα, τα μάτια, το σχήμα κ.λ.π ώστε να κάνει την τελική πρόβλεψη. Αυτή είναι η διαδικασία της αναγνώρισης αντικειμένων στην επιβλεπόμενη μηχανική μάθηση. Πρωταρχικός στόχος της επιβλεπόμενης μηχανικής μάθησης είναι να αντιληφθεί η μηχανή τη σχέση μεταξύ της μεταβλητής (α)

που είναι η είσοδος και της μεταβλητής (β) που είναι η έξοδος. Η επιβλεπόμενη μηχανική μάθηση μπορεί να διαχωριστεί σε δυο ευρύτερες κατηγορίες:

Ταξινόμηση (Classification): η ταξινόμηση αναφέρεται σε αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται στην επίλυση προβλημάτων όπου η μεταβλητή της εξόδου είναι κατηγορηματική- για παράδειγμα ναι ή όχι, αλήθεια ή ψέμα, άνδρας ή γυναίκα κλπ. Η εφαρμογή αυτών των αλγορίθμων στον πραγματικό κόσμο συναντάται στην ανίχνευση spam και στο φιλτράρισμα των μείλ. Οι πιο γνωστοί αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας είναι οι Decision Tree Algorithm, Random Forest Algorithm, Support Vector Machine Algorithm και Logistic Regression Algorithm.

Παλινδρόμηση (Regression): οι αλγόριθμοι παλινδρόμησης χειρίζονται προβλήματα παλινδρόμησης όπου οι μεταβλητές εισόδου και εξόδου έχουν μια γραμμική σχέση. Οι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι είναι γνωστοί για την ικανότητά τους να προβλέπουν συνεχείς μεταβλητές εξόδου για παράδειγμα η πρόβλεψη του καιρού, η ανάλυση των τάσεων της αγοράς και λοιπά. Οι πιο γνωστοί αλγόριθμοι παλινδρόμησης είναι οι Multivariate Regression Algorithm, Simple Linear Regression Algorithm, Lasso Regression και Decision Tree Algorithm

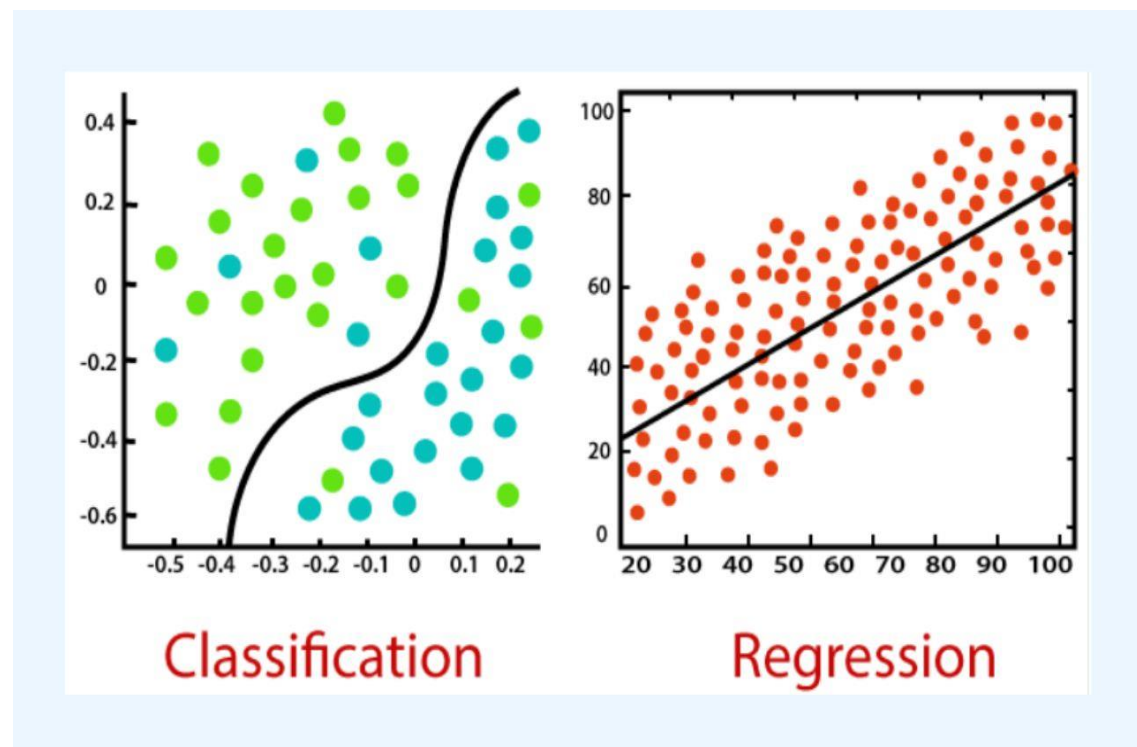


Figure 1 Classification και Regression algorithms

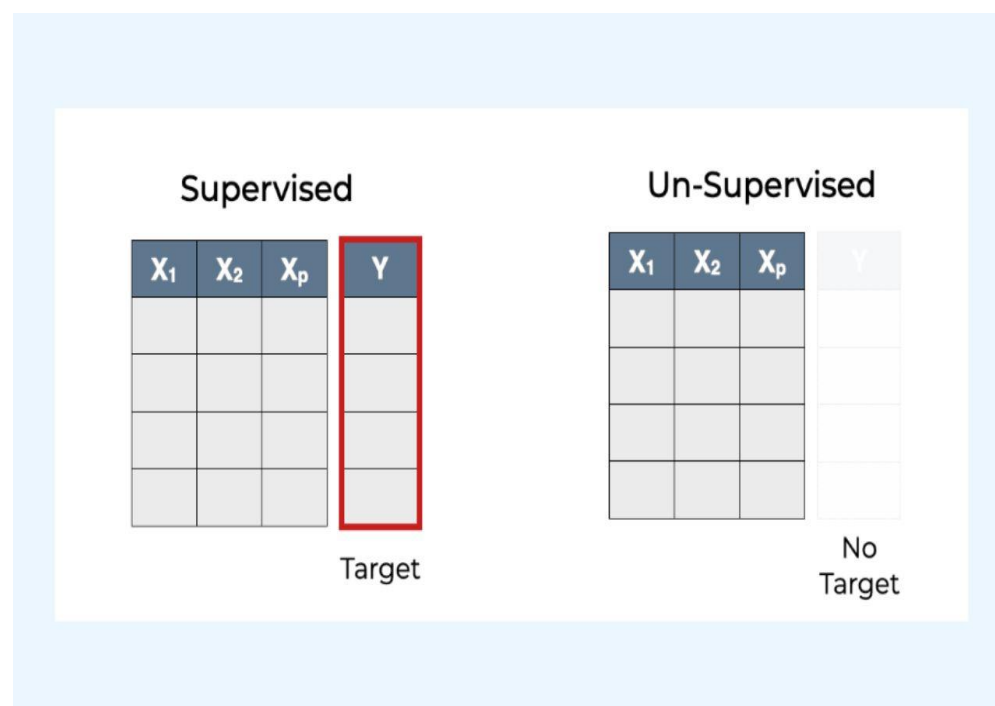
Μη επιβλεπόμενη μηχανική μάθηση

Η μη επιβλεπόμενη μηχανική μάθηση αναφέρεται σε μια τεχνική μάθησης όπου απουσιάζει η επίβλεψη. Εδώ η μηχανή εκπαιδεύεται με τη χρήση δεδομένων χωρίς ετικέτα και διευκολύνεται στην πρόβλεψη της εξόδου χωρίς καμιά επίβλεψη. Ένας αλγόριθμος μη μηχανικής μάθησης στοχεύει στην ομαδοποίηση δεδομένων με βάση τις ομοιότητες, τις διαφορές και τα μοτίβα εξόδου.

Η μη επιβλεπόμενη μηχανική μάθηση μπορεί να διακριθεί σε δυο τύπους:

Συσταδοποίηση (Clustering): Η τεχνική της συσταδοποίησης αναφέρεται στην ομαδοποίηση των αντικειμένων σε συστάδες με βάση παραμέτρους όπως ομοιότητες ή διαφορές μεταξύ των αντικειμένων. Για παράδειγμα, η ομαδοποίηση των πελατών ανάλογα με τα προϊόντα που αγόρασαν. Κάποιοι γνωστοί αλγόριθμοι συσταδοποίησης περιλαμβάνουν τους Principal Component Analysis, , Mean-Shift Algorithm, DBSCAN Algorithm K-Means Clustering Algorithm, και Independent Component Analysis.

Συσχέτιση (Association): Η μάθηση συσχέτισης αναφέρεται στην αναγνώριση τυπικών σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών μιας μεγάλης βάσης δεδομένων. Καθορίζει την εξάρτηση των διαφόρων δεδομένων και χαρτογραφεί τις μεταβλητές που συσχετίζονται. Οι πιο γνωστοί αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας είναι οι FP-Growth Algorithm, Apriori Algorithm και Eclat Algorithm.



Εικόνα 8 Supervised vs Unsupervised ML

Ημι-επιβλεπόμενη μάθηση

Η ημι-επιβλεπόμενη μάθηση αποτελείται από χαρακτηριστικά τόσο της επιβλεπόμενης όσο και της μη επιβλεπόμενης μηχανικής μάθησης. Χρησιμοποιεί τον συνδυασμό δεδομένων με ετικέτα και δεδομένων χωρίς ετικέτα για να εκπαιδεύσει τους αλγόριθμους. Χρησιμοποιώντας και τους δύο τύπους δεδομένων, η ημι-επιβλεπόμενη μάθηση υπερπηδά τα μειονεκτήματα της επιβλεπόμενης και μη επιβλεπόμενης μάθησης.

Ας πάρουμε ως παράδειγμα ένα φοιτητή πανεπιστημίου. Ένας φοιτητής που μαθαίνει το εκπαιδευτικό υλικό υπό την επίβλεψη ενός καθηγητή ορίζεται ως επιβλεπόμενη μάθηση. Στην μη επιβλεπόμενη μάθηση, ο φοιτητής μελετάει το διδακτικό υλικό διαβάζοντας μόνος του στο σπίτι του χωρίς την καθοδήγηση του καθηγητή. Επιπρόσθετα, ένας φοιτητής που κάνει επανάληψη το διδακτικό υλικό αφού το έχει διδαχθεί υπό την επίβλεψη ενός καθηγητή τότε μιλάμε για ημι-επιβλεπόμενη μάθηση.

Ενισχυμένη μάθηση

Η ενισχυμένη μάθηση είναι διαδικασία που βασίζεται στην ανατροφοδότηση. Εδώ το στοιχείο της τεχνητής νοημοσύνης αντιλαμβάνεται το περιβάλλοντα χώρο του με τη μέθοδο hit & trial, ενεργεί, μαθαίνει εμπειρικά και βελτιώνει την απόδοσή του. Το στοιχείο επιβραβεύεται για κάθε σωστή κίνηση και τιμωρείται για κάθε λανθασμένη. Επομένως, το στοιχείο επιδιώκει να αυξήσει τις ανταμοιβές που λαμβάνει κάνοντας τις σωστές κινήσεις.

Σε αντίθεση με την επιβλεπόμενη μάθηση, στην ενισχυμένη μάθηση δεν υπάρχουν δεδομένα με ετικέτα αλλά τα υποκείμενα μαθαίνουν μόνο εμπειρικά. Σκεφτείτε τα βιντεοπαιχνίδια. Εδώ, το παιχνίδι ορίζει το περιβάλλον και κάθε κίνηση του υποκειμένου ορίζει την κατάστασή του. Το υποκείμενο δικαιούται να λαμβάνει ανατροφοδότηση μέσω της τιμωρίας και των επιβραβεύσεων που επηρεάζουν το συνολικό σκορ του παιχνιδιού. Ο απώτερος στόχος του υποκειμένου είναι να επιτύχει το υψηλότερο σκορ.

Η ενισχυμένη μάθηση βρίσκει εφαρμογή σε διάφορα πεδία όπως η διαδικτυακή διαφήμιση και τα παιχνίδια υπολογιστών και μπορεί να διακριθεί σε δύο είδη μεθόδων ή αλγόριθμων:

Θετική ενισχυμένη μάθηση (Positive reinforcement learning): Αυτή αναφέρεται στην προσθήκη ενός ενισχυτικού ερεθίσματος μετά από μια συγκεκριμένη συμπεριφορά του υποκειμένου, το οποίο καθιστά πιο πιθανή την επανάληψη της συγκεκριμένης συμπεριφοράς στο μέλλον.

Αρνητική ενισχυμένη μάθηση (Negative reinforcement learning): η αρνητική ενισχυμένη μάθηση αναφέρεται στην ενδυνάμωση μιας συγκεκριμένης συμπεριφοράς ώστε να αποφευχθεί ένα αρνητικό αποτέλεσμα.

3.3 ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Η μηχανική μάθηση αποτελεί έναν από τους πυλώνες της ψηφιακής μεταμόρφωσης. Προς το παρόν χρησιμοποιείται για να βρει καινούργιες λύσεις σε διάφορα πεδία, κάποια από τα οποία θα αναφερθούν παρακάτω.

Προτάσεις: η μηχανική μάθηση επιτρέπει να γίνονται στις ηλεκτρονικές πλατφόρμες προτάσεις αγορών προσαρμοσμένες στο προφίλ του εκάστοτε χρήστη. Στην πιο απλή της μορφή, αναλύει τις αγορές του χρήστη, βλέπει το ιστορικό του και το συγκρίνει με αυτό άλλων χρηστών που έχουν κάνει παρόμοιες αγορές.

Έξυπνα αυτοκίνητα: Σύμφωνα με την αναφορά της *IBM Automotive 2025: industry without borders*, το 2025 θα υπάρχουν έξυπνα οχήματα στους δρόμους. Χάρη στη μηχανική μάθηση, αυτά τα οχήματα θα είναι σε θέση να προσαρμόζουν τις εσωτερικές ρυθμίσεις (θερμοκρασία, μουσική, κλπ.) σύμφωνα με τις προτιμήσεις του οδηγού ενώ θα μπορούν επίσης να κινούν μόνα τους το τιμόνι αντιδρώντας στις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Κοινωνικά δίκτυα: Το Twitter ήδη χρησιμοποιεί τους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για να μειώσει σημαντικά τον αριθμό των spam που δημοσιεύεται σε αυτό ενώ το Facebook, με τη σειρά του, τους χρησιμοποιεί για την ανίχνευση ψευδών ειδήσεων και ακατάλληλων φωτογραφιών.

Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing): με την κατανόηση της ανθρώπινης γλώσσας, εικονικοί βοηθοί όπως η Alexa ή η Siri μπορούν να μεταφράσουν στιγμιαία από τη μια γλώσσα σε άλλη, να αναγνωρίσουν τη φωνή του χρήστη και να αναλύσουν μέχρι και τα συναισθήματά του. Από την άλλη πλευρά, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας χρησιμοποιείται και για πιο περίπλοκες εργασίες όπως

η μετάφραση της νομικής ορολογίας σε απλή γλώσσα ή η παροχή βοήθειας σε δικηγόρους για την ταξινόμηση όγκων πληροφοριών σχετικά με τις υποθέσεις τους.

Ιατρική: ερευνητές στο Massachusetts Institute of Technology (MIT) χρησιμοποιούν ήδη τη μηχανική μάθηση για την έγκαιρη ανίχνευση του καρκίνου του μαστού, το οποίο είναι ζωτικής σημασίας καθώς η έγκαιρη ανίχνευση αυξάνει τις πιθανότητες θεραπείας του καρκίνου. Η μηχανική μάθηση είναι επίσης εξαιρετικά αποτελεσματική στην ανίχνευση πνευμονίας και ασθενειών του αμφιβληστροειδούς χιτώνα που μπορεί να οδηγήσουν σε τύφλωση.

Cybersecurity: οι νέες μηχανές antivirus και ανίχνευσης malware χρησιμοποιούν ήδη τη μηχανική μάθηση για την ενίσχυση της σάρωσης, την επιτάχυνση της ανίχνευσης και τη βελτίωση της ικανότητας αναγνώρισης των ανωμαλιών.

3.4 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗΣ

Οι βιομηχανίες κάθε είδους που χειρίζονται μεγάλους όγκους δεδομένων έχουν αντιληφθεί τη σπουδαιότητα και την αξία της τεχνολογίας της μηχανικής μάθησης. Καθώς η μηχανική μάθηση λαμβάνει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, οι οργανισμοί την χρησιμοποιούν για να βελτιώσουν την αποδοτικότητά τους και να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Η μηχανική μάθηση έχει υιοθετηθεί σε μεγάλο βαθμό από τη βιομηχανία της ιατρικής περίθαλψης κυρίως σε wearable συσκευές και αισθητήρες που παρακολουθούν και αξιολογούν τα ζωτικά σημεία των χρηστών σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, αυτή η τεχνολογία βοηθάει τους γιατρούς να αναλύουν μοτίβα ώστε να είναι σε θέση να προσφέρουν καλύτερη διάγνωση και θεραπεία. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης επιτρέπουν επιπλέον στους ειδικούς να προβλέπουν με ακρίβεια τη διάρκεια ζωής ενός ατόμου που πάσχει από μια θανατηφόρα ασθένεια.

Επιπρόσθετα, η μηχανική μάθηση συνεισφέρει σημαντικά και σε δυο ακόμα τομείς:

Ανακάλυψη φαρμάκων: η παραγωγή ή η ανακάλυψη ενός νέου φαρμάκου είναι μια ακριβή και χρονοβόρα διαδικασία. Η μηχανική μάθηση βοηθάει στην επιτάχυνση αυτής της διαδικασίας. Για παράδειγμα η Pfizer χρησιμοποιεί την IBM's Watson για να αναλύσει τεράστιους όγκους δεδομένων για την ανακάλυψη φαρμάκων.

Προσωποποιημένη θεραπεία: οι παραγωγοί φαρμάκων αντιμετωπίζουν την πρόκληση της επαλήθευσης της αποτελεσματικότητας ενός συγκεκριμένου φαρμάκου στο μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού και αυτό γιατί στις κλινικές δοκιμές το φάρμακο δοκιμάζεται μόνο σε ένα περιορισμένο αριθμό ατόμων και υπάρχει πάντα η πιθανότητα εμφάνισης παρενεργειών σε κάποια άτομα.

Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα ζητήματα, εταιρείες όπως η Genentech έχουν συνεργαστεί με την GNS Healthcare για την αξιοποίηση της μηχανικής μάθησης και συστημάτων προσομοίωσης τεχνητής νοημοσύνης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται το λογισμικό και οι πλατφόρμες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση μια δοκιμαστικής εφαρμογής που στόχο έχει την παρακολούθηση παλμών σε άτομα με προβλήματα υγείας. Επιπρόσθετα, θα παρουσιαστεί η λειτουργία της εφαρμογής σε πραγματικό χρόνο αλλά και οι μελλοντικές της χρήσεις. Η εφαρμογή ονομάζεται “Heart Rate Emergency Detector” και είναι συμβατή με τις τελευταίες έκδοσης λειτουργικού android.

4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο κύριος σκοπός της εφαρμογής “Heart Rate Emergency Detector” είναι η άμεση ενημέρωση του ατόμου που έχει επιλέξει ο χρήστης όταν αυτός έχει χαμηλούς ή υψηλούς παλμούς. Η εφαρμογή είναι συνδεδεμένη με μια έξυπνη συσκευή μέτρησης παλμών και όταν ανιχνεύσει παλμούς λιγότερους από 50 ή περισσότερους από 180 και η ταχύτητα του χρήστη είναι σχεδόν μηδενική, ειδοποιεί μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου το πρόσωπο που έχει οριστεί ώστε να γίνουν οι αναγκαίες ενέργειες για να λάβει ο χρήστης άμεση ιατρική βοήθεια. Μέσω αυτής της εφαρμογής μπορούμε να παρακολουθούμε την πορεία της υγείας των ασθενών εξ αποστάσεως και να επεμβαίνουμε σε περιπτώσεις άμεσης ανάγκης.

Η εφαρμογή “Heart Rate Emergency Detector” βρίσκεται σε δοκιμαστικό στάδιο και για αυτό το λόγο η παρουσίαση που ακολουθεί έχει γίνει χωρίς αυτή να είναι συνδεδεμένη σε κάποια έξυπνη συσκευή μέτρησης παλμών.

4.1.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

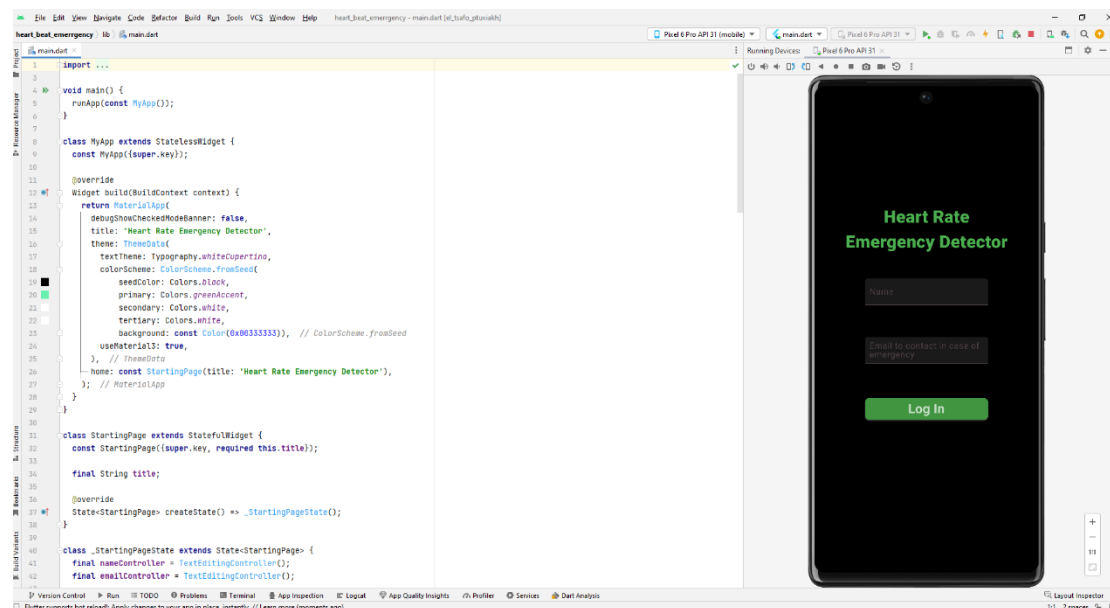
Όταν ο χρήστης χρησιμοποιήσει την εφαρμογή για πρώτη φορά, καλείται να συμπληρώσει ορισμένα βασικά στοιχεία όπως το όνομά του, την ηλικία του και τα λοιπά. Η καταχώρηση των στοιχείων μπορεί να γίνει είτε στο ελληνικό είτε στο λατινικό αλφάβητο. Στη συνέχεια θα του ζητηθεί να καταχωρήσει την ηλεκτρονική διεύθυνση του ατόμου που επιθυμεί να λαμβάνει τις ειδοποιήσεις σε περίπτωση ανάγκης. Στο ηλεκτρονικό μήνυμα που λαμβάνει το πρόσωπο που έχει οριστεί, εκτός

από την ώρα, την ημερομηνία και το όνομα του χρήστη περιλαμβάνεται και ένα κείμενο όπου αναφέρεται ότι οι παλμοί του χρήστη είναι μηδενικοί. Όταν ο χρήστης ολοκληρώσει την καταχώρηση των στοιχείων, πατάει Log In και εισέρχεται στην κύρια οθόνη της εφαρμογής όπου φαίνονται οι παλμοί του.

4.1.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

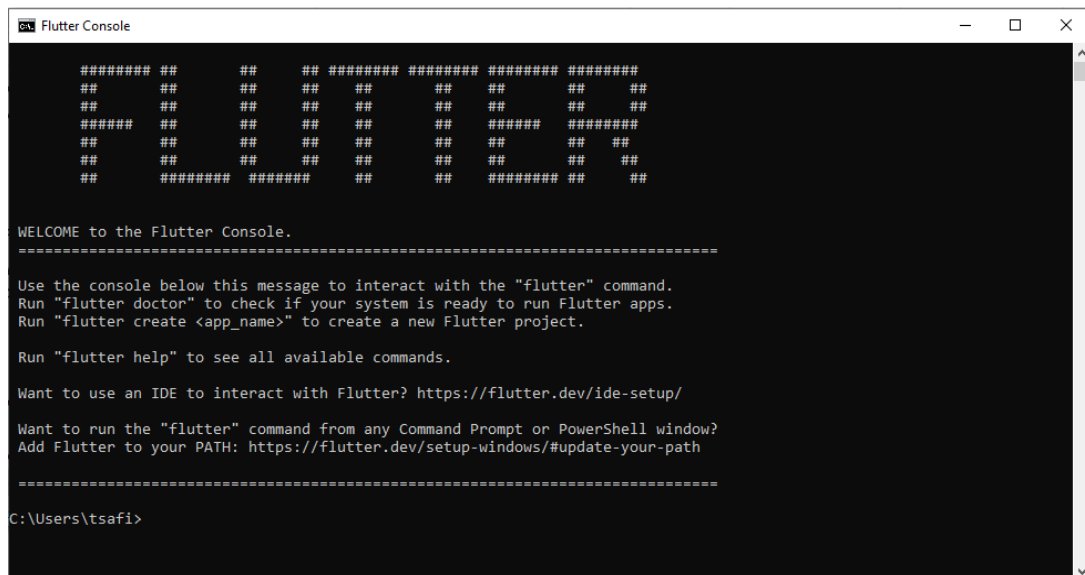
Για την υλοποίηση της εφαρμογής “Heart Rate Emergency Detector” έγινε χρήση του Android Studio.

Το Android Studio είναι ένα ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον (Integrated Development Environment – IDE) για την ανάπτυξη εφαρμογών στην πλατφόρμα των Android.



Εικόνα 9 Περιβάλλον χρήσης Android Studio

Στο Android Studio παρέχεται στους προγραμματιστές ένας επεξεργαστής κειμένου αλλά και η δυνατότητα αποσφαλμάτωσης και προσομοίωσης των διάφορων λειτουργιών. Επιπλέον, διαθέτει έναν emulator ο οποίος δίνει την δυνατότητα στους προγραμματιστές να δοκιμάσουν τις εφαρμογές τους επιλέγοντας την επιθυμητή συσκευή. Χρησιμοποιήθηκε επίσης το Flutter SDK της Google, ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα και η γλώσσα προγραμματισμού Dart.



```
Flutter Console

#####  ##  ##  ##  #####  #####  #####  #####
##  ##  ##  ##  ##  ##  ##  ##  ##
##  ##  ##  ##  ##  ##  ##  ##  ##
#####  ##  ##  ##  ##  ##  #####  #####
##  ##  ##  ##  ##  ##  ##  ##  ##
##  #####  #####  ##  ##  #####  ##  ##

WELCOME to the Flutter Console.
=====

Use the console below this message to interact with the "flutter" command.
Run "flutter doctor" to check if your system is ready to run Flutter apps.
Run "flutter create <app_name>" to create a new Flutter project.

Run "flutter help" to see all available commands.

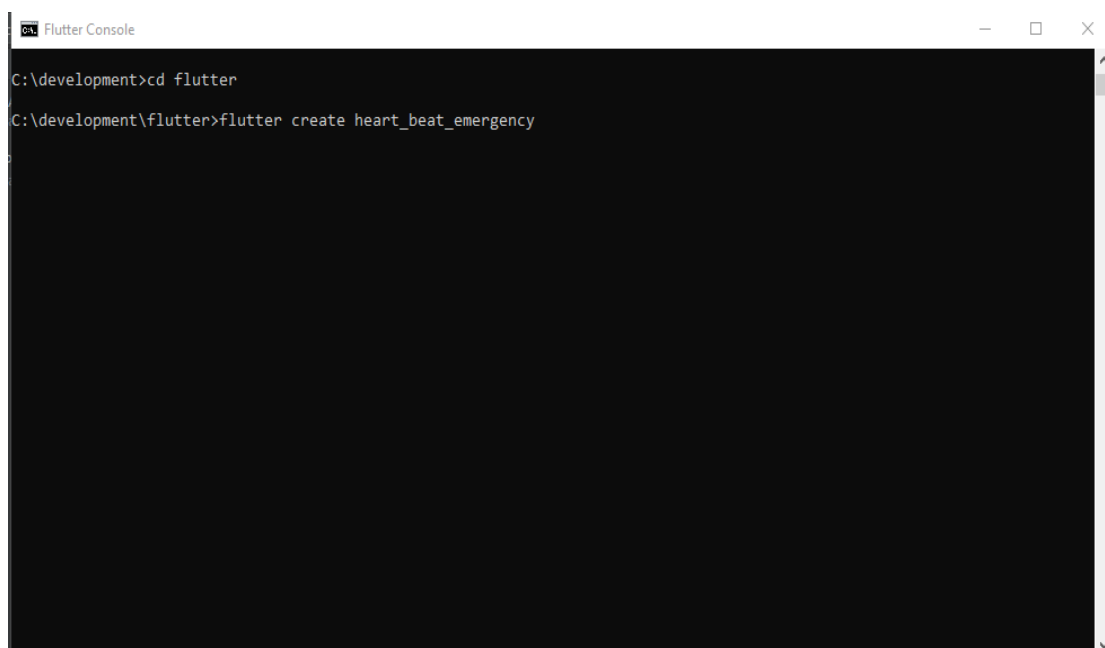
Want to use an IDE to interact with Flutter? https://flutter.dev/ide-setup/

Want to run the "flutter" command from any Command Prompt or PowerShell window?
Add Flutter to your PATH: https://flutter.dev/setup-windows/#update-your-path
=====

C:\Users\tsafli>
```

Εικόνα 10 Flutter Console

Για την υλοποίηση της εφαρμογής δημιουργήσαμε ένα νέο project μέσω του Flutter, χρησιμοποιώντας το command line των Windows και δίνοντας το όνομα που θέλουμε, στην προκειμένη περίπτωση το όνομα “heart_beat_emergency”.



```
Flutter Console

C:\development>cd flutter
C:\development\flutter>flutter create heart_beat_emergency
```

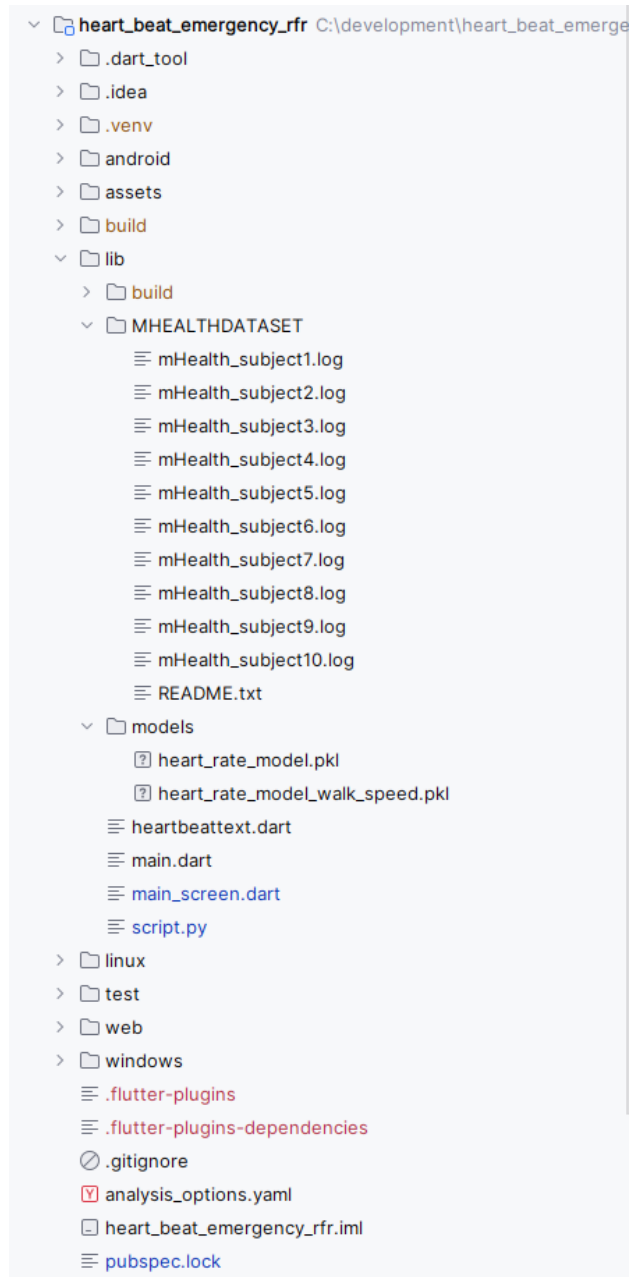
Εικόνα 11 Flutter Create

4.1.3 ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Στο Project δημιουργήθηκε ένα μοντέλο μηχανικής μάθησης μέσω της γλώσσας python. Συγκεκριμένα, μέσω ενός αλγορίθμου παλινδρόμησης (Random Forest Regressor) που εκπαιδεύτηκε στο μοντέλο, γίνεται προσομοίωση των καρδιακών παλμών και της ταχύτητας (m/s^2) ενός ανθρώπου. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι το MHEALTH (Mobile HEALTH) το οποίο κατέγραψε τόσο την κίνηση όσο και κάποια άλλα ζωτικά σημεία 10 ανθρώπων (10 subjects) για 12 διαφορετικές δραστηριότητες. Η καταγραφή έγινε με τη χρήση ενός γυροσκοπίου, ενός επιταχυνσιόμετρου και ενός μαγνητόμετρου. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες τοποθετήθηκαν στο στήθος, στον δεξιό καρπό και στον αριστερό αστράγαλο των ατόμων. Το μοντέλο παράγει 24 μετρήσεις από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν οι 10.

4.1.4 ΚΛΑΣΕΙΣ

Μέσα στο Project δημιουργήσαμε 4 κλάσεις, από τις οποίες οι 2 είναι η αρχική και η κύρια οθόνη της εφαρμογής μας, η τρίτη είναι οι συναρτήσεις των εφέ που χρησιμοποιούμε και η τέταρτη περιέχει τον αλγόριθμο εκπαίδευσης.



Εικόνα 12 Android Studio Explorer

4.1.4.1 ΚΛΑΣΗ MAIN.DART

Η κλάση main είναι η αρχική οθόνη(εικ.8) που συναντά ο χρήστης όταν ανοίγει για πρώτη φορά την εφαρμογή, ζητώντας από αυτόν τα στοιχεία του. Σε αυτή την κλάση εμπεριέχονται το θέμα της εφαρμογής και το κουμπί σύνδεσης στην επόμενη οθόνη.

Heart Rate Emergency Detector

Name

Email to contact in case of
emergency

Log In

Εικόνα 13 Αρχική οθόνη

```

lib > main.dart > _StartingPageState > build
1 // main.dart
2 import 'package:flutter/material.dart';
3 import 'package:heart_rate_emergency_detector/main_screen.dart';
4
5 void main() {
6   runApp(const MyApp());
7 }
8
9 class MyApp extends StatelessWidget {
10   const MyApp({super.key});
11
12   @override
13   Widget build(BuildContext context) {
14     return MaterialApp(
15       debugShowCheckedModeBanner: false,
16       title: 'Heart Rate Emergency Detector',
17       theme: ThemeData(
18         primarySwatch: Colors.green,
19       ), // ThemeData
20       home: const StartingPage(title: 'Heart Rate Emergency Detector'),
21     ); // MaterialApp
22   }
23 }
24
25 class StartingPage extends StatefulWidget {
26   const StartingPage({super.key, required this.title});
27
28   final String title;
29
30   @override
31   State<StartingPage> createState() => _StartingPageState();
32 }
33
34 class _StartingPageState extends State<StartingPage> {
35   final nameController = TextEditingController();
36   final emailController = TextEditingController();
37
38   @override
39   void dispose() {
40     nameController.dispose();
41     emailController.dispose();
42     super.dispose();
43   }
44
45   @override
46   Widget build(BuildContext context) {
47     double height = MediaQuery.of(context).size.height;

```

Εικόνα 14 Εικόνα από την κλάση Main

```

lib > main.dart > _StartingPageState > build
34 class _StartingPageState extends State<StartingPage> {
46   Widget build(BuildContext context) {
48     double width = MediaQuery.of(context).size.width;
49
50     return Scaffold(
51       body: Column(
52         mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
53         crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.center,
54         children: [
55           Container(
56             width: width * 0.8,
57             margin: EdgeInsets.only(left: width / 10, bottom: height / 20),
58             child: const Column(
59               children: [
60                 Text(
61                   "Heart Rate Emergency Detector",
62                   textAlign: TextAlign.center,
63                   style: TextStyle(
64                     color: Colors.green,
65                     fontSize: 32,
66                     fontFamily: 'Open sans',
67                     fontWeight: FontWeight.w900), // TextStyle
68               ), // Text
69             ],
70           ), // Column // Container
71           Container(
72             width: width * 0.55,
73             margin: EdgeInsets.only(left: width / 10, bottom: height / 15),
74             child: Column(
75               crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
76               children: [
77                 TextField(
78                   controller: nameController,
79                   decoration: const InputDecoration(
80                     contentPadding:
81                       EdgeInsets.only(top: 4, bottom: 4, left: 8, right: 8),
82                     label: Text("Name"),
83                     filled: true,
84                     fillColor: Colors.white10), // InputDecoration
85                 ) // TextField
86               ],
87             ), // Column
88           ), // Container
89           Container(
90             width: width * 0.55,
91             margin: EdgeInsets.only(left: width / 10, bottom: height / 15),
92             child: Column(
93               crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,

```

Εικόνα 15 Εικόνα από την κλάση Main

```

lib > main.dart > _StartingPageState
34 class _StartingPageState extends State<StartingPage> {
46   Widget build(BuildContext context) {
94     children: [
95       TextField(
96         controller: emailController,
97         decoration: const InputDecoration(
98           contentPadding:
99             EdgeInsets.only(top: 4, bottom: 4, left: 8, right: 8),
100         label: Text("Email to contact in case of emergency"),
101         filled: true,
102         fillColor: Colors.white10), // InputDecoration
103     ) // TextField
104   ],
105 ), // Column
106 ), // Container
107 Container(
108   width: width * 0.55,
109   margin: EdgeInsets.only(left: width / 10, bottom: height / 15),
110   child: ElevatedButton(
111     onPressed: () {
112       Navigator.pushReplacement(
113         context,
114         MaterialPageRoute(
115           builder: (context) => MainScreen(
116             title: widget.title,
117             name: nameController.text,
118             email: emailController.text,
119           )), // MainScreen // MaterialPageRoute
120       );
121     },
122     style: ButtonStyle(
123       shadowColor: MaterialStateProperty.all<Color>(Colors.white54),
124       elevation: MaterialStateProperty.all<double>(2),
125       backgroundColor: MaterialStateProperty.all<Color>(
126         const Color.fromARGB(255, 59, 155, 62)),
127       shape: MaterialStateProperty.all<RoundedRectangleBorder>(
128         RoundedRectangleBorder(
129           borderRadius: BorderRadius.circular(8.0),
130         )), // RoundedRectangle // ButtonStyle
131     child: const Text(
132       "Log In",
133       style: TextStyle(
134         fontWeight: FontWeight.w700,
135         color: Colors.white70,
136         fontSize: 24), // TextStyle
137     ), // Text
138   ), // ElevatedButton
139 ), // Container

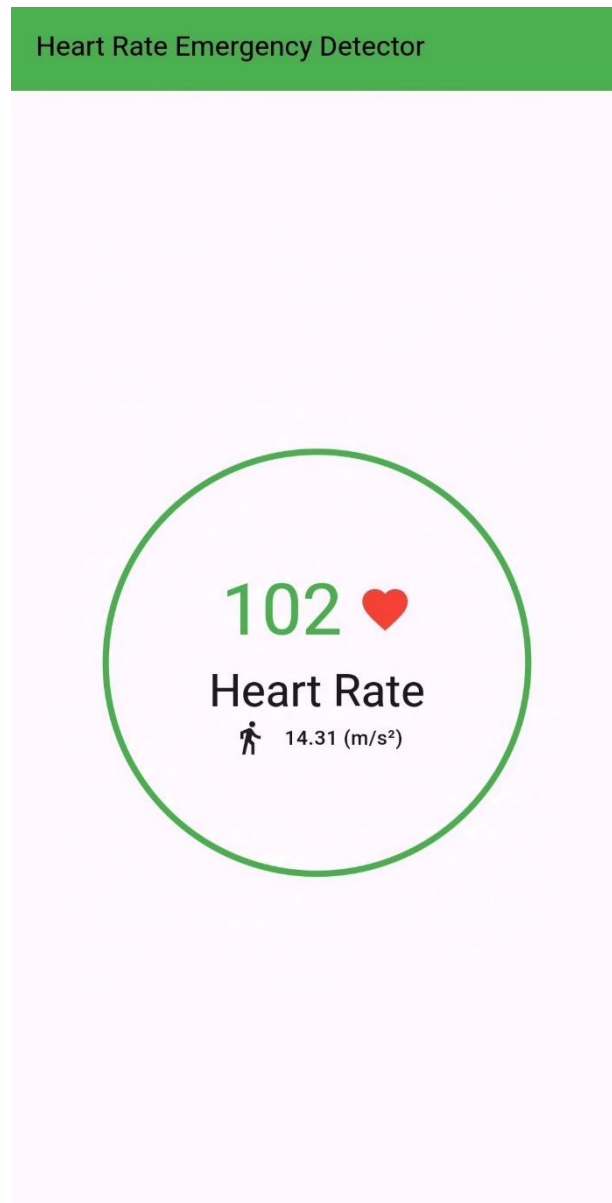
```

Εικόνα 16 Εικόνα από την κλάση Main

4.1.4.2 ΚΛΑΣΗ MAINSCREEN.DART

Η κλάση mainscreen είναι η κύρια οθόνη που προγράμματος όπου και εμφανίζονται οι παλμοί του χρήστη σε πραγματικό χρόνο και την ταχύτητα του, σε μετρό ανά τετραγωνικό δευτερόλεπτο (m/s^2). Σε αυτή την κλάση έχει δημιουργηθεί μια συνάρτηση με το όνομα sendEmail και η οποία μέσω της ηλεκτρονικής διεύθυνσης της

google heartbeatemergencypixiaki@gmail.com αποστέλλει ηλεκτρονικό μήνυμα στην διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που ορίστηκε από τον χρήστη.



Εικόνα 17 Απεικόνιση των παλμών στην κύρια οθόνη

```

lib > main_screen.dart > _MainScreenState > fetchBPM
1 import 'dart:async';
2 import 'dart:convert';
3 import 'package:flutter/material.dart';
4 import 'HeartBeatText.dart';
5 import 'package:mailer/mailer.dart';
6 import 'package:mailer/smtp_server.dart';
7 import 'package:http/http.dart' as http;
8
9 class MainScreen extends StatefulWidget {
10   const MainScreen(
11     {super.key,
12     required this.title,
13     required this.name,
14     required this.email});
15
16   final String title;
17   final String name;
18   final String email;
19
20   @override
21   State<MainScreen> createState() => _MainScreenState();
22 }
23
24 class _MainScreenState extends State<MainScreen> {
25   Timer? timer;
26   GlobalKey<HeartBeatTextState> key = GlobalKey();
27   bool isSetTo0 = false;
28   String _bpm = '--';
29   bool isLoading = false;
30   double walkingSpeed = 0.0;
31
32   final String flaskApiUrl = 'http://192.168.1.4:30000/predict';
33
34   @override
35   void initState() {
36     super.initState();
37     _initializeBPM();
38     timer = Timer.periodic(const Duration(seconds: 5), (Timer t) {
39       _fetchAndCheckBPM();
40     }); // Timer.periodic
41   }
42
43   Future<void> _initializeBPM() async {
44     await fetchBPM();
45     key.currentState?.fadeIn();
46     Future.delayed(const Duration(milliseconds: 1000), () {
47       key.currentState?.fadeOut();
48     }); // Future.delayed

```

Εικόνα 18 Εικόνα από την κλάση MainScreen

```

lib > main_screen.dart > _MainScreenState
24 class _MainScreenState extends State<MainScreen> {
43   Future<void> _initializeBPM() async {
49     checkBPMAndSendEmail();
50   }
51
52   Future<void> _fetchAndCheckBPM() async {
53     await fetchBPM();
54     checkBPMAndSendEmail();
55   }
56
57   Future<void> fetchBPM() async {
58     setState(() {
59       isLoading = true;
60     });
61
62     try {
63       Map<String, dynamic> data = {
64         'acc_chest_x': 0.5,
65         'acc_chest_y': 0.3,
66         'acc_chest_z': 0.1,
67         'acc_ankle_x': 0.2,
68         'acc_ankle_y': 0.4,
69         'acc_ankle_z': 0.1,
70         'acc_arm_x': 0.6,
71         'acc_arm_y': 0.7,
72         'acc_arm_z': 0.8,
73       };
74
75       final response = await http.post(
76         Uri.parse(flaskApiUrl),
77         headers: {"Content-Type": "application/json"},
78         body: jsonEncode(data),
79       );
80
81       if (response.statusCode == 200) {
82         var responseData = json.decode(response.body);
83
84         if (responseData.containsKey('heart_rate')) {
85           setState(() {
86             _bpm = responseData['heart_rate'].toString();
87             walkingSpeed = responseData['walking_speed'];
88           });
89         } else if (responseData.containsKey('error')) {
90           print("Error from server: ${responseData['error']}");
91         }
92       } else {
93         print('Failed to fetch BPM: ${response.statusCode}');
94       }

```

Εικόνα 19 Εικόνα από την κλάση MainScreen


```

lib > main_screen.dart > _MainScreenState
24 class _MainScreenState extends State<MainScreen> {
57   Future<void> fetchBPM() async {
95     } catch (e) {
96       print('Error fetching BPM from Flask API: $e');
97     } finally {
98       setState(() {
99         isLoading = false;
100       });
101     }
102   }
103
104   void resetBPM() {
105     setState(() {
106       _bpm = '0';
107       isSetTo0 = true;
108     });
109     checkBPMAndSendEmail();
110   }
111
112   void checkBPMAndSendEmail() {
113     if (_bpm == "--") {
114       return;
115     }
116     int bpm = int.tryParse(_bpm) ?? 0;
117
118     if ((bpm < 50 || bpm > 180) && (walkingSpeed < 1.0)) {
119       sendEmail();
120       Future.delayed(const Duration(milliseconds: 500), _showMyDialog);
121     }
122   }
123
124   void sendEmail() async {
125     String username = 'heartbeatemergencyptixiaki@gmail.com';
126     String password = 'mebiaqvwwibdtzkb';
127
128     final smtpServer = gmail(username, password);
129
130     final message = Message()
131       ..from = Address(username, "Heartrate Emergency")
132       ..recipients.add(widget.email)
133       ..subject =
134         | | '$${widget.name} Needs your help immediately - ${DateTime.now()}'
135       ..text = 'Dear reader,\n\nSomeone you know, named ' +
136         | | widget.name +
137         | | ' is having an emergency right now. Their heart rate is showing $ bpm
138         | | beats per minute\n\nPlease go help them immediately''';
139     try {
140       final sendReport = await send(message, smtpServer);

```

Εικόνα 20 Εικόνα από την κλάση MainScreen

```

lib > main_screen.dart > _MainScreenState
24  class _MainScreenState extends State<MainScreen> {
124 void sendEmail() async {
140     final sendReport = await send(message, smtpServer);
141     print('Message sent: $sendReport');
142   } on MailerException catch (e) {
143     print('Message not sent.');
```

```

144     for (var p in e.problems) {
145       print('Problem: ${p.code}: ${p.msg}');
```

```

146     }
147   }
148 }
149
150 Future<void> _showMyDialog() async {
151   return showDialog<void>(
152     context: context,
153     barrierDismissible: false,
154     builder: (BuildContext context) {
155       return AlertDialog(
156         title: const Text(
157           'Emergency ⚠️',
158           style: TextStyle(fontWeight: FontWeight.w900),
159         ), // Text
160         content: const SingleChildScrollView(
161           child: ListBody(
162             children: <Widget>[
163               Text(
164                 'Your heart rate is abnormal. Please consult to nearest hospital\n',
165                 style: TextStyle(
166                   fontSize: 16.0, color: Color.fromARGB(255, 238, 21, 5)), // TextStyle
167               ), // Text
168               Text(
169                 'An email has been sent!',
170                 style: TextStyle(
171                   fontSize: 16.0, color: Color.fromARGB(255, 18, 97, 20)), // TextStyle
172               ), // Text
173             ], // <Widget>[]
174           ), // ListBody
175         ), // SingleChildScrollView
176         actions: <Widget>[
177           TextButton(
178             child: const Text('Okay',
179               style: TextStyle(
180                 fontSize: 18,
181                 color: Colors.black,
182                 fontWeight: FontWeight.w800)), // TextStyle // Text
183             onPressed: () {
184               Navigator.of(context).pop();
185             },
186           ), // TextButton
187         ], // <Widget>[]
188       );
189     },
190   );
191 }

```

Εικόνα 21 Εικόνα από την κλάση MainScreen

```

lib > main_screen.dart > _MainScreenState > _showMyDialog
24 class _MainScreenState extends State<MainScreen> {
191 @override
192 void dispose() {
193   timer?.cancel();
194   super.dispose();
195 }
196 @override
197 Widget build(BuildContext context) {
198   double height = MediaQuery.of(context).size.height;
199   return Scaffold(
200     appBar: AppBar(
201       backgroundColor: Colors.green,
202       title: Text(
203         widget.title,
204         style: const TextStyle(color: Colors.black),
205       ), // Text
206     ), // AppBar
207     body: Stack(
208       children: [
209         Center(
210           child: Wrap(
211             children: <Widget>[
212               AnimatedContainer(
213                 duration: const Duration(milliseconds: 200),
214                 height: height / 3,
215                 width: height / 3,
216                 decoration: BoxDecoration(
217                   border: Border.all(
218                     color: isSetTo0 ? Colors.red : Colors.green,
219                     width: 4), // Border.all
220                   color: Colors.transparent,
221                   borderRadius: BorderRadius.circular(200)), // BoxDecoration
222               child: Column(
223                 mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
224                 children: [
225                   Padding(
226                     padding: EdgeInsets.only(bottom: height * 1 / 100),
227                     child: HeartBeatText(
228                       key: key, text: _bpm, textColor: Colors.green), // HeartBeatText // Padding
229                   Text(
230                     'Heart Rate',
231                     style: Theme.of(context).textTheme.displaySmall,
232                   ), // Text
233                   Row(
234                     mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
235                     children: [
236                       const Icon(Icons.directions_walk_outlined),
237                       const SizedBox(width: 10.0),

```

Εικόνα 22 Εικόνα από την κλάση MainScreen

```

238 Text(
239   "${walkingSpeed.toStringAsFixed(2)} (m/s²)",
240   style: const TextStyle(
241     fontWeight: FontWeight.bold, fontSize: 16.0), // TextStyle
242   ), // Text
243 ],
244 ) // Row

```

Εικόνα 23 Εικόνα από την κλάση MainScreen

4.1.4.3 ΚΛΑΣΗ HEARBEATTEXT.DART

Η κλάση heartbeattext περιέχει τα εφέ που χρησιμοποιήθηκαν στην κύρια οθόνη του προγράμματος όταν βλέπουμε τους παλμούς του χρήστη.

```
lib > heartbeattext.dart > HeartBeatTextState > build
1  import 'package:flutter/material.dart';
2
3  class HeartBeatText extends StatefulWidget {
4    final Color textColor;
5    final String text;
6    HeartBeatText({required Key key, required this.text, required this.textColor})
7      : super(key: key);
8    @override
9    HeartBeatTextState createState() => HeartBeatTextState();
10 }
11
12 class HeartBeatTextState extends State<HeartBeatText>
13   with TickerProviderStateMixin {
14   late AnimationController _heartbeatController;
15   late Animation<double> heartbeatAnimation;
16
17   @override
18   void initState() {
19     super.initState();
20     _heartbeatController = AnimationController(
21       vsync: this, duration: const Duration(milliseconds: 250)); // AnimationController
22     heartbeatAnimation =
23       Tween<double>(begin: 1.0, end: 1.25).animate(_heartbeatController);
24   }
25
26   @override
27   void dispose() {
28     _heartbeatController.dispose();
29     super.dispose();
30   }
31
32   void fadeIn() {
33     _heartbeatController.forward();
34   }
35
36   void fadeOut() {
37     _heartbeatController.reverse();
38   }
39 }
```

Εικόνα 24 Εικόνα από την κλάση Heartbeattext

```

lib > heartbeattext.dart > HeartBeatTextState > fadeOut
12 class HeartBeatTextState extends State<HeartBeatText>
40 @override
41 Widget build(BuildContext context) {
42   return AnimatedBuilder(
43     animation: _heartbeatController,
44     builder: (BuildContext context, Widget? child) {
45       return Transform.scale(
46         scale: heartbeatAnimation.value,
47         child: Row(
48           mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
49           children: [
50             Text(
51               widget.text,
52               style: Theme.of(context)
53                 .textTheme
54                 .displayLarge
55                 ?.copyWith(color: widget.textColor),
56             ), // Text
57             const SizedBox(width: 10.0),
58             const Icon(
59               Icons.favorite,
60               color: Colors.red,
61               size: 35,
62             ) // Icon
63           ],
64         ), // Row
65       ); // Transform.scale
66     },
67   ); // AnimatedBuilder
68 }
69 }
70

```

Εικόνα 25 Εικόνα από την κλάση Heartbeattext

4.1.4.4 ΚΛΑΣΗ SCRIPT.PY

Η κλάση script προσομοιώνει τα δείγματα ταχύτητας και παλμών του χρήστη, με χρήση του μοντέλου MHEALT(Mobile Health) και ενός αλγορίθμου παλινδρόμησης, με την ονομασία Random Forest Regressor.

```

lib > script.py > ...
1  from flask import Flask, jsonify
2  import random
3  import os
4  import joblib
5  import numpy as np
6  import pandas as pd
7  from scipy.signal import find_peaks
8  import warnings
9  warnings.simplefilter("ignore")
10
11  app = Flask(__name__)
12
13  base_path = r'C:/development/heart_beat_emergency_rfr/lib'
14  model_path = os.path.join(base_path, 'models', 'heart_rate_model_walk_speed.pkl')
15
16  print(f"Loading model from: {model_path}")
17  model = joblib.load(model_path)
18  print("Model loaded successfully.")
19
20  training_features = ["acc_chest_x", "acc_chest_y", "acc_chest_z",
21                      "acc_ankle_x", "acc_ankle_y", "acc_ankle_z",
22                      "acc_arm_x", "acc_arm_y", "acc_arm_z", "walking_speed"]
23
24  subject_index = 3
25
26  def calculate_walking_speed(acc_ankle_x, acc_ankle_y, acc_ankle_z):
27      """
28      Calculate the walking speed based on ankle accelerometer data.
29      Walking speed is derived from the magnitude of ankle acceleration.
30      """
31      acc_magnitude = np.sqrt(acc_ankle_x**2 + acc_ankle_y**2 + acc_ankle_z**2)
32      return np.mean(acc_magnitude)
33
34  @app.route('/predict', methods=['POST'])
35  def predict_heartbeat():
36      try:
37          print(f"Prediction request received for subject {subject_index}")
38
39          file_path = os.path.join(base_path, f'MHEALTHDATASET/mHealth_subject{subject_index}.log')
40          print(f>Loading dataset from: {file_path}")
41
42          columns = ["acc_chest_x", "acc_chest_y", "acc_chest_z", "ecg_lead1", "ecg_lead2",
43                  "acc_ankle_x", "acc_ankle_y", "acc_ankle_z", "gyro_ankle_x", "gyro_ankle_y",
44                  "gyro_ankle_z", "magnet_ankle_x", "magnet_ankle_y", "magnet_ankle_z",
45                  "acc_arm_x", "acc_arm_y", "acc_arm_z", "gyro_arm_x", "gyro_arm_y",
46                  "gyro_arm_z", "magnet_arm_x", "magnet_arm_y", "magnet_arm_z", "label"]
47
48          data = pd.read_csv(file_path, sep='\t', header=None, names=columns)

```

Εικόνα 26 Εικόνα από την κλάση Script.py

```

lib > script.py > ...
35 def predict_heartbeat():
49     print(f"Dataset shape before cleaning: {data.shape}")
50
51     data = data.apply(pd.to_numeric, errors='coerce')
52     data.dropna(inplace=True)
53     print(f"Dataset shape after cleaning: {data.shape}")
54
55     if data.empty:
56         print("Dataset is empty after cleaning.")
57         return jsonify({'error': 'No data available after cleaning.'})
58
59     print("Calculating walking speed for each row.")
60     data['walking_speed'] = data.apply(
61         lambda row: calculate_walking_speed(row['acc_ankle_x'], row['acc_ankle_y'], row['acc_ankle_z']),
62         axis=1
63     )
64
65     features = data[training_features]
66
67     print("Making predictions with the model.")
68     predicted_ecg = model.predict(features)
69
70     print("Finding peaks in predicted ECG.")
71     peaks, _ = find_peaks(predicted_ecg, distance=150)
72     rr_intervals = np.diff(peaks)
73
74     if len(rr_intervals) == 0:
75         print("No peaks detected.")
76         return jsonify({'error': 'No peaks detected'})
77
78     rr_intervals_in_seconds = rr_intervals / 500.0
79     heart_rates = 60.0 / rr_intervals_in_seconds
80     sample_heart_beat = random.choice(heart_rates)
81
82     random_index = random.choice(range(len(data)))
83     sample_walking_speed = data.iloc[random_index]['walking_speed']
84     print(f"Sample walking speed chosen: {sample_walking_speed}")
85
86     return jsonify({
87         'heart_rate': int(sample_heart_beat),
88         'walking_speed': float(sample_walking_speed)
89     })
90 except Exception as e:
91     print("Error:", str(e))
92     return jsonify({'error': str(e)})
93 if __name__ == '__main__':
94     print("Starting Flask server...")
95     app.run(port='30000', host='0.0.0.0')

```

Εικόνα 27 Εικόνα από την κλάση Script.py

4.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Η εφαρμογή της οποίας περιγράψαμε τον τρόπο δημιουργίας βρίσκεται ακόμα σε αρχικό δοκιμαστικό στάδιο. Στόχος μας είναι η υλοποίηση βελτιώσεων και προσθήκη επεκτάσεων ώστε η εφαρμογή να γίνει αποδοτικότερη. Ορισμένες από τις βελτιώσεις που σκοπεύουμε να πραγματοποιήσουμε είναι οι εξής:

- Προσθήκη λειτουργίας «Εγγραφή Χρήστη»

Μέσω αυτής της λειτουργίας οι χρήστες θα έχουν την δυνατότητα δημιουργίας λογαριασμού χρήστη στην εφαρμογή έτσι ώστε όταν εισέλθουν εκ νέου στην εφαρμογή από διαφορετική συσκευή να υπάρχουν ήδη τα στοιχεία τους και το ιστορικό χρήσης.

- Προσθήκη λειτουργίας «Σύνδεση μέσω Bluetooth»

Μέσω αυτής της λειτουργίας οι χρήστες θα έχουν την δυνατότητα να συνδέσουν μέσω Bluetooth οποιαδήποτε συσκευή μέτρησης παλμών στην εφαρμογή ώστε η συλλογή των δεδομένων του χρήστη να γίνεται σε πραγματικό χρόνο.

- Προσθήκη λειτουργίας «Τρόπος ειδοποίησης»

Μέσω αυτής της λειτουργίας οι χρήστες θα έχουν την δυνατότητα να επιλέξουν τον τρόπο ειδοποίησης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης αλλά και να προσθέσουν επιπλέον τρόπους όπως για παράδειγμα κλήση σε κινητό τηλέφωνο που έχουν δηλώσει. Τέλος θα μπορούν να θέσουν κάποια όρια ανοχής έτσι ώστε να αποφευχθεί η λανθασμένη ειδοποίηση έκτακτης ανάγκης.

4.3 ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιάσουμε τη χρήση της εφαρμογής και τις ειδοποιήσεις που στέλνει στο πρόσωπο που έχει οριστεί από τον χρήστη όταν τεθεί σε λειτουργία. Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε τα στοιχεία του χρήστη όπως αυτά εμφανίζονται στην αρχική οθόνη του προγράμματος.

Heart Rate Emergency Detector

Name

Giorgos

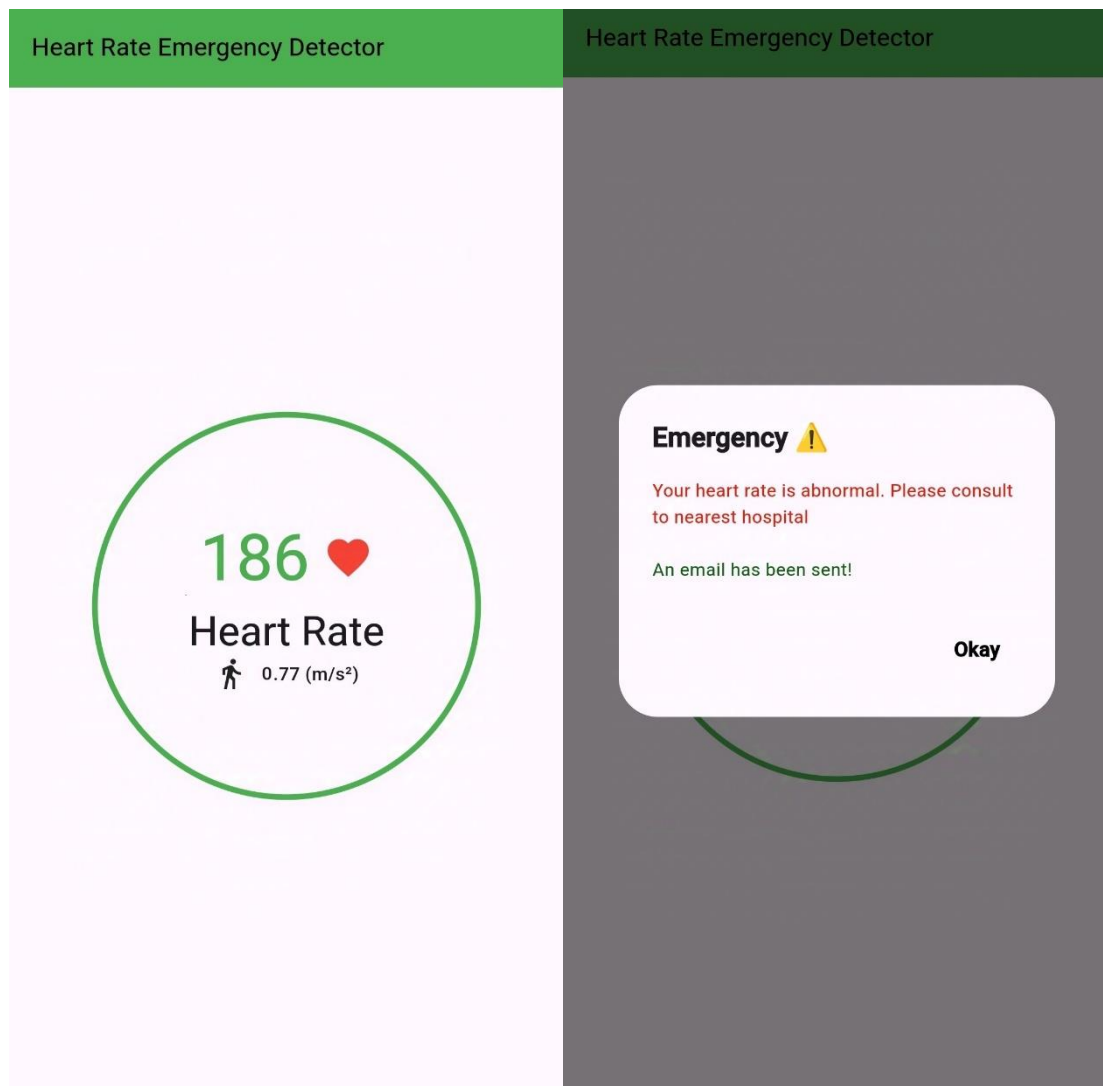
Email to contact in case of emergency

tsafisg@gmail.com

Log In

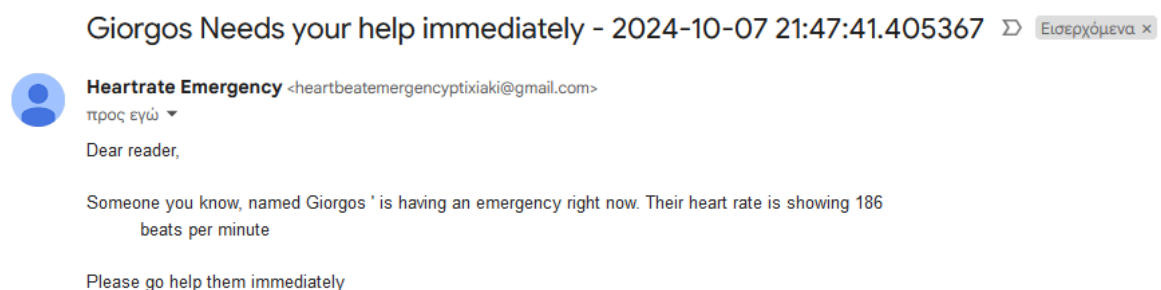
Εικόνα 28 Στοιχεία χρήστη

Στην συνέχεια βλέπουμε το μήνυμα που εμφανίζεται μέσα στην εφαρμογή όταν ο χρήστης εμφανίσει παλμούς λιγότερους από 50 ή περισσότερους από 180 και η ταχύτητα του είναι σχεδόν μηδενική.



Εικόνα 29 Προειδοποίηση υψηλών παλμών.

Το ηλεκτρονικό μήνυμα που λαμβάνει το άτομο που έχει οριστεί όταν οι παλμοί του χρήστη είναι υψηλοί ή χαμηλοί είναι το κάτωθι:



Εικόνα 30 Εικόνα από την ειδοποίηση υψηλών παλμών στην ηλεκτρονική αλληλογραφία

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ahmed H., Tahir M. Improving the Accuracy of Human Body Orientation Estimation with Wearable IMU Sensors. IEEE Trans. Instrum. Meas. 2017;66:535–542. doi: 10.1109/TIM.2016.2642658.

Apple. ECG app and irregular heart rhythm notification available today on Apple Watch. 2019. <https://www.apple.com/newsroom/2018/12/ecg-app-and-irregular-heart-rhythm-notification-available>

Balsa A., Carmona L., González-Alvaro I., Belmonte M.A., Tena X., Sanmartí R. Value of Disease Activity Score 28 (DAS28) and DAS28-3 Compared to American College of Rheumatology-Defined Remission in Rheumatoid Arthritis. J. Rheumatol. 2004;31:40–46. [PubMed] [Google Scholar]

Bell . J. Wearable Health Monitoring Systems. Technical Report; Nyx Illuminated Clothing Company; Culver City, CA, USA: 2019. p. 218857.

Best J. Wearable technology: Covid-19 and the rise of remote clinical monitoring. BMJ. 2021;372:n413. doi: 10.1136/bmj.n413.

Callmer J. Master's Thesis. Linköping University Electronic Press; Linköping, Sweden: 2016. Autonomous Localization in Unknown Environments; p. 1520.

Cha J., Kim J., Kim S. Hands-free user interface for AR/VR devices exploiting wearer's facial gestures using unsupervised deep learning. Sensors. 2019;19:4441. doi: 10.3390/s19204441.

Connolly J. Wearable Rehabilitative Technology for the Movement Measurement of Patients with Arthritis. Ulster University, February 2015. <https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?did=1&uin=uk.bl.ethos.675471>

De Arriba-Pérez F., Caeiro-Rodríguez M., Santos-Gago J.M. Collection and Processing of Data from Wrist Wearable Devices in Heterogeneous and Multiple-User Scenarios. Sensors. 2016;16:1538. doi: 10.3390/s16091538.

Dhairya K. Introduction to Data Preprocessing in Machine Learning. <https://towardsdatascience.com/introduction-to-data-preprocessing-in-machine-learning-a9fa83a5dc9>

Estevez P., Bank J., Porta M., Wei J., Sarro P., Tichem M., Staufer U. 6 DOF force and torque sensor for micro-manipulation applications. Sens. Actuators A Phys. 2012;186:86–93. doi: 10.1016/j.sna.2012.02.037.

Frost B. Market Research Report. Strategy R. 2014;7215:1–31.

Grimm B., Bolink S. Evaluating physical function and activity in the elderly patient using wearable motion sensors. EFORT Open Rev. 2016;1:112–120. doi: 10.1302/2058-5241.1.160022.

Guner U., Canbolat H., Unluturk A. Design and implementation of adaptive vibration filter for MEMS based low cost IMU; Proceedings of the 2015 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO); Bursa, Turkey. 26–28 November 2015; pp. 130–134.

Hawkins, J., & Blakeslee, S. (2004). *On intelligence*. Macmillan.

Hospital Times. Northampton NHS at forefront of innovation for virtual ward tech. 2020. <https://www.hospitaltimes.co.uk/northampton-nhs-at-forefront-of-innovation-for-virtual-tech/>

Hurdles C. Applied Clinical Trials- Your Peer-Reviewed Guide to Global Clinical Trials Management. <https://cdn.sanity.io/files/0vv8moc6/act/346a82766960a17da2099b5f1268d0efba485d2a.pdf>

IBM (2023). *Automotive 2025: industry without borders*. <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/en-us/report/auto2025>

Iman K., Al-Azwani H. Integration of Wearable Technologies into Patient's Electronic Medical Records. Qual. Prim. Care. 2016;24:151–155.

Imperial College London. Wearable sensor trialled for remote COVID-19 monitoring. 2020. <https://www.imperial.ac.uk/news/196973/wearable-sensor-trialled-remote-covid-19-monitoring/>

Jouffroy R., Jost D., Prunet B. Prehospital pulse oximetry: A red flag for early detection of silent hypoxemia in COVID-19 patients. Crit. Care. 2020;24:1–2. doi: 10.1186/s13054-020-03036-9.

Laranjo L, Ding D, Heleno B, et al. Do smartphone applications and activity trackers increase physical activity in adults? Systematic review, meta-analysis and metaregression. Br J Sports Med2020;bjsports-2020-102892. doi:10.1136/bjsports-2020-102892.

Lee J., Kim D., Ryoo H.-Y., Shin B.-S. Sustainable Wearables: Wearable Technology for Enhancing the Quality of Human Life. Sustainability. 2016;8:466. doi: 10.3390/su8050466.

Liu S. Wearable Technology—Statistics & Facts Statista. www.statista.com/topics/1556/wearable-technology/

Long Term Plan NHS. 2019. <https://www.longtermplan.nhs.uk/wp-content/uploads/2019/08/nhs-long-term-plan-version-1.2.pdf>

Majumder S., Mondal T., Deen M.J. Wearable Sensors for Remote Health Monitoring. Sensors. 2017;17:130. doi: 10.3390/s17010130.

Massaroni C., Saccomandi P., Schena E. Medical Smart Textiles Based on Fiber Optic Technology: An Overview. J. Funct. Biomater. 2015;6:204–221. doi: 10.3390/jfb6020204.

Microsoft. Doctors are using technology to help patients with a serious lung disease get treatment in their homes. 2019. <https://news.microsoft.com/en-gb/2019/03/26/doctors-are->

[using-technology-to-help-patients-with-a-serious-lung-disease-get-treatment-in-their-homes/](#)

NHS. Digital diabetes prevention rolled out as part of NHS Long Term Plan. 2019. <https://www.england.nhs.uk/2019/08/digital-diabetes-prevention-rolled-out-as-part-of-nhs-long-term-plan/>

NHS. The Topol Review. 2019. <https://topol.hee.nhs.uk/wp-content/uploads/HEE-Topol-Review-2019.pdf>

Norfolk and Norwich University Hospitals NHS Foundation Trust. Wearable device research to help orthopaedic patients. 2020. <https://www.nnuh.nhs.uk/news/2020/09/wearable-device-research-to-help-orthopaedic-patients/>

Oyeleye, M., Chen, T., Titarenko, S., & Antoniou, G. (2022). A predictive analysis of heart rates using machine learning techniques. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2417.

Paina G.P., Gaydou D., Redolfi J., Paz C., Canali L. Experimental comparison of kalman and complementary filter for attitude estimation. Proc. AST. 2011:205–215.

Pando A. Wearable Health Technologies and Their Impact on the Health Industry. Forbes. 2019 www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2019/05/02/wearable-health-technologies-and-their-impact-on-the-health-industry/#4eac185f3af5

Pandey A., Mazumdar C., Ranganathan R., Tripathi S., Pandey D., Dattagupta S. Transverse vibrations driven negative thermal expansion in a metallic compound GdPd₃BO₇. Appl. Phys. Lett. 2008;92:261913. doi: 10.1063/1.2953175.

Pantelopoulos A., Bourbakis N.G. A Survey on Wearable Sensor-Based Systems for Health Monitoring and Prognosis. IEEE Trans. Syst. Man. Cybern. Part C Appl. Rev. 2009;40:1–12. doi: 10.1109/TSMCC.2009.2032660.

Schrader L., Toro A.V., Konietzny S., Rüping S., Schäpers B., Steinböck M., Krewer C., Müller F., Güttler J., Bock T. Advanced Sensing and Human Activity Recognition in Early Intervention and Rehabilitation of Elderly People. J. Popul. Ageing. 2020;13:139–165. doi: 10.1007/s12062-020-09260-z.

Song M.-S., Kang S.-G., Lee K.-T., Kim J. Wireless, Skin-Mountable EMG Sensor for Human–Machine Interface Application. Micromachines. 2019;10:879. doi: 10.3390/mi10120879.

Sun H., Zhang Z., Hu R.Q., Qian Y. Wearable Communications in 5G: Challenges and Enabling Technologies. IEEE Veh. Technol. Mag. 2018;13:100–109. doi: 10.1109/MVT.2018.2810317.

Surrey and Borders Partnership NHS Foundation Trust. Dementia study enters next phase. 2018. <https://www.sabp.nhs.uk/TIHM/about/timh-study-highlights/next-phase>

Tankovska H. Global Connected Wearable Devices 2016–2022 Statista. www.statista.com/statistics/487291/global-connected-wearable-devices/

UK Government. Mobile app and wristband technology transforms epilepsy care. 2017. <https://www.gov.uk/government/case-studies/mobile-app-and-wristband-technology-transforms-epilepsy-care>

Vijayan V., McKelvey N., Condell J., Gardiner P., Connolly J. Implementing Pattern Recognition and Matching techniques to automatically detect standardized functional tests from wearable technology; Proceedings of the 2020 31st Irish Signals and Systems Conference (ISSC); Letterkenny, Ireland. 11–12 June 2020;

Weenk M, Bredie SJ, Koeneman M, Hesselink G, van Goor H, van de Belt TH. Continuous monitoring of vital signs in the general ward using wearable devices: randomized controlled trial. J Med Internet Res2020;22:e15471. doi:10.2196/15471 pmid:32519972

WHF (2023). World Heart Report 2023. <https://world-heart-federation.org/wp-content/uploads/World-Heart-Report-2023.pdf>

Oyeleye, Matthew, 'A Predictive Analysis of Heart Rates Using Machine Learning Techniques'. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8872524/>

Oresti Banos, Rafael Garcia. MHEALTH. UCI Machine Learning Repository, 2014. <https://archive.ics.uci.edu/dataset/319/mhealth+dataset>