



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές
Τεχνολογίες»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Φορετές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα Wearables and the Internet of Things (IoT), Applications, Opportunities, and Challenges: A Survey
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	ΔΗΜΕΛΗ ΕΙΡΗΝΗ
Πατρώνυμο	ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
Αριθμός Μητρώου	ΨΠΟΛ/ 20017
Επιβλέπων	Εμμανουήλ Σκόνδρας, Διδάσκων ΠΜΣ

Ημερομηνία Παράδοσης

Δεκέμβριος 2024

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

κ Εμμανουήλ Σκόνδρα
Διδάσκων ΠΜΣ

κ Δημήτριο Βέργαδο
Καθηγητής

κ. Θωμά Δασακλή
Επίκουρος Καθηγητής

Περίληψη

Τα έξυπνα wearables συλλέγουν και αναλύουν δεδομένα, ενώ σε ορισμένα σενάρια λαμβάνουν μια έξυπνη απόφαση και παρέχουν μια απάντηση στον χρήστη με αποτέλεσμα να βρίσκουν όλο και περισσότερες εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή. Σε αυτή την έρευνα, εξετάζουμε διεξοδικά τις πιο πρόσφατες και σημαντικές ερευνητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στον τομέα wearable Internet of Things (IoT) και ταξινομούμε τα wearables σε τέσσερις μεγάλες ομάδες:

- (i) υγεία,
- (ii) αθλητισμός και καθημερινή δραστηριότητα,
- (iii) παρακολούθηση και εντοπισμός και
- (iv) ασφάλεια.

Οι φορητοί ιατρικοί αισθητήρες έχουν επαναστατήσει τη διαδικασία παρακολούθησης της υγείας, προσφέροντας δυνατότητες στην πραγματική παρακολούθηση και εξατομικευμένες παρεμβάσεις. Η ενσωμάτωσή τους με την τεχνητή νοημοσύνη και τη μηχανική μάθηση βελτιώνει τις λειτουργίες τους, επιτρέποντας την ανάλυση δεδομένων και την πρόβλεψη καταστάσεων υγείας. Ωστόσο, η τεχνολογία αυτή φέρνει επίσης μια σειρά προκλήσεων που απαιτούν προσοχή.

Οι θεμελιώδεις διαφορές των αλγορίθμων που σχετίζονται με κάθε μία ομάδα, ομαδοποιούνται, αναλύονται και αντίστοιχα συζητούνται οι ερευνητικές προκλήσεις και τα ανοιχτά ζητήματα της κάθε ομάδας. Αυτή η έρευνα αποκαλύπτει ότι παρόλο που το Cellular IoT (CIoT) έχει πολλά πλεονεκτήματα και μπορεί να φέρει τεράστιες εφαρμογές στα wearables IoT, σπάνια έχει μελετηθεί από τους ερευνητές. Ασχολούμαστε επίσης με τις ευκαιρίες και τις προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή των wearables με δυνατότητα CIoT.

Abstract

Smart wearables collect and analyze data, and in certain scenarios, they make intelligent decisions and provide responses to users, resulting in an increasing number of applications in our daily lives. In this research, we thoroughly examine the most recent and significant research works conducted in the field of wearable Internet of Things (IoT) and categorize wearables into four main groups:

- i. health,
- ii. sports and daily activities,
- iii. monitoring and tracking, and
- iv. safety.

Wearable medical sensors have revolutionized the health monitoring process by offering capabilities for real-time monitoring and personalized interventions. Their integration with artificial intelligence and machine learning enhances their functionalities, allowing for data analysis and health condition prediction. However, this technology also brings a series of challenges that require attention.

The fundamental differences of the algorithms related to each group are aggregated, analyzed, and the research challenges and open issues for each group are discussed accordingly. This research reveals that although Cellular IoT (CIoT) has many advantages and could bring significant applications to IoT wearables, it has rarely been studied by researchers. We also address the opportunities and challenges related to the implementation of wearables with CIoT capabilities.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WEARABLE	7
2.1 Ιστορία-Εξέλιξη	7
2.2 WEARABLES-οι έξυπνες συσκευές που φοριούνται	9
2.3 «ΦΟΡΕΤΕΣ» συσκευές σύμφωνα με τις λειτουργικές ιδιότητες και τις δυνατότητες τους. 11	
3. ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ.....	13
3.1 Τι είναι το Internet of Things	14
3.2 Πως λειτουργεί το Ιot	15
3.3 Εφαρμογές Ιot.....	16
3.4 ΟΦΕΛΗ.....	18
3.5 To Internet of Things της επόμενης γενιάς	19
3.6 Κίνδυνοι και προκλήσεις στο Ιot	21
4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ WEARABLE ΙOT	22
4.1 Υγεία	22
4.1.2. Φορετά συστήματα θεραπείας υγείας & αποκατάστασης.....	23
4.1.3 Τρέχουσες εξελίξεις στις φορετές τεχνολογίες για αποκατάσταση	23
4.1.4 Φορετά συστήματα παρακολούθησης υγείας	26
4.1.5 Οφέλη φορετών συστημάτων παρακολούθησης υγείας	29
4.2 Αναγνώριση δραστηριοτήτων και αθλητισμός.....	30
4.2.1 Αξιολόγηση φυσικής κατάστασης	31
4.2.2 Παρακολούθηση των αθλητών	31
4.2.3 Χρήση του Wearable Ιot στον Αθλητισμό: Αναγνώριση Δραστηριοτήτων για Καθημερινή Κίνηση και Αθλητικές Δραστηριότητες	31
4.2.4 Ανίχνευση Ανθρώπινης Δραστηριότητας με Αισθητήρες: Τεχνικές και Προοπτικές ...	32
4.3. Παρακολούθηση και εντοπισμός	33
4.3.1 Μέθοδοι παρακολούθησης και εντοπισμού	33
4.3.2 Εκτίμηση τοποθεσίας	34
4.4. Ασφάλεια.....	35
4.4.1 Ανίχνευση και πρόληψη πτώσης	35
4.4.2 Ανίχνευση υπνηλίας-κόπωσης.....	36
4.4.3 Παρακολούθηση περιβαλλοντικής κατάστασης	37
4.5. Ανάλυση επιπτώσεων φορέων συσκευών Internet of Things (Ιot)	37
5. ΦΟΡΕΤΟ ΙOT ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ	38
5.1 Εφαρμογές για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης	39
5.1.1 Υγειονομική περίθαλψη και ιατρικές εφαρμογές για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης.....	39
5.1.2. Εφαρμογές επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης.....	40

5.1.3. Εφαρμογές αθλητισμού και ψυχαγωγίας για έξυπνα φορητά είδη AI	41
5.2 Οφέλη από την ενσωμάτωση AI σε φορητές συσκευές	42
5.3 Προκλήσεις και προβληματισμοί.....	43
5.4 Επιτυχείς εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στο Wearable MedTech	47
5.5 Το μέλλον της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης στα Wearables	48
6. CIOT-ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WEARABLE.....	49
6.1 Τι είναι	49
6.2 CIOT-Έρευνα.....	49
6.3 Προτάσεις	49
7. ΠΑΡΟΥΣΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΙΟΤ/ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WEARABLE ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	50
7.1 Ανάλυση δεδομένων φορετών αισθητήρων	51
7.2 Κατανάλωση ενέργειας	51
7.3 Φορητότητα.....	52
7.4 Ασφάλεια.....	52
7.5 Ασφάλεια δεδομένων.....	52
7.6 Κανονισμός	52
7.7 Απόρρητο.....	52
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	53

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

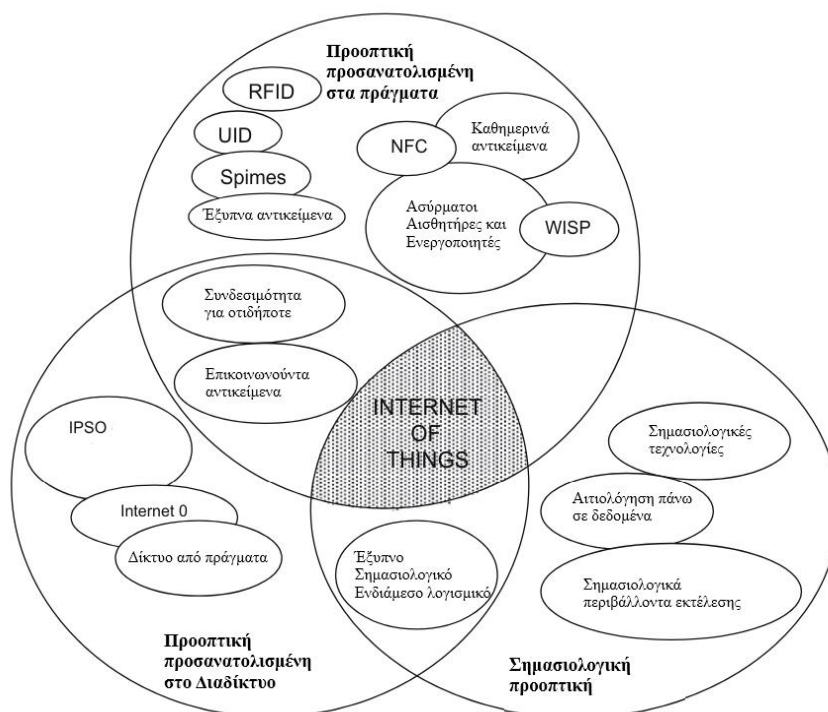
Το Internet of Things (IoT) αναφέρεται σε ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων, συσκευών, οχημάτων, κτιρίων και άλλων αντικειμένων που διαθέτουν ηλεκτρονικά συστήματα, λογισμικό, αισθητήρες και σύνδεση στο διαδίκτυο, επιτρέποντάς τους να συλλέγουν και να μεταβιβάζουν δεδομένα. Μέσω του IoT, αυτά τα αντικείμενα μπορούν να ελέγχονται απομακρυσμένα και να αλληλεπιδρούν με συστήματα υπολογιστών, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητά τους και μειώνοντας το κόστος. Το IoT βασίζεται σε τεχνολογία αισθητήρων και ενεργοποιητών που ενσωματώνονται σε έξυπνα συστήματα καθημερινής χρήσης, όπως έξυπνα σπίτια, αυτοκίνητα και κινητά τηλέφωνα, επικοινωνώντας με τον χρήστη με έξυπνο τρόπο.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) αποτελεί μια τεχνολογία με πολλές προεκτάσεις που ολοένα αναπτύσσεται. Η μετάβαση στην ψηφιακή εποχή είναι πια πραγματικότητα. Η χρησιμότητα του IoT είναι μεγάλη και η ζήτηση από τους υποψήφιους αγοραστές ακόμα μεγαλύτερη. Ως επί το πλείστον, οι άνθρωποι αποζητούν την αυτονομία σε πολλά πράγματα γύρω τους. Από ένα αυτόματο ζυπητήρι μέχρι το έξυπνο ψυγείο που θα ενημερώνει το χρήστη για βασικές ελλείψεις, η δυνατότητα ενεργοποίησης κλιματισμού πριν ακόμα ο χρήστης εισέλθει στο σπίτι. Και αυτά είναι μόνο μερικές από τις δυνατότητες που μας προσφέρει το IoT. Η χρήση του δεν παραμένει μόνο εκεί, αλλά επεκτείνεται και στις επιχειρήσεις οι οποίες εκμεταλλεύονται τη δυνατότητα αποθήκευσης και επεξεργασίας των δεδομένων που συλλέγονται από cloud συστήματα

Παγκοσμίως υπάρχουν δισεκατομμύρια συσκευές που συνδέονται στο διαδίκτυο και πολλές από αυτές επικοινωνούν μεταξύ τους και ανταλλάσσουν δεδομένα. Επομένως, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων ενσωματώνει καθημερινά “πράγματα” σε πραγματικό χρόνο στο διαδίκτυο.[106]

Στο σχήμα 1, οι κύριες έννοιες, τεχνολογίες και πρότυπα επισημαίνονται και ταξινομούνται αναφορικά με το/τα όραμα/τα IoT, συμβάλλοντας στον καλύτερο χαρακτηρισμό.

- Προοπτική προσανατολισμένη στα πράγματα
- Προοπτική προσανατολισμένη στο Διαδίκτυο
- Σημασιολογική προοπτική



Εικόνα 1. Γενική έννοια του IoT (Atzori et al., 2010) [171]

Τα wearables με δυνατότητα IoT είναι έξυπνες συσκευές που μπορούν να φορεθούν ως εξωτερικά αξεσουάρ, να ενσωματωθούν σε ρούχα και ενδύματα, να εμφυτευθούν στο σώμα ή

Φορετές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

ακόμη και να κολληθούν ή να γίνουν τατουάζ στο δέρμα. Αυτές οι συσκευές είναι σε θέση να συνδέονται στο Διαδίκτυο προκειμένου να συλλέγουν, να στέλνουν δεδομένα και να λαμβάνουν τις πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη έξυπνων αποφάσεων. Αυτά τα wearables γίνονται όλο και πιο σημαντικά για την τεχνολογία IoT και η ανάπτυξή τους μεταβαίνει από απλά αξεσουάρ σε πιο εξειδικευμένες και πρακτικές εφαρμογές. Τα έξυπνα wearables μπορούν να αλληλοεπιδράσουν με μια σειρά άλλων συσκευών όπως τα smartphones, προς όφελος των υπολογιστών και της επικοινωνίας.

Το υπόλοιπο αυτής της έρευνας οργανώνεται ως εξής.

Στο Κεφάλαιο 2, ερευνούμε την ιστορία και την εξέλιξη της τεχνολογίας wearable από τα πρώτα γυαλιά οράσεως μέχρι τα σύγχρονα έξυπνα ρολόγια και συσκευές υγείας, την εξελισσόμενη χρήση τους σε διάφορους τομείς και πώς η τεχνολογία αυτή αλλάζει τις ζωές μας. Αναλύουμε τις λειτουργικές ιδιότητες και τις εφαρμογές των φορητών συσκευών wearable, προβλέποντας ότι αυτές οι τεχνολογίες θα γίνουν πιο κοινές και εξελισσόμενες στο μέλλον. Στο Κεφάλαιο 3 ασχολούμαστε με Το Internet of Things (IoT), το δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών που ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω του Cloud, με σκοπό την επέκταση της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή μας. Προσφέρει ευκολία, αυτοματοποίηση και πολλά πλεονεκτήματα, αλλά παρουσιάζει και προκλήσεις όπως η ασφάλεια και η πολυπλοκότητα. Στο Κεφάλαιο 4 μελετούμε εκτενώς τις πιο πρόσφατες και σημαντικές ερευνητικές εργασίες που αφορούν την τεχνολογία φορητών συσκευών στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων και ταξινομούμε αυτές τις συσκευές σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: υγεία, αθλητισμός και καθημερινές δραστηριότητες, παρακολούθηση και εντοπισμός, καθώς και ασφάλεια. Στο κεφάλαιο 5 οι φορητοί ιατρικοί αισθητήρες σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη έχουν επαναπροσδιορίσει την υγειονομική περίθαλψη, προσφέροντας προληπτικές παρεμβάσεις και εξατομικευμένες θεραπείες. Στο κεφάλαιο 6 αναφέρεται στη χρήση του κυψελοειδούς IoT (CIoT) σε έξυπνα φορητά. Στο κεφάλαιο 7, η τεχνολογία φορητών συσκευών IoT και wearables προσφέρει τεράστιες ευκαιρίες για εξέλιξη στον τομέα της υγείας, του gaming, της εργασίας και της βιωσιμότητας. Με βελτιώσεις στη συλλογή ενέργειας και τη μεγαλύτερη αυτονομία των συσκευών, προκύπτουν νέες δυνατότητες στον τομέα. Παράλληλα, οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι φορητές συσκευές IoT αναδεικνύονται και χρήζουν λύσης για την περαιτέρω εξέλιξη της τεχνολογίας. Οι μελλοντικές κατευθύνσεις και συμπεράσματα παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 8.

2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WEARABLE

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρει την ιστορία και την εξέλιξη της τεχνολογίας wearable από τα πρώτα γυαλιά οράσεως μέχρι τα σύγχρονα έξυπνα ρολόγια και συσκευές υγείας. Αναφέρει την εξελισσόμενη χρήση τους σε διάφορους τομείς όπως η παρακολούθηση της υγείας, η ιατρική χρήση, η αγορά του fitness και πώς η τεχνολογία αυτή αλλάζει τις ζωές μας. Επίσης, αναλύει τις λειτουργικές ιδιότητες και τις εφαρμογές των φορητών συσκευών wearable, προβλέποντας ότι αυτές οι τεχνολογίες θα γίνουν πιο κοινές και εξελισσόμενες στο μέλλον. Τέλος, αναφέρει τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία wearable επηρεάζει την ψυχαγωγία, την υγεία, την πρόληψη των ασθενειών και την προσαρμοστικότητα των νέων και των ηλικιωμένων στην χρήση της.

2.1 Ιστορία-Εξέλιξη

Τα wearables στην πραγματικότητα εφευρέθηκαν για πρώτη φορά τον 13ο αιώνα, όταν έγιναν διαθέσιμα τα πρώτα γυαλιά οράσεως. 300 χρόνια αργότερα είχαμε τα πρώτα φορητά ρολόγια που οδήγησαν στην εφεύρεση του ρολογιού χειρός. Έχουν γίνει ανακαλύψεις ακόμη και στην Κίνα δακτυλίων άβακα.[107]

Προχωρώντας σε άλλα 300 χρόνια, είδαμε την άνοδο των πρώτων φορητών υπολογιστών, αριθμομηχανών και συσκευών μουσικής. Τα ακουστικά βοηθήματα εμφανίστηκαν στα καταστήματα κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 δημιουργώντας τους πρώτους βιονικούς

ανθρώπους. Το 2002, η τεχνολογία bluetooth επέτρεψε ασύρματες αλληλεπιδράσεις με τις συσκευές μας και έκτοτε η αγορά έχει αναπτυχθεί μαζικά.

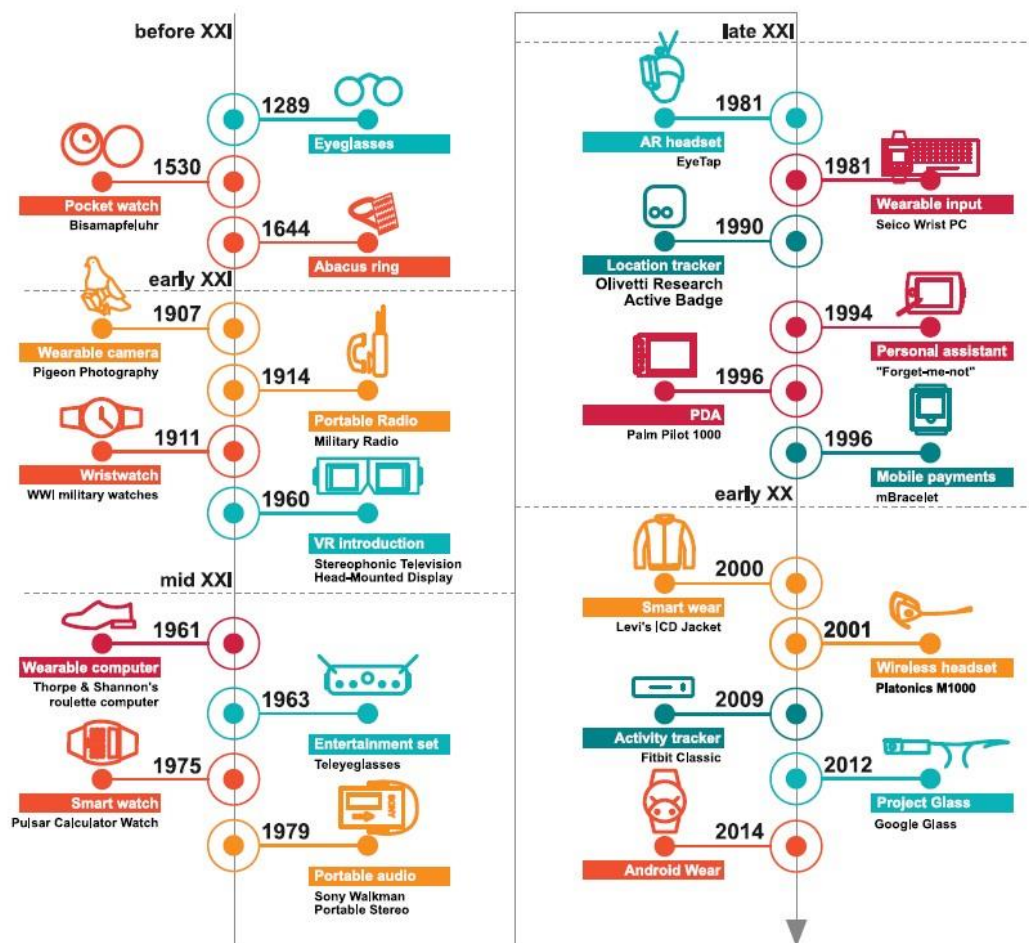
Από τις αρχές της δεκαετίας του 2000, οι φορητές κάμερες χρησιμοποιήθηκαν ως μέρος ενός αυξανόμενου κινήματος sousveillance. Οι προσδοκίες, οι λειτουργίες, η χρήση και οι ανησυχίες σχετικά με την τεχνολογία wearable διατυπώθηκαν στο πρώτο Διεθνές Συνέδριο για το Wearable Computing. Το 2008, ο Ilya Fridman ενσωμάτωσε ένα κρυφό μικρόφωνο Bluetooth σε ένα ζευγάρι σκουλαρίκια.

Το 2010, η Fitbit κυκλοφόρησε τον πρώτο μετρητή βημάτων. Η φορητή τεχνολογία που παρακολουθεί πληροφορίες όπως το περπάτημα και ο καρδιακός ρυθμός αποτελεί μέρος της ποσοτικοποιημένης αυτοκίνησης.

Το 2013, η McLearn, γνωστή και ως NFC Ring, κυκλοφόρησε την πρώτη ευρέως χρησιμοποιούμενη προηγμένη φορητή συσκευή. Το έξυπνο δαχτυλίδι θα μπορούσε να πληρώσει με bitcoin, να ξεκλειδώσει άλλες συσκευές, να μεταφέρει πληροφορίες προσωπικής ταυτοποίησης και άλλες λειτουργίες. Ο McLearn κατέχει το παλαιότερο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, που κατατέθηκε το 2012, το οποίο καλύπτει όλους τους έξυπνους δακτυλίους, με τον Joe Prencipe του Σιάτλ, WA ως μοναδικό εφευρέτη.

Το 2013, ένα από τα πρώτα ευρέως διαθέσιμα smartwatches ήταν το Samsung Galaxy Gear. Η Apple ακολούθησε το 2015 με το Apple Watch. [108]

Τα wearables που γνωρίζουμε σήμερα αντιμετωπίζονται ως επί το πλείστον ως έξυπνες εξορισμού συσκευές. Οι άνθρωποι τείνουν να ξεχνούν ότι η «εξυπνάδα» δεν ορίζεται πάντα από την επεξεργασία των δεδομένων σε ένα τσιπ, αλλά μάλλον από την παροχή μιας καλύτερης εμπειρίας για τους πραγματικούς χρήστες. [109] Η εξέλιξη απεικονίζεται γραφικά στην Εικόνα 2.

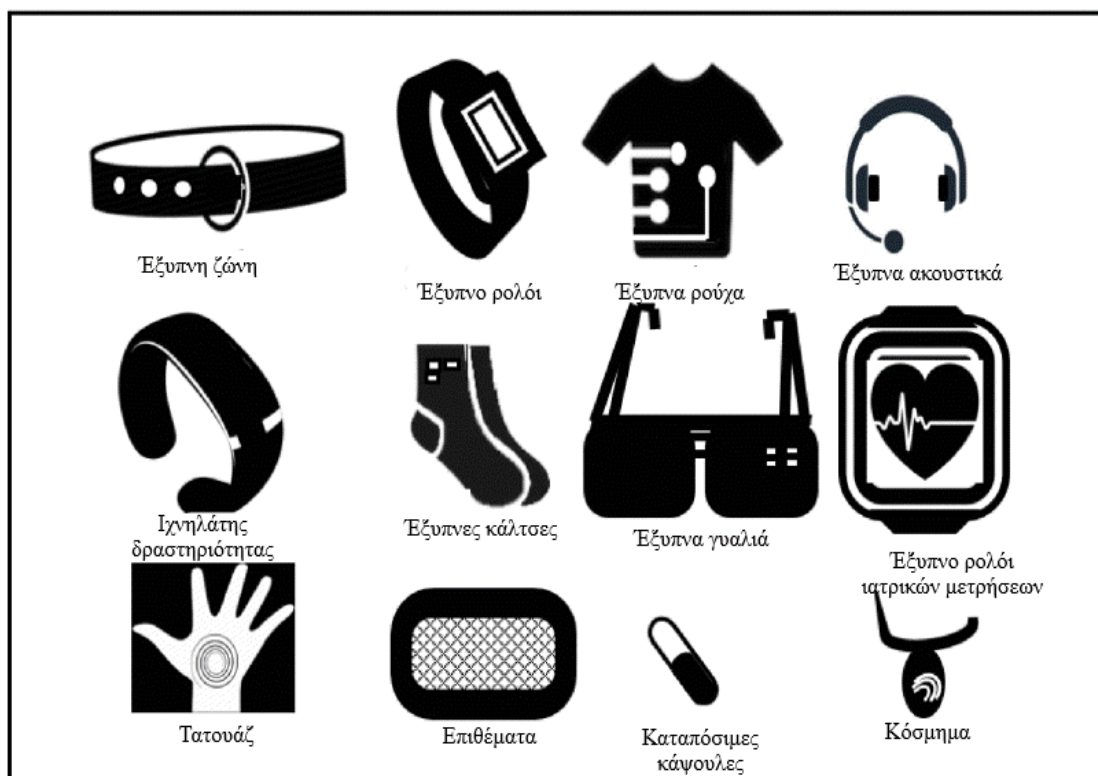


Εικόνα 2. Ορόσημα της εξέλιξης των φορετών συσκευών.

2.2 WEARABLES-οι έξυπνες συσκευές που φοριούνται

Λόγω της κινητικότητας του ανθρώπου και των ζώων, οι έξυπνες φορητές συσκευές γίνονται ολοένα και πιο σημαντικές, καθώς μπορούν να συλλέγουν και να στέλνουν τα δεδομένα εν κινήσει και κατά συνέπεια να λαμβάνουν πληροφορίες από το Διαδίκτυο ώστε να βοηθούν στη λήψη εξυπνότερων αποφάσεων. Η χρήση έξυπνων φορητών συσκευών μπορεί να φέρει αποτελεσματικότητα και βελτιστοποίηση των εφαρμογών, βελτίωση της ποιότητας ζωής και αύξηση της παραγωγικότητας ή της ασφάλειας.

Οι εξελίξεις στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας χαμηλής ισχύος, η μείωση του μεγέθους των ηλεκτρονικών συσκευών και των αισθητήρων, καθώς και τα πλεονεκτήματα που μπορούν να προσφέρουν τα έξυπνα wearables έχουν επιτρέψει την ανάπτυξη τους με γρήγορους ρυθμούς. Γίναμε μάρτυρες μιας ταχείας ανάπτυξης έξυπνων φορητών προϊόντων προσαρμοσμένων για διάφορες εφαρμογές τα τελευταία χρόνια. Έξυπνα ρολόγια, βραχιόλια, έξυπνα γυαλιά, ακουστικά headsets, ακουστικά ψείρες, διάφοροι μάντες σώματος, συσκευές που φοριούνται στα πόδια και τα χέρια και έξυπνα κοσμήματα είναι μερικά από τα wearables που έχουν αναπτυχθεί για διαφορετικές εφαρμογές (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Διαφορετικά wearables που αναπτύχθηκαν για διάφορες εφαρμογές

Οι ιχνηλάτες δραστηριότητας άσκησης ήταν το πρώτο μεγάλο κύμα φορητών συσκευών στην αγορά, ακολούθησαν τα ακουστικά Bluetooth, τα smartwatches και τα γυαλιά με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο. Η βιομηχανία παιχνιδιών πρόσθεσε περισσότερα wearables, με ακουστικά εικονικής πραγματικότητας και επαυξημένης πραγματικότητας. Ωστόσο, οι σημαντικές εφαρμογές που αλλάζουν τη ζωή στην τεχνολογία wearable εντοπίζονται κυρίως σε περιπτώσεις παρακολούθησης της υγείας και ιατρικής χρήσης.

- **FITNESS TRACKERS: ΠΕΡΑ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΒΗΜΑΤΩΝ**

Οι ιχνηλάτες γυμναστικής έχουν διανύσει πολύ δρόμο από την έναρξή τους. Όχι πλέον μόνο για τη μέτρηση βημάτων, αυτοί οι ιχνηλάτες υγειονομικής περίθαλψης μετρούν πλέον τα πάντα, από τον καρδιακό ρυθμό μέχρι την ποιότητα του ύπνου. Με προηγμένους αισθητήρες, παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την καθημερινή μας υγεία και ευεξία, καθιστώντας τους ένα απαραίτητο εργαλείο για όποιον θέλει να βελτιώσει τη φυσική του κατάσταση.

- **ΕΞΥΠΝΟ ΡΟΛΟΙ ΚΑΙ ΜΠΑΝΤΕΣ: Ο ΣΥΝΤΡΟΦΟΣ ΣΑΣ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ**

Το Apple Watch και άλλες έξυπνες μπάντες υγείας έχουν φέρει επανάσταση στην τεχνολογία φορητών συσκευών. Δεν παρακολουθούν μόνο τη σωματική δραστηριότητα αλλά παρακολουθούν και ζωτικά σημεία και εντοπίζουν ακόμη και ακανόνιστους καρδιακούς ρυθμούς. Με τη δυνατότητα συγχρονισμού με τα smartphone μας, αυτές οι συσκευές προσφέρουν μια βολική και ολοκληρωμένη εικόνα της υγείας μας στα χέρια μας.

- **ΕΞΥΠΝΑ ΕΝΔΥΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ: Η ΑΝΕΣΗ ΣΥΝΑΝΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΥΓΕΙΑΣ**

Έξυπνα ρούχα υγείας, όπως εξοπλισμός προπόνησης και ενδύματα ύπνου με ενσωματωμένο αισθητήρα, προσφέρουν έναν απρόσκοπτο τρόπο παρακολούθησης ζωτικής σημασίας στατιστικών στοιχείων. Αυτά τα ρούχα μπορούν να μετρήσουν φυσιολογικά σήματα όπως ο καρδιακός ρυθμός, ο ρυθμός αναπνοής και η θερμοκρασία του σώματος, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της υγείας σας ενώ κάνετε τις καθημερινές σας δραστηριότητες.

- **ΒΙΟΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΑ: ΟΙ ΑΟΡΑΤΟΙ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΕΣ ΥΓΕΙΑΣ**

Οι βιοαισθητήρες και τα εμφυτεύματα είναι τα καλύτερα ιατρικά φορέματα για συνεχή και επεμβατική παρακολούθηση. Αυτές οι συσκευές μπορούν να παρακολουθούν μια σειρά παραμέτρων υγείας, συμπεριλαμβανομένων των επιπέδων γλυκόζης σε ασθενείς με διαβήτη ή Φορετές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

της καρδιακής λειτουργίας σε ασθενείς με καρδιοπάθεια. Παρέχοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, επιτρέπουν την προληπτική διαχείριση της υγείας.

- **WEARABLE TECH ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΡΟΝΙΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ**

Η τεχνολογία φορητών συσκευών έχει αποδειχθεί ότι αλλάζει το παιχνίδι για τη διαχείριση χρόνιων ασθενειών. Συσκευές όπως συσκευές παρακολούθησης γλυκόζης για διαβητικούς και φορητές συσκευές παρακολούθησης ΗΚΓ για καρδιοπαθείς παρέχουν συνεχή παρακολούθηση, ειδοποιώντας τους χρήστες και τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης τους για τυχόν ανωμαλίες και διευκολύνοντας την έγκαιρη παρέμβαση.

Από απλές συσκευές παρακολούθησης της σωματικής δραστηριότητας έως προηγμένη ιατρική τεχνολογία που παρακολουθεί ζωτικά σημεία, πρότυπα ύπνου και πολλά άλλα, αυτή η εξέλιξη έχει συμβάλει καθοριστικά στη βελτίωση των αποτελεσμάτων της υγείας και στην προώθηση της προληπτικής υγειονομικής περίθαλψης.

Κάνοντας ένα τεράστιο άλμα σε αυτή την εξέλιξη, το Neuralink του Elon Musk εφάρμοσε πρόσφατα το πρώτο εμφύτευμα εγκεφάλου. Αυτή η πρωτοποριακή εξέλιξη ανοίγει δυνατότητες για τη θεραπεία νευρολογικών διαταραχών και ανοίγει το δρόμο για πιθανές εξελίξεις στη γνωστική ενίσχυση.

2.3 «ΦΟΡΕΤΕΣ» συσκευές σύμφωνα με τις λειτουργικές ιδιότητες και τις δυνατότητες τους.

Οι «φορετές» συσκευές μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τη λειτουργία, την εμφάνισή τους, την εγγύτητά τους στο ανθρώπινο σώμα και άλλες παραμέτρους [110],[111]. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) ταξινομούνται οι «φορετές» συσκευές σύμφωνα με τις λειτουργικές ιδιότητες τους και τις δυνατότητές τους.

ΤΥΠΟΣ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
Έξυπνο ρολόι	<ul style="list-style-type: none"> • χαμηλή ισχύς λειτουργίας • φιλική προς το χρήστη διεπαφή με εντολές αφής και φωνής 	<ul style="list-style-type: none"> • εμφανίζει συγκεκριμένες πληροφορίες • πληρωμή • παρακολούθηση φυσικής κατάστασης/δραστηριότητας • επικοινωνία • πλοήγηση 	<ul style="list-style-type: none"> • επιχείρηση, διοίκηση • μάρκετινγκ, ασφάλιση • επαγγελματικό άθλημα, προπόνηση • εκπαίδευση • ενημέρωση ψυχαγωγίας
Έξυπνα γυαλιά	<ul style="list-style-type: none"> • ελέγχεται με το άγγιγμα της οθόνης, την κίνηση του κεφαλιού, τη φωνητική εντολή και το κούνημα του χεριού • χαμηλή ισχύς λειτουργίας • στέλνει τον ήχο απευθείας στο αυτί 	<ul style="list-style-type: none"> • οραματισμός • γλωσσική διερμηνεία • επικοινωνία • συντονισμός εργασιών 	<ul style="list-style-type: none"> • χειρουργική επέμβαση αεροδιαστημική και άμυνα • επιμελητεία εκπαίδευση • ενημέρωση ψυχαγωγίας
Ιχνηλάτης δραστηριότητας	<ul style="list-style-type: none"> • υψηλή ακρίβεια • αδιάβροχο • πυγμάχος ελαφρού βάρους • ασύρματη επικοινωνία 	<ul style="list-style-type: none"> • φυσιολογική ευεξία • πλοήγηση • παρακολούθηση φυσικής κατάστασης/δραστηριότητας 	<ul style="list-style-type: none"> • σωματική κατάσταση • φροντίδα υγείας • -επαγγελματικό άθλημα • υπαίθρια/εσωτερικά αθλήματα

Φορετές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

		<ul style="list-style-type: none"> • παρακολούθηση καρδιακών παλμών 	
Έξυπνος ρουχισμός	<ul style="list-style-type: none"> • Καμία οπτική αλληλεπίδραση με τον χρήστη μέσω οθόνης ή οθόνης • Τα δεδομένα λαμβάνονται από αισθητήρες σώματος και ενεργοποιητές 	<ul style="list-style-type: none"> • Καρδιακός ρυθμός, καθημερινές δραστηριότητες, παρακολούθηση θερμοκρασίας και θέσης σώματος • Θέρμανση ή ψύξη του σώματος • αυτόματη πληρωμή 	<ul style="list-style-type: none"> • επαγγελματικό άθλημα-γυμναστική • φάρμακο • Στρατός • επιμελητεία
Φορητή κάμερα	<ul style="list-style-type: none"> • πραγματοποίηση σύλληψης σε πρώτο πρόσωπο • προσαρμοσμένο σε ρούχα ή σώμα • μικρότερες διαστάσεις • νυχτερινή όραση 	<ul style="list-style-type: none"> • Καταγράφει φωτογραφίες και βίντεο πρώτου προσώπου σε πραγματικό χρόνο • ζωντανή μετάδοση • παρακολούθηση φυσικής κατάστασης/δραστηριότητας 	<ul style="list-style-type: none"> • άμυνα • σωματική κατάσταση • βιομηχανία • εκπαίδευση
Φορητές συσκευές Ιατρικών μετρήσεων	<ul style="list-style-type: none"> • διαχείριση του πόνου • φυσιολογική παρακολούθηση • παρακολούθηση γλυκόζης • παρακολούθηση ύπνου • παρακολούθηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας 	<ul style="list-style-type: none"> • καρδιαγγειακές παθήσεις • φυσιολογικές διαταραχές • χρόνιες ασθένειες; Διαβήτης • χειρουργική επέμβαση • νευροεπιστήμη • δερματολογία • Αναμόρφωση 	<ul style="list-style-type: none"> • σωματική κατάσταση • καρδιαγγειακή ιατρική • ψυχιατρική • χειρουργική επέμβαση • ογκολογία • δερματολογία • αναπνευστική

Πίνακας 1. Ταξινόμηση Wearable Devices με βάση τις Ιδιότητες, Ικανότητες και Εφαρμογές Πηγή: Mardonova, M., & Choi, Y. (2018). Review of Wearable Device Technology and Its Applications to the Mining Industry. Energies, 11(3), 547

Υπάρχουν πολλές μελέτες που έχουν εξετάσει διαφορετικές πτυχές των φορητών τεχνολογιών. Για παράδειγμα, το [1] παρέχει μια έρευνα για τα διαθέσιμα προϊόντα στην αγορά ως καθώς και τα ερευνητικά πρωτότυπα. Οι συγγραφείς στο [2] ερεύνησαν όλα τα υπάρχοντα ηλεκτρονικά εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό των ειδών ένδυσης που χρησιμοποιούνται στις φορητές συσκευές. Το άρθρο στο [3] παρουσιάζει μια έρευνα των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στις φορητές συσκευές.

Δεδομένου ότι οι φορητές συσκευές IoT λειτουργούν με μπαταρία, η κατανάλωση ενέργειας θεωρείται σημαντικός παράγοντας σχεδιασμού. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι μια φορητή συσκευή δεν μπορεί να εκτελέσει περίπλοκες επεξεργασίες ή ότι περιορίζεται στον όγκο των δεδομένων που μεταδίδει λόγω της μεγάλης ποσότητας ενέργειας που θα καταναλωθεί σε αυτές τις περιπτώσεις. Γενικά, εάν η φορητή συσκευή IoT εκτελεί μεγάλο όγκο επεξεργασίας ή μεταδίδει μεγάλο όγκο δεδομένων, τότε η μπαταρία της πρέπει να φορτίζεται πιο συχνά. Αυτό είναι δυνατό σε πολλές εφαρμογές και περιπτώσεις χρήσης. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που η φορητή συσκευή IoT χρησιμοποιείται για την ανίχνευση πτώσης, η συσκευή μπορεί να φορηθεί κατά τη διάρκεια του χρόνου που ο χρήστης δεν κοιμάται και μπορεί να φορτίζει κατά τη διάρκεια του ύπνου του. Με την ίδια λογική, οι φορητές συσκευές IoT που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια μιας αθλητικής δραστηριότητας, μπορούν να εξαντλούν την μπαταρία κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας που είναι συνήθως μερικές ώρες και έπειτα εύκολα να φορτιστούν στη συνέχεια. Είναι σαφές ότι εάν μια φορητή συσκευή IoT χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της τροχιάς ενός πουλιού μέσα σε ένα χρόνο, δεν χρειάζεται μόνο να περιορίσουμε την ποσότητα επεξεργασίας και μετάδοσης δεδομένων, αλλά και να προσπαθήσουμε να βρούμε μεθόδους συλλογής ενέργειας για να αυξήσουμε τη διάρκεια του κύκλου ζωής της μπαταρίας.

Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

Η τεχνολογία wearable IoT μπορεί να προσφέρει ατελείωτες ευκαιρίες για πολλές εφαρμογές. Ωστόσο, η πραγματική δύναμη του wearable IoT θα γίνει αντιληπτή όταν θα υπάρχει διαθέσιμο ένα ολοκληρωμένο σύστημα IoT. Για το λόγο αυτό, οι περισσότερες από τις υπάρχουσες ερευνητικές εργασίες συνδέονται στο Διαδίκτυο με μία από τις ακόλουθες δύο μορφές.

Πρώτον, το wearable IoT στέλνει τα δεδομένα του στο cloud ή ένας διακομιστής στο Διαδίκτυο που θα αποθηκεύει τα δεδομένα για επεξεργασία εκτός σύνδεσης στο μέλλον. Η δεύτερη μορφή είναι να αφαιρέσει μέρος του υπολογισμού από τη φορητή συσκευή. Σε αυτή τη μορφή, η φορητή συσκευή IoT στέλνει τα δεδομένα της στο Διαδίκτυο για ηλεκτρονική επεξεργασία και κατά συνέπεια η συσκευή IoT θα λάβει κάποιες πληροφορίες που τη βοηθούν να λειτουργήσει. Η επικράτηση του wearable IoT μπορεί να αναγνωριστεί πλήρως όταν θα έχουμε ενσωματώσει πλατφόρμες IoT και όταν θα επιλυθούν πολλά ζητήματα σχετικά με την ιδιοκτησία των δεδομένων, τις πολιτικές για την κοινή χρήση δεδομένων, τα ζητήματα απορρήτου και ασφάλειας.

Η πλειοψηφία της έρευνας στον τομέα του φορητού IoT χρησιμοποιεί τεχνολογίες επικοινωνίας μικρής εμβέλειας χωρίς άδεια, όπως WiFi και Bluetooth, κυρίως για να παρακολουθεί την υγεία, τη δραστηριότητα, την τοποθεσία του χρήστη και να διασφαλίζει την ασφάλειά του. Ωστόσο, η εφαρμογή τέτοιων λύσεων περιορίζεται στη χρήση πύλης ή κινητής συσκευής για σύνδεση στο Διαδίκτυο. Με την εμφάνιση των τεχνολογιών κινητής τηλεφωνίας IoT (π.χ. LTE-M και NBIoT) που εισήχθησαν στην Έκδοση 3rd Generation Partnership Project (3GPP) 13, αναμένεται να προταθούν νέες μέθοδοι και εφαρμογές για φορητές συσκευές IoT.

Τα έξυπνα ρολόγια και οι συσκευές γυμναστικής γνωρίζουν ότι κυριαρχούν στην αγορά. Υπάρχουν επίσης άλλα προϊόντα που μπορούν να παρακολουθούν τις επιληπτικές κρίσεις και την έκθεση των ασθενών στο ηλιακό φως. Η βιομηχανία φορητών συσκευών φαίνεται έτοιμη να επεκταθεί. Μπορούμε να περιμένουμε ότι τα wearables θα είναι δεύτερα μετά τα smartphone στη βιομηχανία καταναλωτικών ηλεκτρονικών ειδών τα επόμενα χρόνια. Οι αυτόνομες συσκευές φαίνονται έτοιμες να πιάσουν φωτιά, καθώς η ισχύς επεξεργασίας φαίνεται να βελτιώνεται σημαντικά. Τα πρόσθετα εφαρμογών θα κάνουν τα wearables πιο προσαρμοσμένα στους χρήστες, όπως τα κινητά τηλέφωνα. Τα wearables θα κυριαρχήσουν κυρίως στην αγορά του fitness. Υπήρξε μια μνημειώδης άνοδος στον κόσμο της φυσικής κατάστασης. Οι συσκευές που παρακολουθούν την πρόοδό μας θα βελτιωθούν και θα γίνουν ακόμη πιο σημαντικές και δημοφιλείς. Θα μπορούμε να εισάγουμε τα βιολογικά μας δεδομένα και το wearable θα δημιουργήσει ειδικά προγράμματα για να βελτιώσει τη φυσική μας κατάσταση. Η υγειονομική περίθαλψη είναι ένας άλλος τομέας που φαίνεται ότι θα βελτιωθεί με τη νέα τεχνολογία φορητών συσκευών. Τα Wearables θα μπορούν να παρακολουθούν όλα τα διαφορετικά είδη ζητημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Οι εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης επενδύουν τεράστια ποσά μετρητών σε αυτές τις τεχνολογίες, με αποτέλεσμα να περιμένουμε τεράστιες εξελίξεις τα επόμενα χρόνια. Η φορητή τεχνολογία θα μας επιτρέψει να εμπλακούμε περισσότερο σε μορφές ψυχαγωγίας όπως η τηλεόραση και τα βιντεοπαιχνίδια. Μπορούμε να φανταστούμε ένα σενάριο να αισθανόμαστε και να μυρίζουμε πράγματα καθώς προχωρά η ταινία. Η χρήση τεχνολογίας που μπορεί να μας επιτρέψει να συμμετέχουμε φυσικά σε αυτές τις διασκεδαστικές και αλληλεπιδραστικές δραστηριότητες θα μπορούσε να φέρει επανάσταση στη βιομηχανία της ψυχαγωγίας. Οι νέοι επιθυμούν τη φορητή τεχνολογία στη ζωή τους, ενώ οι ηλικιωμένοι μπορεί πραγματικά να βασίζονται σε αυτήν. Μοιάζει με μια win win κατάσταση για εταιρείες τεχνολογίας φορητών συσκευών. Για να συνεχιστούν αυτές οι τάσεις, οι τεχνολογικοί γίγαντες θα πρέπει να συνεχίσουν να αναπτύσσουν και να δημιουργούν καινοτόμες ιδέες για το μέλλον αυτής της συναρπαστικής και επεκτεινόμενης βιομηχανίας.[107]

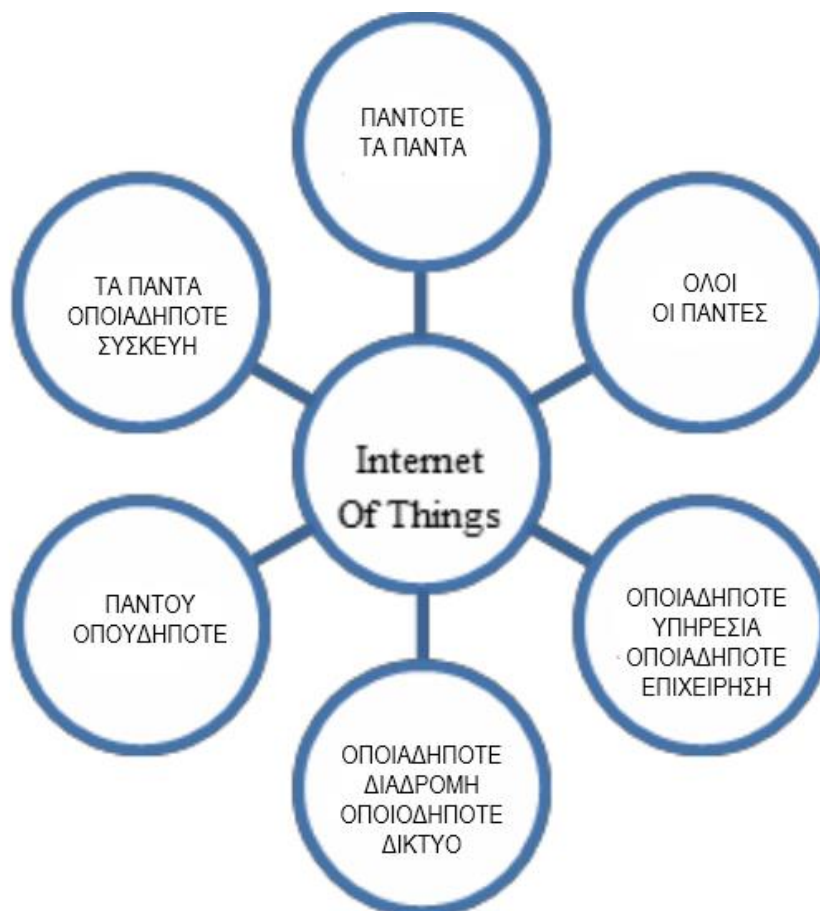
3. ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ

Το Internet of Things (IoT) είναι ένα συστηματικό δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών που ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω του Cloud. Σκοπός του είναι η επέκταση της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή μας, με εφαρμογές σε διαφορετικούς τομείς όπως η υγεία, η περίθαλψη, η οικιακή αυτοματισμός και η έξυπνη γεωργία. Το IoT φέρνει αυτοματοποίηση, ευκολία και πολλά πλεονεκτήματα όπως εξοικονόμηση χρήματος και χρόνου, βελτίωση της ποιότητας ζωής και επιχειρηματικές ευκαιρίες. Ωστόσο, υπάρχουν και μειονεκτήματα όπως η ασφάλεια, η

πολυπλοκότητα και ο έλεγχος της ζωής από την τεχνολογία. Η διευκόλυνση της επέκτασης και η βελτιστοποίηση της λειτουργίας του IoT είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική χρήση του.

3.1 Τι είναι το Internet of Things

Το Internet of Things (IoT) αναφέρεται στο δίκτυο συσκευών που συνδέονται μεταξύ τους και ανταλλάσσουν δεδομένα. Αυτές οι συσκευές μπορεί να είναι οποιοδήποτε φυσικό αντικείμενο που συνδέεται στο internet και μπορεί να επικοινωνεί με άλλες συσκευές. Το IoT αποτελεί μια εξελισσόμενη τεχνολογία που επηρεάζει την καθημερινή μας ζωή. Καθώς οι συσκευές συνδέονται μεταξύ τους, το Internet of Things εξελίσσεται δημιουργώντας νέα επίπεδα αλληλεπίδρασης και αυτοματισμού. Οι χρήσεις του ποικίλουν από φορητούς ιχνηλάτες γυμναστικής έως αυτόνομα οχήματα και εξαπλώνονται ραγδαία, δίνοντας τη δυνατότητα για τη δημιουργία νέων προϊόντων και υπηρεσιών.



Εικόνα 4 Ορισμός του IoT Study of IoT: Understanding IoT Architecture, Applications, Issues and Challenges Soumyalatha, Shruti G Hegde Assistant Professor, Department of Computer Science and Engineering Brindavan College of Engineering, Bangalore-63, India

Το Internet of Things (IoT) αναφέρεται σε ένα δίκτυο φυσικών συσκευών και αντικειμένων που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους μέσω αισθητήρων και λογισμικού, επιτρέποντάς τους να ανταλλάσσουν δεδομένα. Αυτές οι συσκευές μπορούν να προγραμματιστούν για να εκτελούν διάφορες λειτουργίες. Η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας μπορεί να αλλάξει ριζικά τον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων, προσφέροντας τους τη δυνατότητα να προσφέρουν περισσότερη αξία στους πελάτες τους.

Οι συσκευές IoT—γνωστές και ως «έξυπνα αντικείμενα»—μπορούν να κυμαίνονται από απλές συσκευές «έξυπνου σπιτιού», όπως έξυπνοι θερμοστάτες, έως φορητές συσκευές όπως έξυπνα Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

ρολόγια και ρούχα με δυνατότητα RFID, έως πολύπλοκα βιομηχανικά μηχανήματα και συστήματα μεταφοράς.

Το Internet των Πραγμάτων (IoT) έχει ευρεία διάδοση σε διάφορους τομείς, όπως οι μεταφορές, η κατασκευή και οι οργανισμοί κοινής ωφελείας. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές εφαρμογές και σε άλλους τομείς, όπως η γεωργία, οι υποδομές και ο οικιακός αυτοματισμός. Για παράδειγμα, οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν αισθητήρες IoT για να παρακολουθούν την κατάσταση του εδάφους. Επιπλέον, οι εφαρμογές IoT μπορούν να υποστηρίξουν τους γιατρούς στην παρακολούθηση της υγείας των ασθενών τους από απόσταση, επιτρέποντάς τους να εντοπίζουν αλλαγές που ενδέχεται να επηρεάσουν την κατάστασή τους..

Με την ανάπτυξη των συσκευών IoT, η σημασία των δεδομένων που αυτές παράγουν αυξάνεται συνεχώς για τις εταιρείες. Αυτές οι πληροφορίες επιτρέπουν στις εταιρείες να προβλέψουν με μεγαλύτερη ακρίβεια πιθανές βλάβες στον εξοπλισμό τους και να μειώσουν τις επιπτώσεις στη λειτουργία τους. Επιπλέον, τα δεδομένα που συλλέγονται από τις συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ερευνητικούς σκοπούς, βοηθώντας τους ερευνητές να κατανοήσουν καλύτερα τις ανάγκες και τις προτιμήσεις των καταναλωτών..

Το Internet of Things (IoT) επιτρέπει σε αυτές τις έξυπνες συσκευές να επικοινωνούν μεταξύ τους και με άλλες συσκευές που συνδέονται στο Διαδίκτυο. Μέσω των smartphone και των πυλών, δημιουργείται ένα τεράστιο δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών που μπορούν να ανταλλάσσουν δεδομένα και να εκτελούν αυτόματα διάφορες λειτουργίες. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει:

- Παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών στα αγροκτήματα
- διαχείριση μοτίβων κυκλοφορίας με έξυπνα αυτοκίνητα και άλλες έξυπνες συσκευές αυτοκινήτου
- τον έλεγχο μηχανών και διαδικασιών στα εργοστάσια
- παρακολούθηση αποθεμάτων και αποστολών σε αποθήκες

Οι πιθανές εφαρμογές της Τεχνολογίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) είναι απεριγράπτα μεγάλες και ποικίλες, με τον αντίκτυπό τους να είναι ήδη αισθητός σε πολλούς τομείς, όπως η βιομηχανία, οι μεταφορές, η υγειονομική περίθαλψη και η γεωργία. Καθώς ο αριθμός των συσκευών που συνδέονται στο Διαδίκτυο συνεχίζει να αυξάνεται, το IoT αναμένεται να παίξει όλο και πιο σημαντικό ρόλο στη μεταμόρφωση της καθημερινότητάς μας, επηρεάζοντας τον τρόπο ζωής, εργασίας και αλληλεπίδρασης μας.

Στο πλαίσιο μιας επιχείρησης, οι συσκευές IoT χρησιμοποιούνται για την επίβλεψη πολλών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ποιότητα του αέρα, η κατανάλωση ενέργειας και η απόδοση του εξοπλισμού. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να εξεταστούν άμεσα προκειμένου να ανιχνευθούν μοτίβα, τάσεις και ανωμαλίες που μπορεί να βοηθήσουν τις επιχειρήσεις να βελτιώσουν τις δραστηριότητές τους και να αυξήσουν την απόδοσή τους..

3.2 Πως λειτουργεί το Iot

Ένα σύστημα IoT αποτελείται από συσκευές που επικοινωνούν μεταξύ τους και ανταλλάσσουν πληροφορίες μέσω του Cloud. Όταν δεδομένα φτάσουν στο Cloud, το εκάστοτε λογισμικό τα επεξεργάζεται και αποφασίζει τι ενέργεια θα κάνει, όπως το να στείλει μια ειδοποίηση ή να κάνει μια αλλαγή χωρίς τη παρέμβαση του χρήστη.

Πιο συγκεκριμένα, ένα τυπικό σύστημα IoT απαρτίζεται από τα τρία παρακάτω στοιχεία:

- **Έξυπνες συσκευές**

Όταν μιλάμε για έξυπνες συσκευές ή αλλιώς smart devices, εννοούμε συσκευές που τους έχει δοθεί μια υπολογιστική ικανότητα.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι συσκευές αυτές (τηλεοράσεις, κάμερες κτλ) να συλλέγουν δεδομένα από το περιβάλλον τους, καθώς και να σχηματίζουν μοτίβα δεδομένων, με σκοπό να τα επικοινωνήσουν μέσω του internet.

- **Εφαρμογές IoT**

Φορετές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

Μια εφαρμογή Internet of Things είναι μια συλλογή συσκευών και λογισμικών που λαμβάνουν και στέλνουν δεδομένα. Χρησιμοποιεί μάλιστα μηχανική μάθηση και τεχνητή νοημοσύνη, ώστε να αναλύσει κατάλληλα τα δεδομένα αυτά και να λάβει τις σωστές αποφάσεις. Οι αποφάσεις αυτές επικοινωνούνται πίσω στην συσκευή IoT και αυτή ανταποκρίνεται έξυπνα στα inputs που δέχεται.

- **User Interface (UI)**

Κάθε συσκευή που επικοινωνεί με τον χρήστη, πρέπει να έχει και το κατάλληλο UI που θα επιτρέψει την επικοινωνία αυτή. Για παράδειγμα, όταν χρησιμοποιούμε μια εφαρμογή στο κινητό δεν αλληλοεπιδρούμε με τον κώδικα που βρίσκεται “πίσω από αυτή”, αλλά με οτιδήποτε βρίσκεται “μπροστά από αυτή” και ονομάζεται User Interface.

Για να πραγματοποιηθεί το Internet of Things, πολλές τεχνολογίες συνεργάζονται μεταξύ τους.

1. *Αισθητήρες και ενεργοποιητές:*

Οι αισθητήρες ανιχνεύουν αλλαγές στο περιβάλλον, ενώ οι ενεργοποιητές προκαλούν φυσικές μεταβολές. Αυτές οι συσκευές είναι ουσιώδεις στο Internet of Things, καθώς επιτρέπουν σε μηχανές και συσκευές να αλληλεπιδρούν με τον πραγματικό κόσμο. Η αυτοματοποίηση γίνεται δυνατή μέσω αυτών των συσκευών, οι οποίες λύνουν προβλήματα χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης επέμβασης.

2. *Τεχνολογίες συνδεσιμότητας:*

Για τη μεταφορά πληροφοριών από αισθητήρες και ενεργοποιητές στο cloud μέσω του διαδικτύου, οι συσκευές IoT πρέπει να είναι συνδεδεμένες. Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες σύνδεσης που χρησιμοποιούνται στον κόσμο του IoT, όπως το wifi, το Bluetooth, οι κινητές τηλεφωνίες, το Zigbee και το LoRaWAN..

3. *Cloud computing:*

Το cloud αποτελεί τον χώρο όπου αποθηκεύονται, επεξεργάζονται και αναλύονται οι τεράστιες ποσότητες δεδομένων που παράγονται από συσκευές Internet of Things (IoT). Οι υπηρεσίες cloud computing προσφέρουν την υποδομή και τα εργαλεία που απαιτούνται για την αποθήκευση και ανάλυση αυτών των δεδομένων, καθώς επίσης και για την δημιουργία και ανάπτυξη εφαρμογών IoT.

4. *Big data analytics:*

Για να αντιληφθούν τις τεράστιες ποσότητες πληροφοριών που δημιουργούνται από τις συσκευές IoT, οι επιχειρήσεις θα πρέπει να χρησιμοποιούν εξελιγμένα εργαλεία ανάλυσης που θα τους επιτρέπουν να αντλούν πληροφορίες και να αναγνωρίζουν πρότυπα. Αυτά τα εργαλεία μπορεί να περιλαμβάνουν αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων και προγνωστικά μοντέλα ανάλυσης..

5. *Τεχνολογίες ασφάλειας και απορρήτου:*

Καθώς η τεχνολογία του Internet of Things εξαπλώνεται όλο και περισσότερο, η ασφάλεια και η προστασία του απόρρητου γίνονται ολοένα και πιο κρίσιμα θέματα. Η χρήση της κρυπτογράφησης, των μεθόδων ελέγχου πρόσβασης και των μηχανισμών ανίχνευσης εισβολών αποτελεί αναγκαία πρακτική για τη διασφάλιση της ασφάλειας των συσκευών IoT και των δεδομένων τους από επιθέσεις κυβερνοεγκλημάτων.

3.3 Εφαρμογές IoT

Μερικές από τις σημαντικότερες εφαρμογές παρατίθενται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

ΥΓΕΙΑ/ΠΕΡΙΘΑΛΨΗ	Παρακολούθηση ασθενών υγειονομικής περίθαλψης / ιατρικού πεδίου κατάσταση υγείας σε πραγματικό χρόνο, διαλογή
ΕΚΤΑΚΤΗ ΑΝΑΓΚΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ	Παγκόσμια παρακολούθηση προσωπικού (τοποθεσία, υγεία), σχεδιασμός πόρων, διαχείριση και διανομή πόρων, ανίχνευση έκρηξης και επικίνδυνων αερίων, ανίχνευση επιπέδου ακτινοβολίας, παρακολούθηση υγρών σε κέντρα δεδομένων

Φορετές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΛΗΘΟΥΣ	Επίβλεψη παρακολούθησης μη εξουσιοδοτημένων και περιορισμένων ατόμων πλήθους, τεράστια εποπτεία πλήθους, διαχείριση κινδύνου, επαρκής χρήση δημόσιων χώρων, ροή εργασίας σε εμπορικά περιβάλλοντα
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	Έξυπνες Μεταφορές μέσω Κυκλοφορίας σε Πραγματικό Χρόνο, Βελτιστοποίηση Διαδρομής
ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	Οι αισθητήρες εποπτείας υποδομής ταιριάζουν στην υποδομή για την επίβλεψη της δομικής κόπωσης, την επίβλεψη ατυχημάτων για τη διαχείριση συμβάντων και τον συντονισμό αποτελεσμάτων έκτακτης ανάγκης
ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΝΕΡΟΥ	Ποιότητα, Χρήση, Διαχείριση Αποβλήτων, Διανομή
ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	Διαχείριση ελέγχου ταπεινότητας, θερμοκρασία, επίβλεψη δραστηριότητας, εξαερισμός, διαχείριση χρήσης ενέργειας
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	Παρακολούθηση θορύβου περιβάλλοντος ατμοσφαιρική ρύπανση, παρακολούθηση βιομηχανίας
ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ	Παρακολούθηση χώρων στάθμευσης έξυπνων πόλεων, δονήσεις, γέφυρες, υλικές συνθήκες και παρακολούθηση ιστορικών μνημείων, παρακολούθηση σε κτίρια, συσκευές Android, ανίχνευση iPhone, μέτρηση ακτινοβολούμενης ενέργειας, όχημα παρακολούθησης κυκλοφορίας, παρακολούθηση στάθμης Pedestrian
ΕΞΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	Παρακολούθηση υγρασίας εδάφους έξυπνης γεωργίας, παρακολούθηση θερμοκηπίων, έλεγχος επιπέδων υγρασίας και θερμοκρασίας και μελέτη καιρικών συνθηκών
ΟΙΚΙΑΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ	Παρακολούθηση κατανάλωσης ενέργειας και νερού, παρακολούθηση συσκευών τηλεχειρισμού, συστήματα ανίχνευσης εισβολών, παρακολούθηση συνθηκών εντός μουσείων και αποθηκών
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	Παρακολούθηση επιπέδων οξυγόνου και τοξικών αερίων στη βιομηχανική περιοχή και την περιοχή ελέγχου μέσα σε χημικές εγκαταστάσεις, παρακολούθηση θερμοκρασίας, παρακολούθηση επιπέδων όζοντος

Πίνακας 2. Εφαρμογές IoT, STUDY OF VARIOUS APPLICATIONS OF INTERNET OF THINGS (IOT)
Akanksha Bali, Mohita Raina, Simran Gupta, International Journal of Computer Engineering & Technology (IJ CET) Volume 9, Issue 2, March-April 2018, pp. 39 50

3.4 ΟΦΕΛΗ



Εικόνα 5. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα IoT. Study of IoT: Understanding IoT Architecture, Applications, Issues and Challenges Soumyalatha, Shruti G Hegde

Πλεονεκτήματα

Επικοινωνία. Δεδομένου ότι το IoT έχει επικοινωνία μεταξύ συσκευών, σύμφωνα με την οποία οι φυσικές συσκευές μπορούν να παραμείνουν συνδεδεμένες με αποτέλεσμα, η συνολική διαφάνεια να είναι διαθέσιμη με μικρότερη αναποτελεσματικότητα και μεγαλύτερη ποιότητα.

Αυτοματισμός και Έλεγχος. Χωρίς ανθρώπινη συμμετοχή, οι μηχανές αυτοματοποιούνται και ελέγχουν τεράστιο όγκο πληροφοριών, γεγονός που τις οδηγεί σε ταχύτερα και εγκυρότερα αποτελέσματα.

Η παρακολούθηση εξοικονομεί χρήματα και χρόνο. Δεδομένου ότι το IOT χρησιμοποιεί έξυπνους αισθητήρες για την παρακολούθηση διαφόρων πτυχών της καθημερινότητά μας για διάφορες εφαρμογές οδηγεί στην εξοικονόμηση χρημάτων και χρόνου.

Καλύτερη Ποιότητα Ζωής. Οι εφαρμογές που βασίζονται στο IoT αυξάνουν την άνεση και την διαχείριση της καθημερινή μας ζωή και σε συνέπεια βελτιώνουν την ποιότητα της ζωής μας.

Νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες. Δημιουργεί νέες επιχειρήσεις πάνω στην τεχνολογία IoT, και ως εκ τούτου αυξάνει την οικονομική ανάπτυξη και τις νέες θέσεις εργασίας.

Καλύτερο Περιβάλλον. Εξοικονομεί φυσικούς πόρους και δέντρα και βοηθά στη δημιουργία ενός έξυπνο πιο πράσινο και βιώσιμο πλανήτη.

Μειονεκτήματα

Συμβατότητα. Καθώς συσκευές από διαφορετικούς κατασκευαστές θα είναι διασυνδεδεμένο στο IoT, επί του παρόντος, δεν υπάρχει διεθνής πρότυπο συμβατότητας για την επισήμανση και εξοπλισμός παρακολούθησης.

Πολυπλοκότητα. Το IoT είναι ένα ποικίλο και πολύπλοκο δίκτυο. Οποιαδήποτε αποτυχία ή σφάλματα στο λογισμικό ή το υλικό θα έχει συνέπειες. Ακόμη και μια διακοπή ρεύματος μπορεί να προκαλέσει πολλές δυσλειτουργίες.

Απόρρητο/Ασφάλεια. Το IoT περιλαμβάνει πολλαπλές συσκευές και τεχνολογίες και πολλές είναι οι εταιρείες που το παρακολουθούν. Λόγω του μεγάλου όγκου των συγκεντρωμένων δεδομένων που μεταδίδονται από τους έξυπνους αισθητήρες, υπάρχει υψηλός κίνδυνος απώλειας ιδιωτικών δεδομένων.

Μικρότερη απασχόληση του ανώτατου προσωπικού: Με την έλευση της τεχνολογίας, οι καθημερινές δραστηριότητες γίνονται όλο και περισσότερο αυτοματοποιημένες με χρήση IoT, με μικρότερη ανθρώπινη παρέμβαση, γεγονός που με τη σειρά του προκαλεί λιγότερες απαιτήσεις για ανθρώπινο δυναμικό. Αυτό μοιραία προκαλεί πρόβλημα ανεργίας στην κοινωνία.

Η τεχνολογία αναλαμβάνει τον έλεγχο της ζωής. Η ζωή μας θα ελέγχεται όλο και περισσότερο από την τεχνολογία και θα εξαρτάται από αυτήν. Η νεότερη γενιά είναι ήδη εθισμένη στην τεχνολογία. Με το IoT, αυτή η εξάρτηση θα εξαπλωθεί μεταξύ των γενιών και σε όλη την καθημερινή ρουτίνα των χρηστών. Πρέπει να αποφασίσουμε πόσο από την καθημερινότητά μας είμαστε διατεθειμένοι να μηχανοποιήσουμε και να παραδώσουμε στον έλεγχο της τεχνολογίας.

Το IoT είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικό στον τομέα των επιχειρήσεων για διάφορους λόγους, με τα βασικά του οφέλη να επικεντρώνονται στα εξής:

Βελτιωμένη αποτελεσματικότητα. Χρησιμοποιώντας συσκευές IoT για την αυτοματοποίηση και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών, οι επιχειρήσεις μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα και την παραγωγικότητα τους. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της απόδοσης του εξοπλισμού και την ανίχνευση ή ακόμα και την επίλυση πιθανών ζητημάτων προτού προκληθούν διακοπές λειτουργίας, μειώνοντας έτσι το κόστος συντήρησης και βελτιώνοντας το χρόνο λειτουργίας.

Λήψη αποφάσεων με γνώμονα τα δεδομένα. Οι συσκευές IoT παράγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη καλύτερα ενημερωμένων επιχειρηματικών αποφάσεων και νέων επιχειρηματικών μοντέλων. Αναλύοντας αυτά τα δεδομένα, οι επιχειρήσεις μπορούν να αποκτήσουν γνώσεις για τη συμπεριφορά των πελατών, τις τάσεις της αγοράς και τη λειτουργική απόδοση, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις σχετικά με τη στρατηγική, την ανάπτυξη προϊόντων και την κατανομή πόρων.

Εξοικονόμηση κόστους. Μειώνοντας τις μη αυτόματες διαδικασίες και αυτοματοποιώντας επαναλαμβανόμενες εργασίες, το IoT μπορεί να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν την κερδοφορία τους. Για παράδειγμα, οι συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της χρήσης ενέργειας και τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης, μειώνοντας το ενεργειακό κόστος και βελτιώνοντας τη βιωσιμότητα.

Βελτιωμένη εμπειρία πελάτη. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία IoT για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τη συμπεριφορά των πελατών, οι επιχειρήσεις μπορούν να δημιουργήσουν πιο εξατομικευμένες και ελκυστικές εμπειρίες για τους πελάτες τους. Για παράδειγμα, οι έμποροι λιανικής μπορούν να χρησιμοποιούν αισθητήρες IoT για να παρακολουθούν τις κινήσεις των πελατών στα καταστήματα και να παρέχουν εξατομικευμένες προσφορές με βάση τη συμπεριφορά τους.

3.5 Το Internet of Things της επόμενης γενιάς

Η εξέλιξη της τεχνολογίας με το μελλοντικό διαδίκτυο των πραγμάτων και την υπολογιστική άκρη μπορεί να επαναπροσδιορίσει τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται και παρακολουθούνται οι διαδικασίες παραγωγής σε όλη την αλυσίδα αξίας.

Μαζί με την τεχνητή νοημοσύνη (AI) και τα μεγάλα σύνολα δεδομένων, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αποτελεί τον πυρήνα της ψηφιοποίησης της παγκόσμιας οικονομίας. Τα δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενεργοποιούν δράσεις, να αποκτούν γνώσεις ή να ανταλλάσσουν πληροφορίες με άλλες συνδεδεμένες συσκευές, ακόμη και απομακρυσμένα. Με τη χρήση της μηχανικής μάθησης και της τεχνητής

νοημοσύνης, μπορούμε να εντοπίσουμε δεδομένα που επηρεάζουν φυσικές διεργασίες ή επιχειρήσεις, αποφεύγοντας την υπερβολική επικοινωνία και αποθήκευση.

Με την απότομη αύξηση συνδεδεμένων συσκευών και συστημάτων, η επεξεργασία και η ανάλυση δεδομένων γίνονται ο κινητήριος μοχλός για την ψηφιοποίηση της οικονομίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντός μας. Με τις συσκευές να γίνονται όλο και πιο έξυπνες στη συλλογή, επεξεργασία και μετάδοση δεδομένων και στην εκτέλεση δράσεων σε πραγματικό χρόνο, το IoT αποτελεί το επίκεντρο της ψηφιακής εξέλιξης, ενσωματώνοντας συσκευές, δεδομένα, υπολογιστική ισχύ και συνδεσιμότητα.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων δημιουργεί έξυπνα περιβάλλοντα με ψηφιακές τεχνολογίες προκειμένου να βελτιώσει τον τρόπο ζωής μας. Προβλέπεται ότι ο αριθμός των συσκευών IoT θα ξεπεράσει τα 41 δισεκατομμύρια μέχρι το 2025 (Διεθνές Κέντρο Δεδομένων). Αυτό θα οδηγήσει σε ραγδαία αύξηση των δεδομένων και θα ωθήσει στην επέκταση των δραστηριοτήτων υπολογιστικής επεξεργασίας και ανάλυσης στο άκρο.

Η υπολογιστική διαχείριση των συνδεδεμένων συσκευών IoT βασίζεται στην τεχνολογία Edge computing, η οποία επιτρέπει την επεξεργασία και την αυτοματοποίηση των λειτουργιών. Αυτή η προσέγγιση αποτελεί τη φυσική εξέλιξη του μοντέλου υπολογιστικού νέφους, ενισχύοντας την ανθεκτικότητα, τις λειτουργίες σε πραγματικό χρόνο και την ασφάλεια, ενώ μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO₂. Στο Edge computing, η επεξεργασία γίνεται σε κεντρικό σημείο, πιο κοντά στη συσκευή IoT, εξοικονομώντας χρόνο και πόρους.

Η έρευνα, η καινοτομία και η ανάπτυξη του μέλλοντος Διαδικτύου των Πραγμάτων θα απαιτήσουν ισχυρή υπολογιστική ισχύ στο άκρο, προκειμένου να διασφαλιστεί η ψηφιακή αυτονομία της Ευρώπης. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω του Edge computing, που θα αποτελέσει τη βάση για έξυπνες πλατφόρμες με Ευρωπαϊκό χαρακτήρα.[112]

Το μέλλον του IoT είναι πολλά υποσχόμενο, με πολλές συναρπαστικές εξελίξεις για τις επιχειρήσεις στον ορίζοντα. Ακολουθούν ορισμένες από τις τάσεις και τις προβλέψεις για το μέλλον του IoT:

Ανάπτυξη: Ο αριθμός των συσκευών IoT αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, με τις εκτιμήσεις να υποδηλώνουν ότι θα υπάρχουν δεκάδες δισεκατομμύρια συσκευές IoT σε χρήση τα επόμενα χρόνια. Αυτή η ανάπτυξη θα οδηγηθεί από την αυξημένη υιοθέτηση σε όλους τους κλάδους, καθώς και από την ανάπτυξη νέων περιπτώσεων χρήσης και εφαρμογών.

Edge computing: Ο υπολογισμός αιχμής γίνεται όλο και πιο σημαντικός για το IoT, καθώς επιτρέπει την επεξεργασία και την ανάλυση δεδομένων πιο κοντά στην πηγή των δεδομένων, παρά σε ένα κεντρικό κέντρο δεδομένων. Αυτό μπορεί να βελτιώσει τους χρόνους απόκρισης, να μειώσει την καθυστέρηση και να μειώσει τον όγκο των δεδομένων που πρέπει να μεταφερθούν μέσω δικτύων IoT.

Τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση: Η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση γίνονται όλο και πιο σημαντικές για το IoT, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που παράγονται από συσκευές IoT και την εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να λάβουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις και να βελτιστοποιήσουν τις δραστηριότητές τους.

Blockchain: Η τεχνολογία Blockchain διερευνάται ως ένας τρόπος βελτίωσης της ασφάλειας και του απορρήτου στο IoT. Το Blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ασφαλών, αποκεντρωμένων δικτύων για συσκευές IoT, τα οποία μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τα τρωτά σημεία ασφάλειας δεδομένων.

Βιωσιμότητα: Η αιεφορία γίνεται όλο και πιο σημαντικός παράγοντας για το IoT, καθώς οι επιχειρήσεις αναζητούν τρόπους για να μειώσουν τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας, τη μείωση των απορριμμάτων και τη βελτίωση της βιωσιμότητας σε μια σειρά βιομηχανιών.

Το μέλλον του IoT είναι συναρπαστικό, με πολλές νέες εξελίξεις και καινοτομίες στον ορίζοντα, με τους παρόχους συσκευών να προσφέρουν ελκυστικές τιμές, καθώς το κόστος παραγωγής συσκευών IoT μειώνεται. Καθώς ο αριθμός των συσκευών IoT συνεχίζει να αυξάνεται, οι επιχειρήσεις πρέπει να είναι προετοιμασμένες να προσαρμοστούν στις νέες τεχνολογίες και να αγκαλιάσουν νέες περιπτώσεις χρήσης και εφαρμογές. Όσοι είναι σε θέση να το κάνουν θα είναι σε θέση να αποκομίσουν τα οφέλη αυτής της μετασχηματιστικής τεχνολογίας.

3.6 Κίνδυνοι και προκλήσεις στο IoT

Το IoT προσφέρει πολλά οφέλη, αλλά επίσης ενέχει πολλούς κινδύνους και προκλήσεις. Εδώ είναι μερικά από τα πιο σημαντικά:

Κίνδυνοι ασφάλειας και απορρήτου: Καθώς οι συσκευές IoT γίνονται πιο διαδεδομένες, η ασφάλεια και το απόρρητο γίνονται όλο και πιο σημαντικά. Πολλές συσκευές IoT είναι ευάλωτες σε χάκερ και άλλες κυβερνοαπειλές, οι οποίες μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια και το απόρρητο των ευαίσθητων δεδομένων. Οι συσκευές IoT μπορούν επίσης να συλλέγουν τεράστιες ποσότητες προσωπικών δεδομένων, εγείροντας ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο και την προστασία δεδομένων.

Ζητήματα διαλειτουργικότητας: Οι συσκευές IoT από διαφορετικούς κατασκευαστές χρησιμοποιούν συχνά διαφορετικά πρότυπα και πρωτόκολλα, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο για 'αυτούς να εκτελούν αυτό που ονομάζεται επικοινωνία 'από μηχανή σε μηχανή'. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ζητήματα διαλειτουργικότητας και να δημιουργήσει σιλό δεδομένων που είναι δύσκολο να ενσωματωθούν και να αναλυθούν. Στο IoT συνδέονται πολλά έξυπνα αντικείμενα και κάθε έξυπνο το αντικείμενο έχει τη δική του δυνατότητα συλλογής πληροφοριών, ικανότητα επεξεργασίας και επικοινωνίας. Για επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των έξυπνων αντικειμένων διαφορετικών τύπων θα πρέπει να έχουν κοινή επικοινωνία πρότυπο.

Υπερφόρτωση δεδομένων: Οι συσκευές IoT παράγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων, τα οποία μπορούν να κατακλύσουν τις επιχειρήσεις που δεν είναι έτοιμες να το χειριστούν. Η ανάλυση αυτών των δεδομένων και η εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών μπορεί να είναι μια σημαντική πρόκληση, ειδικά για τις επιχειρήσεις που δεν διαθέτουν τα απαραίτητα εργαλεία ανάλυσης και τεχνολογία.

Κόστος και πολυπλοκότητα: Η εφαρμογή ενός συστήματος IoT μπορεί να είναι δαπανηρή και πολύπλοκη, απαιτώντας σημαντικές επενδύσεις σε υλικό, λογισμικό και υποδομή. Η διαχείριση και η διατήρηση ενός συστήματος IoT μπορεί επίσης να είναι προκλητική, απαιτώντας εξειδικευμένες δεξιότητες και εξειδίκευση.

Ρυθμιστικές και νομικές προκλήσεις: Η παροχή ασφάλειας και ιδιωτικότητας είναι μια μεγάλη πρόκληση. Στο IoT, μερικές φορές ο χρήστης εμποδίζει άλλους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε κάποιες συγκεκριμένες πληροφορίες σε συγκεκριμένο χρόνο ή αποτροπή ορισμένων επικοινωνιών ή κάποια συναλλαγών για την προστασία μυστικών πληροφοριών από τους ανταγωνιστές. Αντιμετωπίζοντας λοιπόν όλη αυτή την κατάσταση είναι μεγάλη πρόκληση. Καθώς οι συσκευές IoT γίνονται πιο διαδεδομένες, εμφανίζονται ρυθμιστικές και νομικές προκλήσεις. Οι επιχειρήσεις πρέπει να συμμορφώνονται με διάφορους κανονισμούς προστασίας δεδομένων, απορρήτου και ασφάλειας στον κυβερνοχώρο, οι οποίοι μπορεί να διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

Επεκτασιμότητα. Αυθόρμητα διάφορα νέα έξυπνα αντικείμενα ή συσκευές είναι σύνδεση στο δίκτυο. Άρα το IoT θα πρέπει να είναι ικανό για την επίλυση ζητημάτων όπως η αντιμετώπιση, η ενημέρωση διαχείριση και διαχείριση υπηρεσιών και επίσης θα πρέπει να υποστηρίξει περιβάλλοντα μικρής και μεγάλης κλίμακας.

Αυτοδιαμόρφωση. Τα αντικείμενα IoT θα πρέπει να προγραμματιστούν για αυτοδιαμόρφωση να μπορούν να ταιριάζουν σε ποικίλα περιβάλλοντα χωρίς να απαιτείται χειροκίνητη διαμόρφωση από τον χρήστη.

Πολυπλοκότητα λογισμικού. Δεδομένου ότι τα συστήματα λογισμικού στα έξυπνα αντικείμενα λειτουργούν με ελάχιστο πόρους, υπάρχει ανάγκη για υποδομή λογισμικού για την υποστήριξη του δικτύου και απαίτηση κατάλληλου διακομιστή για τη διαχείριση και υποστήριξη έξυπνων αντικειμένων του δικτύου.

Όγκος αποθήκευσης. Με βάση το σενάριο και το πλαίσιο, συλλέγονται έξυπνα αντικείμενα είτε μικρή ποσότητα δεδομένων είτε τεράστιος όγκος δεδομένων. Έτσι με βάση την ποσότητα των δεδομένων, πρέπει να εκχωρηθεί απαραίτητος χώρος αποθήκευσης.

Ερμηνεία δεδομένων. Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει το κατάλληλο ερμηνευτικό πλαίσιο. Το πλαίσιο έχει σημαντικό ρόλο για τη δημιουργία χρήσιμων πληροφοριών ώστε να εκδοθούν αξιόπιστα συμπεράσματα από τα στοιχεία που αποστέλλονται από τους διάφορους αισθητήρες.

Ανοχή σφαλμάτων. Στο IoT, τα έξυπνα αντικείμενα ή συσκευές είναι δυναμικά και γρήγορα το πλαίσιο μπορεί να αλλάξει. Αλλά και πάλι το δίκτυο πρέπει να λειτουργήσει σωστά αυτόματα, για Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

να προσαρμοστεί στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Επομένως, το IoT πρέπει να είναι δομημένο για ανοχή σφαλμάτων και ισχυρό[113].

Πανταχού παρούσα ανταλλαγή δεδομένων μέσω ασύρματης σύνδεσης τεχνολογίες. Ζητήματα όπως η διαθεσιμότητα, οι καθυστερήσεις δικτύου και η συμφόρηση κ.λπ. ασύρματων τεχνολογιών. που χρησιμοποιείται για η επικοινωνία των έξυπνων συσκευών είναι μεγάλη πρόκληση.

Ενεργειακά βελτιστοποιημένες λύσεις. Το δίκτυο αποτελείται από πολλές διασυνδεδεμένες συσκευές. οι οποίες απαιτεί υψηλή ενέργεια για να διατηρηθεί ενεργό το δίκτυο. Ενέργεια λοιπόν. Η βελτιστοποίηση είναι η κύρια πτυχή στο IoT[114].

4.ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ WEARABLE IOT



Εικόνα 6. Συστάδες εφαρμογών για φορητό IoT που έχουν ερευνηθεί περισσότερο

Για να ταξινομηθούν οι εφαρμογές του φορητού IoT και να ολοκληρωθεί αυτή η έρευνα πρώτα συλλέχθηκαν τα τελευταίας τεχνολογίας ερευνητικά έργα, εργασίες και άρθρα σε αυτόν τον τομέα. Αυτή η εργασία γίνεται με αναζήτηση βάσεων δεδομένων όπως οι ψηφιακές βιβλιοθήκες IEEE Xplore και Association for Computing Machinery (ACM). Στη συνέχεια οι σχετικές εργασίες κατηγοριοποιούνται σε ομάδες ανάλογα με την εφαρμογή τους και κάθε ερευνητική εργασία τοποθετείται σε μία από αυτές τις ομάδες όπως φαίνεται στην εικόνα 6. Για ορισμένες από αυτές τις ομάδες, υπάρχει ένα ευρύτερο φάσμα εφαρμογών κυρίως λόγω τις σημασίας τους. Εκτός όμως από αυτές υπάρχουν και άλλες φορητές συσκευές IoT που χρησιμοποιούνται σε άλλες εφαρμογές, όπως εικονικά παιχνίδια, προκειμένου να βελτιωθεί η εμπειρία παιχνιδιού, οι εφαρμογές πληρωμής και η εκπαίδευση. Η διερεύνηση αυτών των άλλων περιπτώσεων χρήσης είναι εκτός του πεδίου εφαρμογής αυτής της έρευνας. Στις επόμενες ενότητες, κάθε κατηγορία παρουσιάζεται παραθέτοντας τις πιο σημαντικές δημοσιευμένες εργασίες.

4.1 Υγεία

Στον τομέα της υγείας, το Internet of Things (IoT) περιλαμβάνει μια ευρεία ποικιλία συσκευών και αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένων των ανιχνευτών φυσικής κατάστασης, των έξυπνων ρολογιών και των ιατρικών αισθητήρων. Από την άλλη πλευρά, η τεχνολογία των φορητών συσκευών (Wearable) αναφέρεται σε συσκευές που φοριούνται πάνω στο σώμα, συχνά σε μορφή ενδυμάτων ή αξεσουάρ, τα οποία είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες και δυνατότητα σύνδεσης.

Αυτές οι συσκευές έχουν ιδιαίτερη σημασία για την υγειονομική περίθαλψη διότι επιτρέπουν τη συνεχή παρακολούθηση των σημείων ζωτικής σημασίας και των υγειονομικών μετρήσεων των ασθενών. Συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και τα μεταφέρουν με ασφάλεια στους υπεύθυνους υγείας. Αυτά τα δεδομένα αποτελούν πολύτιμη πηγή πληροφοριών για τη διάγνωση, τη θεραπεία και την πρόληψη των νοσημάτων.

Η φορητή συσκευή IoT για την υγεία χρησιμοποιείται και για απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών, θεραπεία και σε ορισμένες περιπτώσεις για σκοπούς αποκατάστασης. Οι αισθητήρες συλλέγουν τα δεδομένα που σχετίζονται με την υγεία και η συσκευή μπορεί να εκτελέσει περιορισμένους υπολογισμούς πριν από τη μετάδοση των πληροφοριών υγείας του χρήστη/ασθενούς στο Διαδίκτυο για περαιτέρω ανάλυση. Η συσκευή μπορεί επίσης να λάβει δεδομένα για να μπορέσει ο χρήστης να λάβει περαιτέρω αποφάσεις. Σε πολλές εφαρμογές, οι φορητές συσκευές συνδέονται με smartphone για να αναλύσουν τα δεδομένα που συλλέγονται και στη συνέχεια να τα μεταδώσουν σε ένα πλαίσιο που βασίζεται σε υπολογιστικό νέφος, όπως το Microsoft Azure ή το Amazon Web Services (AWS), προκειμένου να αποθηκεύονται, να επεξεργάζονται και να αναλύονται τα δεδομένα. Οι εφαρμογές υγείας για κινητά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την οπτικοποίηση των αναλυόμενων δεδομένων και την παροχή πληροφοριών σχετικά με την υγεία του χρήστη/ασθενή. Επιπλέον, σε εφαρμογές θεραπείας, τα δεδομένα που αναλύονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποστολή ειδικών εντολών στο wearable, όπως θέρμανση του σώματος ή εφαρμογή κραδασμών.

4.1.2. Φορετά συστήματα θεραπείας υγείας & αποκατάστασης

Οι συσκευές αποκατάστασης IoT βοηθούν τους ασθενείς με αναπηρία να διατηρήσουν και να βελτιώσουν τις σωματικές ή πνευματικές τους ικανότητες. Στο [4], προτείνεται ένα σύστημα βασισμένο σε περιπατητή για σκοπούς φυσιοθεραπείας το οποίο παρακολουθεί και αξιολογεί συνεχώς τις μετρήσεις κίνησης του περιπατητή και τις στέλνει στο cloud όπου αναλύονται τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μια εφαρμογή για κινητά. Ένα περιβραχιόνιο βασισμένο στο IoT για την αποκατάσταση του εγκεφαλικού εισάγεται από το [5]. Το wearable μετρά τα σήματα βιοδυναμικού και τα αναλυόμενα δεδομένα μεταδίδονται ασύρματα σε ένα χέρι ρομπότ. Στη συνέχεια, τα λαμβανόμενα σήματα ερμηνεύονται χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο μηχανικής μάθησης για να δώσουν στους χρήστες πληροφορίες και ανατροφοδότηση σχετικά με τις μυϊκές τους κινήσεις. Το χέρι του ρομπότ βοηθά τον χρήστη να προσαρμόσει τη στάση του/της και το μοτίβο βαδίσματος του/της σε πραγματικό χρόνο.

Στο [6], οι ερευνητές σχεδίασαν ένα έξυπνο αναπηρικό καροτσάκι που επιτρέπει στο άτομο με αναπηρία να αλληλοεπιδρά εύκολα με το αναπηρικό καροτσάκι μέσω μιας εφαρμογής για κινητά που αναλύει τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες και στη συνέχεια οπτικοποιεί τα αποτελέσματα ώστε οι φροντιστές να παρακολουθούν εξ αποστάσεως τον ασθενή. Η δημοσίευση στο [7], εισάγει ένα σύστημα αποκατάστασης το οποίο έχει σχεδιαστεί και εφαρμοστεί για να βοηθήσει τους ασθενείς με στόμιο που πάσχουν από αναπηρία των άνω άκρων. Αυτό το σύστημα αποκατάστασης εκμεταλλεύεται το IoT μέσω της ενσωμάτωσης gaming και wearable τεχνολογίας.

4.1.3 Τρέχουσες εξελίξεις στις φορητές τεχνολογίες για αποκατάσταση

Παρουσιάζουμε μερικά ενδεικτικά παραδείγματα τεχνικών και εφαρμογών φορητών τεχνολογιών και συστημάτων αποκατάστασης. Τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας (VR), η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (FES) και οι ανιχνευτές δραστηριότητας είναι μερικές από τις τρέχουσες φορητές τεχνολογίες που εφαρμόζονται στην αποκατάσταση. Ωστόσο, είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι αυτές οι εξελίξεις είναι στο πλαίσιο των συστημάτων. Όπως αναφέρθηκε από τους Wang και συνεργάτες, συχνά αναπτύσσονται [115] διαδραστικά φορητά συστήματα που διευκολύνουν προγράμματα άσκησης αποκατάστασης για συγκεκριμένες εφαρμογές υγείας, όπως ασθενείς με νευρολογικές παθήσεις, μυοσκελετικές παθήσεις, χρόνια πνευμονική ανεπάρκεια ή με πόνο. Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και την παροχή γρήγορης ανατροφοδότησης από τον χρήστη σχετικά με τη στάση του σώματος Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

και τις κινήσεις των άκρων και δεν είναι δικτυωμένα, έξυπνα ή σχεδιασμένα για συνεχή χρήση. Ο σχεδιασμός αυτών των συσκευών ως μη ενοχλητικών και διαισθητικών συστημάτων για μακροπρόθεσμη οικιακή χρήση και η σύνδεση αυτών των συσκευών με υπηρεσίες Διαδικτύου μπορεί να διευρύνει δραματικά το φάσμα των εφαρμογών τους.

1. ΠΡΟΗΓΜΕΝΟΙ ΦΟΡΗΤΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Μέχρι σήμερα, τα επιταχυνσιόμετρα και οι αδρανειακές μονάδες μέτρησης είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες σε φορητά συστήματα και παρέχουν μετρήσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση του εύρους κίνησης και απόδοσης.[116] Ένας μεγάλος αριθμός μελετών που χρησιμοποιούν αυτούς τους αισθητήρες έχουν επικεντρωθεί στην αποκατάσταση του άνω μέρους του σώματος μετά από εγκεφαλικό, και υπάρχουν κάποιες κλινικές ενδείξεις μικρών βελτιώσεων, ωστόσο λίγες τυχαίοποιημένες κλινικές δοκιμές έχουν πραγματοποιηθεί.[115] Όλο και περισσότερο, αυτά τα συστήματα είναι διαδραστικά και παρέχουν κάτι περισσότερο από βασική ανατροφοδότηση και απαιτούν λιγότερο χρόνο ρύθμισης και παρακολούθησης από επαγγελματίες υγείας. Υπό ανάπτυξη είναι ένα ευρύτερο φάσμα φορητών συστημάτων αισθητήρων που μπορεί να βοηθήσουν στην αποκατάσταση στο σπίτι, συμπεριλαμβανομένων δικτύων αισθητήρων σώματος, έξυπνων ρούχων και φορητών καμερών που παρέχουν συμπληρωματικές πληροφορίες σε αυτούς τους αισθητήρες κίνησης.

Οι αισθητήρες που φοριούνται στο σώμα διατίθενται πλέον σε πολλά σχήματα και μεγέθη, όπως ιμάντες παρακολούθησης της καρδιάς που φοριούνται από το στήθος, κεφαλόδεσμοι για ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα μέτρησης της εγκεφαλικής δραστηριότητας (EEG), οθόνες ανίχνευσης στάσης, οθόνες βρεφών και εγκυμοσύνης για τη μέτρηση ζωτικών στοιχείων και κίνησης και ηλεκτρονικά επιθέματα .[117]. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για τον καρδιακό ρυθμό, τον αναπνευστικό ρυθμό, τον κορεσμό οξυγόνου και την αρτηριακή πίεση και μπορούν να ανιχνεύσουν ανωμαλίες ζωτικών σημείων που παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τα συμφραζόμενα ή παρέχουν ανατροφοδότηση στους χρήστες. Σε μια μελέτη 16 ασθενών με καρδιακή αποκατάσταση, μια σειρά αισθητήρων που παρακολουθούν την κίνηση του σώματος συγκρίθηκε με μέτρα ζωτικής σημασίας για την παρακολούθηση της ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων χαμηλής έως μέτριας έντασης για την ανάπτυξη ενός προγνωστικού μοντέλου για την αποτελεσματικότητα των β-αναστολέων.[118] Η διαθεσιμότητα συσκευών καταναλωτικής ποιότητας με ζωτικούς αισθητήρες, όπως έξυπνα ρολόγια [119] και ιμάντες στήθους [120] μείωσε σημαντικά το εμπόδιο για την ενσωμάτωση αυτών των αισθητήρων σε μελέτες. Ωστόσο, υπάρχουν προκλήσεις με τη βαθμονόμηση, την ακρίβεια και την ευαισθησία αυτών των συσκευών για ιατρικές εφαρμογές.

2. ΈΞΥΠΝΑ ΡΟΥΧΑ

Τα έξυπνα ρούχα μπορούν να θεωρηθούν το απόλυτο φορητό σύστημα, καθώς μπορεί να ενσωματωθεί στην καθημερινή ζωή ως μέρος ενός ενδύματος ή/και υποδήματος και να παρακολουθεί ή να μετράει φυσιολογικά, συμφραζόμενα ή βιομετρικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, το έξυπνο γάντι RAPAEL [121] του Neofect επιτρέπει στους ανθρώπους να αποκαταστήσουν τα χέρια τους φορώντας ένα γάντι και χρησιμοποιώντας συνοδευτική τεχνολογία. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάκαμψη από τραυματισμούς ή για να βοηθήσει σε ζητήματα που θα μπορούσαν να προκύψουν από αδρενολευκοδυστροφία ή άλλες νευρολογικές διαταραχές. Σε μια τυχαίοποιημένη κλινική δοκιμή χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης τεσσάρων εβδομάδων με το Smart Glove, τόσο οι βαθμολογίες Fugl-Meyer όσο και Jebsen-Taylor βελτιώθηκαν και διατηρήθηκαν ένα μήνα μετά την ολοκλήρωση της προπόνησης.

3. ΦΟΡΗΤΕΣ ΚΑΜΕΡΕΣ

Οι φορητές κάμερες έχουν αναπτυχθεί για την εκπαίδευση των κλινικών ιατρών και για την εξ αποστάσεως συμβουλευτική αποκατάστασης. Οι Chen et al [122].ενσωμάτωσαν φορητές κάμερες και αισθητήρες κίνησης σε μια αξιολόγηση άσκησης αποκατάστασης για την οστεοαρθρίτιδα γόνατος που επιτρέπει στον ασθενή να διαχειρίζεται μόνος του την πρόοδο της αποκατάστασης. Η ακρίβεια για την ταξινόμηση τύπου άσκησης ήταν 97% και για την αναγνώριση της στάσης άσκησης ήταν 88%, αποδεικνύοντας τη σκοπιμότητα του συστήματος αξιολόγησης αποκατάστασης. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες όπως η όραση 360°, η εικονική πραγματικότητα, η τεχνητή νοημοσύνη, η βαθιά μάθηση και η όραση υπολογιστή θα βελτιώσουν την εμπειρία της φορητής κάμερας, επεκτείνοντας τις θήκες χρήσης και τις εφαρμογές των συσκευών.

Τα φορητά συστήματα αισθητήρων παρέχουν την ευκαιρία όχι μόνο να αξιολογούν την αποκατάσταση όπως συμβαίνει κατά τις καθημερινές δραστηριότητες της ζωής αλλά και να παρέχουν έγκαιρη, ουσιαστική ανατροφοδότηση στους ασθενείς και τους θεραπευτές τους. Αυτή η ανατροφοδότηση μπορεί να καθοδηγήσει και να παρακινήσει την πρακτική προοδευτικών δεξιοτήτων με στόχο τη μεγιστοποίηση της ανάκτησης της κινητικής λειτουργίας. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες προκλήσεις που σχετίζονται με την ακρίβεια και την αναπαραγωγιμότητα αυτών των αισθητήρων, τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού, την ολοκλήρωση του συστήματος, την εξέταση της εμπειρίας του χρήστη, την ανάγκη για εκπαίδευση των χρηστών και την εξασφάλιση αποζημίωσης, μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα αυτών των τεχνολογιών αισθητήρων για αποκατάσταση τόσο σε κλινικό όσο και σε οικιακό περιβάλλον.

4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Τα ακουστικά επαυξημένης πραγματικότητας (AR) όπως το Google Glass και τα συστήματα μικτής πραγματικότητας όπως το HoloLens, έχουν αναπτυχθεί σε πολλές βιομηχανικές και εταιρικές ρυθμίσεις και υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση τους για εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης. Αυτά τα συστήματα έχουν γίνει όλο και πιο περίπλοκα, μετακινώντας από την επικάλυψη ψηφιακών πληροφοριών προς τους αισθητήρες εντοπισμού θέσης και βάθους για να παρέχουν μια πιο καθηλωτική εμπειρία και επιτρέποντας αλληλεπιδράσεις με ολογραφικά αντικείμενα. Όλο και περισσότεροι μελέτες έχουν δείξει θετικά αποτελέσματα αποκατάστασης χρησιμοποιώντας τον συνδυασμό τεχνολογίας ανίχνευσης και διαδραστικών παιχνιδιών ή περιβαλλόντων εικονικής πραγματικότητας [123][124]. Οι Munroe et al.[125] σχεδίασαν ένα παιχνίδι AR για την παροχή νευροαποκατάστασης στο σπίτι σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση. Το σύστημα συνδυάζει ηλεκτρόδια ηλεκτρομυογραφίας και επιταχυνσιόμετρα σε ένα περιβραχιόνιο για να παρέχει δεδομένα. Ένας εκπαιδευμένος ταξινομητής καθορίζει εάν επιτυγχάνεται η στοχευόμενη νευροκινητική απόδοση του βραχίονα και ο χρήστης μετακινεί ένα εικονικό αντικείμενο μέσω κινήσεων που έχει συνταγογραφήσει ο θεραπευτής. Επιπλέον, η εικονική πραγματικότητα μπορεί να βοηθήσει τους ασθενείς που υποβάλλονται σε φυσική αποκατάσταση καθώς φαντάζονται τον εαυτό τους να εκτελεί αργές, απλές κινήσεις ενώ βυθίζονται. Η εμβάπτιση VR, σε συνδυασμό με την οπτικοποίηση του ίδιου του ασθενούς, πιστεύεται ότι δημιουργεί εγκεφαλικά μοτίβα πιο κοντά στις πραγματικές κινητικές δεξιότητες από την οπτικοποίηση μόνο. Αυτό δίνει στον ασθενή ένα τεράστιο πλεονέκτημα στην επούλωση. Σε μια τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή που μελέτησε 59 επιζώντες από εγκεφαλικό επεισόδιο, ο McEwen et al.[126] διαπίστωσε ότι η παρέμβαση άσκησης VR για την εσωτερική αποκατάσταση εγκεφαλικού βελτίωσε τα αποτελέσματα που σχετίζονται με την κινητικότητα.

Υπάρχει σημαντική δυνατότητα για τα συστήματα AR και VR να βελτιώσουν τα προγράμματα αποκατάστασης και να παρέχουν ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο στον ασθενή και στον θεραπευτή του. Ωστόσο, υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία μέχρι στιγμής για τη μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα αυτών των συστημάτων και για το εάν προσφέρουν διαρκή βελτίωση σε σχέση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις. Από την άλλη πλευρά, μια πρόσφατη ανασκόπηση των Massetti et al.[127] θα πρότεινε ότι οι παρεμβάσεις VR απέφεραν βελτίωση στις κινητικές λειτουργίες, μεγαλύτερη συμμετοχή της κοινότητας και βελτιωμένη ψυχολογική και γνωστική λειτουργία. Καθώς η τεχνολογία των συστημάτων AR/VR συνεχίζει να βελτιώνεται, απαιτούνται πρόσθετες κλινικές μελέτες για τη δημιουργία της βάσης στοιχείων που αποδεικνύουν τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητα τέτοιων συστημάτων για κλινική φροντίδα και έρευνα στην αποκατάσταση [128].

5. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

Παραδοσιακά, η λειτουργική ηλεκτρική διέγερση (FES) ή οι νευρομυϊκοί ηλεκτρικοί διεγέρτες έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως για τη διέγερση των λειτουργιών του κάτω και του άνω άκρου. Για πολλά χρόνια, τα συστήματα FES περιλάμβαναν έναν διεγέρτη με μπαταρία συνδεδεμένο με καλώδια μολύβδου στα ηλεκτρόδια διέγερσης και μια ενσύρματη εξωτερική σκανδάλη για να συγχρονίσει τη μυϊκή σύσπαση με τη λειτουργική δραστηριότητα [129]. Πιο πρόσφατα, ακαδημαϊκοί ερευνητές και εμπορικές εταιρείες αναπτύσσουν φορητά, ασύρματα συστήματα FES [130-133]. Αυτά τα συστήματα χορηγούνται μόνοι τους και ελέγχονται από τον ασθενή. Έχοντας χαμηλό προφίλ, μπορούν να φορεθούν άνετα κάτω από τα ρούχα ενώ λειτουργούν στο σπίτι και στην κοινότητα.

Οι τρέχουσες ερευνητικές προσεγγίσεις για τη βελτίωση της ανάκτησης της συνδεσιμότητας του κινητικού δικτύου του εγκεφάλου περιλαμβάνουν την εφαρμογή επαναληπτικών αλγορίθμων [134-137] και τον έλεγχο κλειστού βρόχου του επιθυμητού επιπέδου της ηλεκτρικά επαγόμενης συστολής των μυών-στόχων. [138-141] Ο κατάλληλος σχεδιασμός ελέγχου κλειστού βρόχου θα πρέπει να επιτρέπει κάθε ασθενής να χρησιμοποιήσει το εσωτερικό του σύστημα αισθητηριοκινητικού ελέγχου και να προσθέσει FES μόνο για να ολοκληρώσει οποιαδήποτε κίνηση απέτυχε να επιτύχει ο εσωτερικός έλεγχος, ενώ περπατούσε ή χρησιμοποιώντας το παρετικό άνω άκρο. Παραδείγματα ερευνητικών προσπαθειών για την επίτευξη ενός αξιόπιστου, οικονομικά αποδοτικού και ανθεκτικού ελέγχου κλειστού βρόχου μπορούν να βρεθούν ως επί το πλείστον σε δημοσιεύσεις μηχανικής και εξακολουθούν να θεωρούνται «απόδειξη της ιδέας» ή αρχικές έρευνες αποτελεσματικότητας [142-144]. Προσπάθειες βελτίωσης της ανάλυσης του FES -η επαγόμενη μυϊκή σύσπαση με τη χρήση πολυπλέκτη και συστοιχιών μικρών ηλεκτροδίων [136] [145], ή χειραγώγηση των παραμέτρων παλμού [146] έχουν αποφέρει μερικές ενδιαφέρουσες ανακαλύψεις και ηλεκτρονικές καινοτομίες. Ωστόσο, αυτές οι ερευνητικές προσπάθειες έχουν αποτύχει μέχρι στιγμής να αποδώσουν ένα βιώσιμο εμπορικό προϊόν στην ιατρική αποκατάσταση.

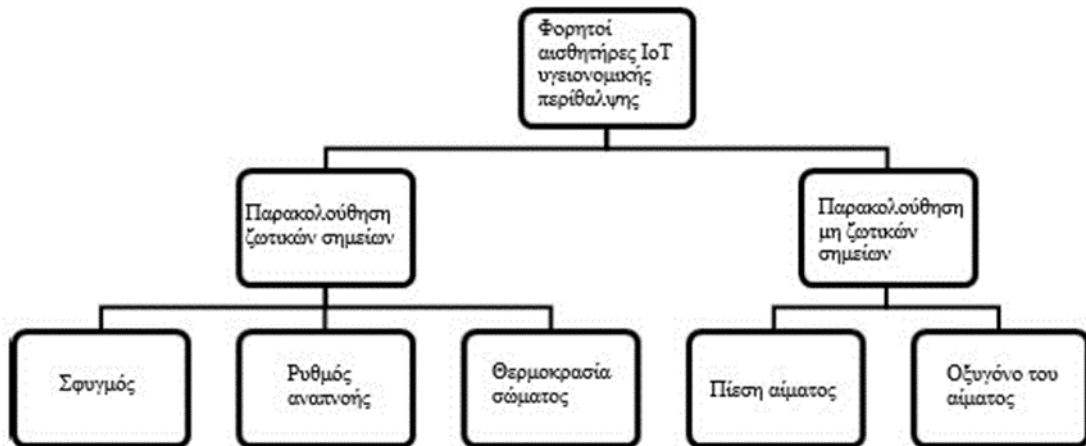
Χρησιμοποιώντας τηλεϊατρική και αποθήκευση δεδομένων cloud, οι ερευνητές απέδειξαν με επιτυχία τη συνεχή αποθήκευση της απόδοσης των ασθενών χρησιμοποιώντας FES σε συνδυασμό με μηχανοκίνητο σύστημα ποδηλασίας, συσσώρευση δόσεων εκπαίδευσης και παροχή αδιάλειπτης επικοινωνίας με κλινικούς ιατρούς.[147] Ωστόσο, μέχρι στιγμής, τα περισσότερα συστήματα FES έχουν διαμορφωθεί με πολύ περιορισμένο χώρο αποθήκευσης απόδοσης και συμμόρφωσης. Η ανάγκη εφαρμογής FES σε όλη τη συνέχεια της περιήθλησης, από τις μονάδες εντατικής θεραπείας έως τη χρήση στο σπίτι, αποτελεί μια άλλη βασική πρόκληση τόσο για τους ερευνητές όσο και για τους κλινικούς γιατρούς. Η αύξηση της χρήσης στο σπίτι θα χρειαστεί νέους αλγόριθμους ικανούς να εντοπίζουν και να αποθηκεύουν βασικά δεδομένα απόδοσης, όπως κλινικά στοιχεία λειτουργικής αποκατάστασης, πλατό ή παλινδρόμηση, δεδομένα συμμόρφωσης και διαδικτυακή επικοινωνία με κλινικούς γιατρούς. Με την ταχεία ανάπτυξη παρόμοιων φορητών συστημάτων, τέτοια συστήματα FES είναι πιθανό να είναι διαθέσιμα σύντομα.

4.1.4 Φορετά συστήματα παρακολούθησης υγείας

Ανάλογα με τον τύπο των αισθητήρων, τα φορητά προϊόντα παρακολούθησης της υγείας ταξινομούνται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες [8]:

- Αισθητήρες βιοδυναμικού: ηλεκτροεγκεφαλογραφία (HEΓ), ηλεκτροκαρδιογραφία (ΗΚΓ), ηλεκτρομυογραφία (ΗΜΓ) και φωτοπλεσμογραφία (PPG) κ.λπ.
- Αισθητήρες κίνησης: επιταχυνσιόμετρο και γυροσκόπιο.
- Περιβαλλοντικοί αισθητήρες: υπέρηχος, πίεση, θερμοκρασία κ.λπ.
- Βιοχημικοί αισθητήρες: διαδερμική γλυκόζη.

Η ανάλυση των προαναφερθέντων σημάτων παρέχει εκτενή εικόνα για την κατάσταση της υγείας του ασθενούς/χρήστη.



Εικόνα 7. Ταξινόμηση φορητών αισθητήρων IoT υγειονομικής περίθαλψης

Η εικόνα 7 δείχνει την ταξινόμηση των περιπτώσεων χρήσης για μη επεμβατικούς φορητούς αισθητήρες IoT εξαιρουμένων των εμφυτεύσιμων αισθητήρων [9].

Ο ρυθμός παλμού μπορεί να διαβαστεί χρησιμοποιώντας φορητές συσκευές στο στήθος, στον καρπό, στο λοβό του αυτιού, στο άκρο των δακτύλων και πολλά άλλα μέσω PPG, πίεσης και ραδιοσυχνότητας (RF). Στο [10], μια φορητή συσκευή παρακολούθησης έχει σχεδιαστεί για να ανιχνεύει τις σαφείς αλλαγές στον καρδιακό ρυθμό. Το wearable ειδοποιεί τον χρήστη με μια δόνηση για να πάρει το απαραίτητο φάρμακο. Οι ερευνητές στο [11] πρότειναν ένα πολυαισθητηριακό φορητό σύστημα για τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων προκειμένου να προειδοποιηθεί ο χρήστης για μια επικείμενη καρδιακή ανακοπή στα αρχικά στάδια. Μια μονάδα επικοινωνίας χαμηλής ισχύος χρησιμοποιεί ένα smartphone για τη συλλογή της θερμοκρασίας του σώματος και του καρδιακού παλμού και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται τεχνικές επεξεργασίας σήματος και αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης για την ακριβή διάγνωση και προειδοποίηση ξαφνικών καρδιακών ανακοπών. Η εργασία που έγινε στο [12], παρουσιάζει ένα σύστημα αφιερωμένο στην παρακολούθηση των παραμέτρων της καρδιακής δραστηριότητας χρησιμοποιώντας φορητές συσκευές ΗΚΓ και αισθητήρες που εισάγονται στο ύφασμα των ρούχων. Οι εκτιμώμενες παράμετροι είναι ο καρδιακός ρυθμός και η αναπνοή.

Τα φορητά που είναι εξοπλισμένα με ρινικό αισθητήρα θερμίστορ μπορούν να μετρήσουν τον αναπνευστικό ρυθμό. Ο αισθητήρας μετράει τον αριθμό των αναπνοών που λαμβάνονται ανιχνεύοντας την άνοδο και την πτώση της θερμοκρασίας εάν ο αέρας εκπνέει [13]. Στο [14], προτείνεται μια έξυπνη λύση IoT για ασθενείς με άσθμα για τη μέτρηση του ρυθμού αναπνοής τους. Τα μετρούμενα δεδομένα αποστέλλονται με ασφάλεια στο cloud όπου αναλύονται οι πληροφορίες του ασθενούς. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί τεχνικές υδατογράφησης και βελτίωσης σήματος για την ασφάλεια της μετάδοσης δεδομένων. Στο [15], χρησιμοποιώντας συγκολλητική υδρογέλη, τοποθετούνται ηλεκτρόδια στο ανθρώπινο στήθος για να ανιχνεύσουν την παλλόμενη δόνηση που δημιουργείται ως αποτέλεσμα της αναπνοής. Το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να φορεθεί ή να προσαρτηθεί στο πουκάμισο ή στη ζώνη στήθους του χρήστη. Στη συνέχεια, τα δεδομένα που συλλέγονται ψηφιοποιούνται και αποστέλλονται ασύρματα χρησιμοποιώντας έναν παλμικό πομπό υπερυερείας ζώνης που λειτουργεί σε εύρος συχνοτήτων 3,1 έως 5 GHz. Λόγω του μικρού μεγέθους, του μικρού βάρους, του χαμηλού κόστους και του κυκλώματος επεξεργασίας σήματος χαμηλής ισχύος, το προτεινόμενο σύστημα παρακολούθησης της αναπνοής έχει κερδίσει την προσοχή άλλων ερευνητών. Στο [16], οι ερευνητές σχεδίασαν μια φορητή φορητή συσκευή IoT για την παρακολούθηση του αναπνευστικού ρυθμού όπου ο αισθητήρας τοποθετείται σε ένα έξυπνο γιλέκο για να παρακολουθεί συνεχώς ασθενείς με Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) στο σπίτι κατά την περίοδο ανάπαυσης μεταξύ των ασκήσεων αναπνευστικής αποκατάστασης. Αυτό το ολοκληρωμένο σύστημα λύσεων παρέχει επίσης μια πλατφόρμα ηλεκτρονικής υγείας που βασίζεται στο παράδειγμα του Internet of Medical Things (IoMT).

Η θερμοκρασία του σώματος μετριέται τυπικά από αισθητήρες τύπου θερμίστορ για την ανίχνευση καταστάσεων όπως η υποθερμία, η θερμοπληξία και οι πυρετοί. Στο [17], παρουσιάζεται ένα wearable σύστημα που βασίζεται σε σύννεφο IoT για παρακολούθηση της προσωπικής υγείας σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες μπορούν να προβληθούν τόσο σε ένα ταμπλό cloud όσο και σε μια ενσωματωμένη οθόνη στο wearable. Στο [18], αναπτύχθηκε ένας καταπόσιμος αισθητήρας σε σχήμα ταμπλέτας για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος με βάση την παραγωγή ενέργειας από γαστρικό οξύ. Δημιουργήθηκε ένα προσαρμοσμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC) το οποίο θα μπορούσε να λαμβάνει ασύρματα τα δεδομένα θερμοκρασίας που μεταφέρονται από μια συσκευή σε σχήμα ταμπλέτας διαμέτρου 10 mm και ύψους 8 mm.

Η αρτηριακή πίεση (ΑΠ) δεν θεωρείται ζωτικό σημάδι για την υγεία και μετριέται συχνά παράλληλα με τα άλλα τρία ζωτικά σημεία (δηλαδή, σφυγμός, αναπνευστικό και θερμοκρασία). Ενώ οι περισσότερες φορητές συσκευές BP είναι μη επεμβατικές, εξακολουθούν να είναι αποφρακτικές. Σε πολλές περιπτώσεις, ένα φορητό ΗΚΓ θώρακα συνδέεται με τους άλλους αισθητήρες με μερικά καλώδια. Σε ό,τι μας αφορά, δεν έχει αναπτυχθεί καμία άνετη φορητή συσκευή για τη συνεχή μέτρηση της ΑΠ με υψηλή ακρίβεια. Στο [19], παρουσιάζεται μια έρευνα για εμπορικές φορητές συσκευές IoT για την παρακολούθηση της ΑΠ από μετρολογική άποψη. Σε αυτή την έρευνα αντιμετωπίζεται η έλλειψη ιχνηλασιμότητας και αξιοπιστίας των μετρήσεων της ΑΠ.

Οι αισθητήρες παλμικού οξύμετρου μετρούν το οξυγόνο του αίματος χρησιμοποιώντας σήματα PPG. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μορφή τέτοιων αισθητήρων είναι οι φορητές συσκευές παλμικής οξυμετρίας που φοριούνται στον καρπό. Στο [20], προτείνεται ένα μη επεμβατικό φορητό σύστημα καρδιακής παρακολούθησης και προειδοποίησης που μπορεί να μετρά συνεχώς τις καρδιακές τιμές και χρησιμοποιώντας παλμική οξυμετρία. Αυτό το διάλυμα ανιχνεύει το επίπεδο κορεσμού του οξυγόνου καθώς και τις διακυμάνσεις του όγκου του αίματος στους ιστούς. Ο καρδιακός ρυθμός λαμβάνεται μέσω φιλτραρίσματος και επεξεργασίας των αισθητών σημάτων. Η κινητή επικοινωνία και το σύστημα GPS επιτρέπουν ειδοποιήσεις έκτακτης ανάγκης όταν οι μετρούμενες καρδιακές τιμές είναι εκτός των τιμών κατωφλίου. Επιπλέον, το σύστημα δίνει αυτή την ευκαιρία στον χρήστη να ενεργοποιήσει μόνος του το σύστημα ειδοποίησης μέσω του φωνητικού βοηθού Google.

Κάποιοι άλλοι φορητοί αισθητήρες με εφαρμογές στην υγειονομική περίθαλψη θα μπορούσαν να μετρήσουν τη γλυκόζη του αίματος. Για παράδειγμα, στο [21], σχεδιάστηκε ένα έξυπνο φάρμακο που μπορεί να καταποθεί, το οποίο κυκλοφορεί στο σώμα και ανιχνεύει το επίπεδο γλυκόζης περνώντας ακτινοβολία υπέρυθρων. Το μετρημένο επίπεδο γλυκόζης στο αίμα μεταδίδεται στη συνέχεια στο smartphone ασύρματα. Μια άλλη εφαρμογή των φορητών συσκευών IoT είναι στην παρακολούθηση της ψυχικής ευεξίας όπου συλλέγονται φυσιολογικά σημάδια μέσω χαρακτηριστικών συμπεριφοράς. Στο [22], μια πλατφόρμα κοινωνικής ανίχνευσης που βασίζεται στο IoT αναπτύχθηκε μέσω της ενσωμάτωσης παρακολούθησης συμπεριφοράς, δυνατότητας ήχου απορρήτου και ανίχνευσης περιβάλλοντος σε ένα νατουραλιστικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα, οι λειτουργίες ήχου-ευεξίας που προστατεύονται από το απόρρητο είναι ενσωματωμένο σε αυτήν την πλατφόρμα για αυτόματη αξιολόγηση πληροφοριών ομιλίας χωρίς την ανάγκη διατήρησης ακατέργαστων δεδομένων ήχου.

Σύνοψη των προαναφερθέντων άρθρων σχετικά με τους αισθητήρες IoT υγειονομικής περίθαλψης που δίνονται στον Πίνακα 3.

	Παράμετρος αίσθησης	Αισθητήρας	Συνδεσιμότητα	Εφαρμογή για κινητό	Διαδικασία κόμβου	Φορετό	Ref
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ, ΔΥΝΑΜΗ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ	RFID, IMU, load cell, ultrasound	Wi-Fi & Bluetooth	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΠΕΡΙΠΑΤΗΤΗΣ	[4]
	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΑ	sEMG	BLE	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΒΡΑΧΙΟΛΙ ΜΠΡΑΤΣΟΥ	[5]
	ΕΙΚΟΝΑ ΠΡΟΣΩΠΟΥ, ΚΙΝΗΣΗ ΜΑΤΙΩΝ	ΚΑΜΕΡΑ	Wi-Fi	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΠΡΟΣΩΠΟ	[6]
	ΠΤΩΞΕΙΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ, ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΜΕΤΡΟ, ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΟ, ΚΑΛΩΔΙΟ	Wi-Fi	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΠΟΔΙ, ΧΕΡΙ	[7]
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ	ΚΑΡΔΙΑΚΟΣ ΠΑΛΜΟΣ	SFH 7051	Wi-Fi	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΒΡΑΧΙΟΛΙ ΚΑΡΠΟΥ	[10]
		ECG and temperature	Bluetooth	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΒΡΑΧΙΟΛΙ ΚΑΡΠΟΥ	[11]
		ECG & inductive sensor WHMIS	2G GPRS	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΠΟΔΙ, ΧΕΡΙ, ΣΤΗΘΟΣ	[12]
	ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ	ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΝΟΗ ΑΛΛΑΓΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΡΟΗΣ ΑΕΡΑ	ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗ ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΙΣΩ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΚΟΡΔΕΛΑ ΚΕΦΑΛΙΟΥ	[13]
		ΔΟΝΗΣΗ (ΠΙΕΖΟΕΛΕΚΤΡΙΚΟΥ)	ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΟΣ ΠΟΜΠΟΣ ΥΠΕΡΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΣΤΗΘΟΣ	[15]
		ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	Bluetooth	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΕΞΥΠΝΟ ΠΛΕΚΟ	[16]
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	LM35	Wi-Fi	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΑΚΤΥΛΟ	[17]
		IC ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΗ ΣΕ ΔΙΣΚΟΕΙΔΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΤΑΠΟΣΗΣ	ΣΥΖΕΥΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΚΑΤΑΠΟΣΗ	[18]
	ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΠΙΕΣΗ	ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	Wi-Fi	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΠΕΡΙΚΑΡΠΙΟ	[19]
	ΟΞΥΓΟΝΟ ΑΙΜΑΤΟΣ	ΟΞΥΜΕΤΡΙΑ	GSM/GPRS	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΒΡΑΧΙΟΛΙ	[20]
	ΣΑΚΧΑΡΟ ΑΙΜΑΤΟΣ	ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	Wi-Fi	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΔΑΚΤΥΛΟ	[21]
	ΨΥΧΙΚΗ ΕΥΕΞΙΑ	ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ, ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΟ	Bluetooth	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΒΡΑΧΙΟΛΙ ΚΑΡΠΟΥ	[22]

Πίνακας 3. Περίληψη των αισθητήρων υγείας IoT στη βιβλιογραφία

4.1.5 Οφέλη φορετών συστημάτων παρακολούθησης υγείας

Τα οφέλη των φορητών συστημάτων παρακολούθησης υγείας συνοψίζονται στα εξής:

Φορετές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

Απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών: Οι εφαρμογές για κινητά που συνδέονται με φορητές συσκευές επιτρέπουν στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να παρακολουθούν ασθενείς με χρόνιες ασθένειες σε πραγματικό χρόνο. Αυτές οι εφαρμογές παρακολουθούν ζωτικά σημεία και ειδοποιούν τις ομάδες υγειονομικής περίθαλψης για τυχόν ανωμαλίες, επιτρέποντας έγκαιρες παρεμβάσεις. Οι γιατροί μπορούν να παρακολουθούν τους ασθενείς από απόσταση, μειώνοντας την ανάγκη για προσωπικές επισκέψεις και προσφέροντας μεγαλύτερη ευελιξία.

- **Έγκαιρη ανίχνευση:** Οι φορητοί αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύσουν ακανόνιστο καρδιακό ρυθμό, επίπεδα γλυκόζης και περισσότερες ανωμαλίες. Οι εφαρμογές για κινητά επεξεργάζονται αυτά τα δεδομένα και παρέχουν έγκαιρες προειδοποιήσεις, αποτρέποντας δυνητικά σοβαρά προβλήματα υγείας.

- **Διαχείριση φαρμάκων:** Οι διανομές χαπιών με δυνατότητα IoT διασφαλίζουν ότι οι ασθενείς λαμβάνουν τα φάρμακά τους σύμφωνα με τις οδηγίες. Οι εφαρμογές για κινητά στέλνουν υπενθυμίσεις και ειδοποιήσεις, προωθώντας την τήρηση ενός προγράμματος φαρμάκων.

- **Ανάλυση Δεδομένων:** Η συλλογή και η ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο επιτρέπουν τη λήψη πιο ενημερωμένων αποφάσεων, βελτιώνοντας την ποιότητα της φροντίδας των ασθενών.

- **Βελτιωμένη επικοινωνία:** Οι εφαρμογές για κινητά μπορούν να διευκολύνουν την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ ασθενών και παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, ενισχύοντας ισχυρότερες σχέσεις ασθενή-ιατρού.

4.2 Αναγνώριση δραστηριοτήτων και αθλητισμός

Η εισαγωγή του IoT στον αθλητισμό ανοίγει μια νέα εποχή στην προπόνηση των αθλητών, όχι μόνο για την παρακολούθηση/αξιολόγηση της απόδοσης αλλά και για την αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης [2]. Συνήθως, αυτό επιτυγχάνεται μέσω της συμπερίληψης φορητών τεχνολογιών IoT που βασίζονται σε συστήματα αισθητήρων για τη συλλογή, επεξεργασία και επικοινωνία πληροφοριών, όπως βιοδείκτες ή/και άλλους σχετικούς δείκτες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της ικανότητας του αθλητή και την αξιολόγηση της εξέλιξής του. σωματικές και υγειονομικές συνθήκες και επομένως ενισχύουν την απόδοσή του.

Συγκεκριμένα, η εφαρμογή λύσεων IoT στον αθλητισμό και τη φυσική κατάσταση επέτρεψε την απλοποίηση των διαδικασιών απόκτησης δεδομένων με τη χρήση φορητών συσκευών που επιτρέπουν ταχύτερη και πιο αποτελεσματική βελτίωση στην προπόνηση του αθλητή. Αυτές οι συσκευές μεταφέρονται από αθλητές με τη μορφή ρούχων ή αξεσουάρ και έχουν σχεδιαστεί για να περιλαμβάνουν αισθητήρες, έναν μικροεπεξεργαστή και μια μονάδα επικοινωνίας που επιτρέπει τη σύνδεση σε ένα προσωπικό δίκτυο (PAN) όπου το smartphone παίζει κεντρικό ρόλο, όχι μόνο για την αποθήκευση δεδομένων και επεξεργασίας αλλά και να λειτουργεί ως πύλη, ενδυναμώνοντας φορητές συσκευές με πανταχού παρούσα συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο.

Η χρήση βιοδεικτών στον αθλητισμό και τη φυσική κατάσταση επιτρέπει τη χρήση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών που μετρώνται και χρησιμοποιούνται ως δείκτης φυσιολογικών βιολογικών διεργασιών, παθογόνων διεργασιών ή αποκρίσεων σε μια συγκεκριμένη εξωτερική έκθεση ή παρέμβαση. Υπάρχουν αρκετοί υποτύποι βιοδεικτών που μπορούν να οριστούν ως ταυτότητα, βιολογική αληθοφάνεια και μέθοδος μέτρησής του [7]. Υπό αυτή την έννοια, οι τεχνολογίες IoT διευκολύνουν τη συλλογή, την επεξεργασία, την επικοινωνία και την αποθήκευση αυτών των βιοδεικτών, ενισχύοντας τον ψηφιακό μετασχηματισμό στον αθλητισμό και τη φυσική κατάσταση και καθιστώντας τους ψηφιακούς βιοδείκτες πιο αντικειμενικούς, λόγω της φύσης τους σε πραγματικό χρόνο, της δυνατότητας εφαρμογής και των δεδομένων τους σε πραγματικό κόσμο. διαθεσιμότητα [8]. Οι βιοδείκτες συλλέγονται συχνά από wearables και συγκεντρώνονται από smartphone, και με δεδομένες τις πρόσφατες προόδους της μηχανικής μάθησης και της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), δημιουργούνται νέοι δρόμοι για την εξαγωγή γνώσης από δεδομένα βιοδεικτών, ωθώντας την έρευνα και την τεχνολογία σε μια νέα εποχή στον αθλητισμό και την αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης. 8].

4.2.1 Αξιολόγηση φυσικής κατάστασης

Η αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης και η παρακολούθηση του προπονητικού φορτίου έχουν γίνει δημοφιλές θέμα έρευνας στις αθλητικές επιστήμες [9,10,11]. Αυτοί οι τομείς βοηθούν τους προπονητές να κατανοήσουν καλύτερα την κατάσταση του παίκτη, καθώς και τις λειτουργικές προσαρμογές με την πάροδο του χρόνου [12,13]. Ενώ η αξιολόγηση φυσικής κατάστασης αντιπροσωπεύει μια χρονική στιγμή (εικόνα), η διαδικασία παρακολούθησης λαμβάνει χώρα σε μια συνέχεια κατά την περίοδο της παρέμβασης/έκθεσης. Συνήθως, η αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης στους αθλητές καλύπτει τις κύριες σωματικές ικανότητες, δηλαδή την αερόβια ικανότητα (γνωστή και ως καρδιοαναπνευστική ικανότητα), την αναερόβια ικανότητα και δύναμη, τη νευρομυϊκή ικανότητα (δύναμη και δύναμη), την ταχύτητα και την αλλαγή κατεύθυνσης και την κινητικότητα [14]. Επιπλέον, οι ανθρωπομετρικές αξιολογήσεις και οι αξιολογήσεις στάσης είναι επίσης κοινές σε μια πλήρη σειρά αξιολογήσεων φυσικής κατάστασης που συνήθως εκτελούνται σε αθλητές [15].

4.2.2 Παρακολούθηση των αθλητών

Όσον αφορά την παρακολούθηση των αθλητών, συνήθως καλύπτονται τέσσερις βασικοί τομείς [16]:

- (i) εσωτερικό φορτίο,
- (ii) εξωτερικό φορτίο,
- (iii) ευεξία και
- (iv) ετοιμότητα.

Το εσωτερικό φορτίο αντιπροσωπεύει τις ψυχοφυσιολογικές αποκρίσεις σε ένα δεδομένο εξωτερικό φορτίο, ενώ το εξωτερικό φορτίο αντιπροσωπεύει τις σωματικές απαιτήσεις που σχετίζονται με ένα δεδομένο ερέθισμα που παρέχεται από τον προπονητή [17]. Τα εσωτερικά φορτία συνήθως παρακολουθούνται χρησιμοποιώντας την πρόσληψη οξυγόνου, τη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα, τον καρδιακό ρυθμό ή τον ρυθμό αντιληπτής προσπάθειας [18]. Τα εξωτερικά φορτία συνήθως παρακολουθούνται με τη χρήση παγκόσμιων δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης, αδρανειακών μονάδων μέτρησης (IMU) [19] ή γραμμικών μετατροπών που παρέχουν μέτρα που σχετίζονται με αποστάσεις που καλύπτονται σε διαφορετικά κατώφλια ταχύτητας, επιταχύνσεις/επιβραδύνσεις και αλλαγές κατεύθυνσης [20]. Η ευημερία συνήθως παρακολουθείται χρησιμοποιώντας υποκειμενικές κλίμακες που σχετίζονται με την κόπωση, το άγχος, την ποιότητα του ύπνου, τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο ή τη διάθεση. Ωστόσο, ο ύπνος μπορεί επίσης να μετρηθεί χρησιμοποιώντας επιταχυνσιομετρία [21]. Η ετοιμότητα συνήθως αξιολογείται χρησιμοποιώντας τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού, την ανάκτηση του καρδιακού ρυθμού, τις παραλλαγές σε νευρομυϊκές δοκιμασίες (χρησιμοποιώντας πλάκες δύναμης ή πλατφόρμες επαφής) ή διακυμάνσεις στις μέγιστες προσπάθειες (όπως η ποδηλασία ή το σπριντ) [22,23].

Αυτή η κατηγορία σχετίζεται με εφαρμογές όπου τα wearable φοριούνται κατά τη διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων για την καταγραφή διαφορετικών μετρήσεων της δραστηριότητας χρήστη/αθλητή με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσή του/της. Επίσης, οι εφαρμογές αυτού του συμπλέγματος εξετάζουν τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την αναγνώριση των καθημερινών δραστηριοτήτων ανθρώπων και ζώων. Αν και η αναγνώριση δραστηριότητας μπορεί να έχει ορισμένες εφαρμογές στην ιατρική διαγνωστική και στην εξωνοσοκομειακή υγειονομική περίθαλψη, οι εφαρμογές που ανήκουν σε αυτό το σύμπλεγμα καλύπτουν περιπτώσεις χρήσης πέρα από την κατηγορία υγείας.

4.2.3 Χρήση του Wearable IoT στον Αθλητισμό: Αναγνώριση Δραστηριοτήτων για Καθημερινή Κίνηση και Αθλητικές Δραστηριότητες

Σε αυτήν την ενότητα, συζητάμε τη χρήση του wearable IoT για δύο σχετικές δραστηριότητες. Το πρώτο σύνολο δραστηριοτήτων ανήκει στην αναγνώριση των καθημερινών σωματικών Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

δραστηριοτήτων [23] και το δεύτερο σχετίζεται με δραστηριότητες που σχετίζονται με συγκεκριμένα αθλήματα [24]. Η αναγνώριση των καθημερινών σωματικών δραστηριοτήτων είναι συνήθως αφιερωμένη στην παρακολούθηση της ρουτίνας και της κίνησης του σώματος που σχετίζονται με τους σκελετικούς μύες, όπως το περπάτημα προς τα εμπρός, το περπάτημα προς τα πίσω, το τζόκινγκ, ο ύπνος, το τρέξιμο, το ανέβασμα ή το κατέβασμα της σκάλας, η κάμψη της μέσης, η μετωπική ανύψωση των χεριών, η κάμψη των γονάτων, και πηδώντας μπροστά ή πίσω. Περιλαμβάνει επίσης αναγνώριση στατικών στάσεων όπως το να κάθεται, να κάθεται και να χαλαρώνεις, να στέκεσαι, να ξαπλώνεις ή η αναγνώριση της μετάβασης από τη μια στάση στην άλλη, όπως η μετάβαση από όρθια στάση σε καθιστή στάση.

Σε γενικές γραμμές, το IoT μπορεί να προσφέρει άφθονες ευκαιρίες σε παίκτες, οργανισμούς και οπαδούς να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα και τις προσφορές τους δημιουργώντας ένα περιβάλλον στο οποίο οι αθλητές μπορούν να λάβουν καλύτερη εκπαίδευση ή να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα που τους βοηθούν να διατηρηθούν πιο υγιείς. Προπονητές μπορούν να κάνουν ανάλυση τραυματισμών ή να βρουν μετρήσεις απόδοσης των παικτών και οι οργανισμοί μπορούν να προσφέρουν στρατηγικές αφοσίωσης θαυμαστών ή να επιτρέψουν στους θαυμαστές να λαμβάνουν εξατομικευμένες προσφορές από την αγαπημένη τους ομάδα. Το Wearable IoT αλλάζει το παιχνίδι στις αθλητικές δραστηριότητες. Ωστόσο, η χρήση του wearable IoT είναι επί του παρόντος περιορισμένη λόγω ορισμένων κανονισμών πρωταθλημάτων και ορισμένων προκλήσεων που πρέπει να επιλυθούν. Ωστόσο, καθώς όλο και περισσότεροι οργανισμοί αναγνωρίζουν τα πλεονεκτήματα που μπορούν να προσφέρουν τα φορητά IoT σε παίκτες, προπονητές και θαυμαστές, θα δούμε ότι οι φορητές συσκευές IoT γίνονται όλο και πιο διαδεδομένες στον αθλητισμό. Παρόλο που το φορητό IoT μπορεί να προσφέρει ατελείωτες ευκαιρίες σε αθλήματα, όπως εξηγήθηκε παραπάνω, σε αυτήν την ενότητα, συζητάμε εκείνα τα έγγραφα που σχετίζονται με την αναγνώριση δραστηριοτήτων για συγκεκριμένα αθλήματα όπως σκι, αναρρίχηση, πολεμικές τέχνες, τένις, κολύμβηση, μπάντμιντον, άρση βαρών, ή μπέιζμπολ. Πρέπει να αναφερθεί ότι οι άλλες ευκαιρίες που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν έχουν λάβει ιδιαίτερη προσοχή.

4.2.4 Ανίχνευση Ανθρώπινης Δραστηριότητας με Αισθητήρες: Τεχνικές και Προοπτικές

Η ανίχνευση της ανθρώπινης φυσικής δραστηριότητας έχει βρει μεγάλη προσοχή [25]–[30], [23].

Για την ανίχνευση της ανθρώπινης σωματικής δραστηριότητας, ένας ή περισσότεροι αισθητήρες είναι εγκατεστημένοι σε μία ή περισσότερες φορητές συσκευές που είναι προσαρτημένες στο σώμα. Αυτοί οι αισθητήρες παράγουν σήματα που μπορούν να αναλυθούν για να ανιχνεύσουν τον τύπο δραστηριότητας και να βρουν τις πληροφορίες που διαφοροποιούν διάφορες δραστηριότητες. Οι υπάρχουσες μέθοδοι συνήθως επιτυγχάνουν αυτόν τον στόχο σε τέσσερα στάδια. Το πρώτο στάδιο είναι η προεπεξεργασία, η ακύρωση θορύβου και η προσαρμογή του εύρους σήματος που προετοιμάζει το σήμα για τα επόμενα στάδια. Το δεύτερο στάδιο είναι η εξαγωγή χαρακτηριστικών κατά την οποία εξάγονται τα χαρακτηριστικά ή οι παράμετροι ειδικά για το σήμα. Τα εξαγόμενα χαρακτηριστικά μπορούν συνήθως να κατηγοριοποιηθούν ως δομικά ή στατιστικά χαρακτηριστικά. Τα δομικά χαρακτηριστικά βρίσκουν τη συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών σημάτων. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά μπορούν να βρεθούν μέσω ανάλυσης χρονικού ή μετασχηματισμένου τομέα ενός σήματος. Παραδείγματα στατιστικών χαρακτηριστικών είναι η μέση τιμή, η μέγιστη τιμή, η κορυφή και το μέγεθος του σήματος. Ο μετασχηματισμός που χρησιμοποιείται συνήθως για την εύρεση των στατιστικών χαρακτηριστικών είναι ο Μετασχηματισμός Φουριέ (FT) [31], [32], ο Διακριτής Μετασχηματισμός Συνημιτόνου (DCT) [33] ή ο Μετασχηματισμός Κυματιδίων (WT). Το τρίτο στάδιο είναι η μείωση χαρακτηριστικών που προσπαθεί να βρει τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο τελικό στάδιο αφαιρώντας τις περιττές και άσχετες πληροφορίες. Η ταξινόμηση είναι το τελευταίο στάδιο στο οποίο το μειωμένο σύνολο χαρακτηριστικών συγκεντρώνεται για την εύρεση μοτίβων μεταξύ διαφόρων δραστηριοτήτων χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο ταξινόμησης. Οι αλγόριθμοι ταξινόμησης μπορούν να γίνουν χρησιμοποιώντας την πιθανότητα μιας δραστηριότητας σύμφωνα με ένα σύνολο χαρακτηριστικών και τις πιθανότητές τους [34], τις προσομοιώσεις μεταξύ χαρακτηριστικών σύμφωνα με ένα σύνολο φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

δεδομένων, τη μετατροπή των χαρακτηριστικών σε ένα χώρο που μπορεί να βοηθήσει στον προσδιορισμό του τύπου δραστηριότητας [35], [36], μοντέλο που βασίζεται στην ιεραρχία για να χαρτογραφήσει τα χαρακτηριστικά σε δραστηριότητες με βάση μια απόφαση δέντρο [37]–[39], ή τεχνητό νευρωνικό δίκτυο και αλγόριθμος μηχανικής μάθησης [40], [41].

Για αθλητικές δραστηριότητες, η μέτρηση και η εκτίμηση της απόδοσης ή της αποτελεσματικότητας των ενεργειών που σχετίζονται με συγκεκριμένο άθλημα και η παροχή ανατροφοδότησης σχετικά με παραμέτρους όπως ο χρόνος, η γωνία ή η ποσότητα εφαρμογής ή απελευθέρωσης μιας δύναμης μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της ακρίβειας και της απόδοσης. Χρησιμοποιώντας αυτές τις τεχνικές, οι παίκτες μπορούν να λάβουν σχόλια σε πραγματικό χρόνο για την απόδοσή τους και να βελτιώσουν την απόδοσή τους για να την κάνουν πιο συνεπή. Υπάρχουν πολλές εργασίες που συζητούν τη χρήση φορητών συσκευών για τη βελτίωση της ποιότητας των δραστηριοτήτων ενός συγκεκριμένου αθλήματος ή ακόμη και την υποχρέωση του χρήστη να κάνει κάτι που δεν θα ήταν δυνατό χωρίς τη χρήση της φορητής συσκευής. Ο χρήστης συνήθως λαμβάνει ένα μήνυμα για να τον βοηθήσει να κατανοήσει την ποιότητα της απόδοσης ή να του παρέχει βοήθεια για το πώς να προχωρήσει. Αυτά τα μηνύματα ενδέχεται να εμφανίζονται στην οθόνη του wearable ή σε οθόνες σε κάποια άλλα μέρη. Ο χρήστης μπορεί επίσης να λάβει τα μηνύματα ή μια ένδειξη ενός μηνύματος χρησιμοποιώντας ήχο ή απτικά. Η απόδοση δραστηριοτήτων που σχετίζονται με πολλά διαφορετικά αθλήματα έχουν ερευνηθεί όπως το μπάντμιντον [42], [43], το μπάσκετ [44], [45], η κωπηλασία [46], [47], η κολύμβηση [48], [49], χόκεϊ [50], σκι [51], [52], πολεμική τέχνη [53], [35], άρση βαρών [54], τένις [55], μπίιζμπολ [56] και γκολφ [57], [58].

Το βασικό μέλημα της έρευνας αυτής ήταν να εξεταστεί η χρήση αισθητήρων σε αθλητικές εφαρμογές. Το έγγραφο παρουσιάζει τους διάφορους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε φορητές συσκευές για την παρακολούθηση δραστηριοτήτων και τη συλλογή φυσιολογικών δεδομένων του αθλητή κατά τη διάρκεια της άσκησης. Οι αισθητήρες συλλέγουν τα δεδομένα με μη επεμβατικό τρόπο και παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες στον αθλητή για να βελτιώσει την απόδοσή του και να μειώσει τους τραυματισμούς. Επίσης, παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την υγεία και άλλες παραμέτρους της άσκησης. Μελλοντικές εξελίξεις θα πρέπει να εστιάζουν στην περαιτέρω έρευνα των φορητών συσκευών και στην αποτελεσματική οπτικοποίηση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, πρέπει να αντιμετωπιστούν προκλήσεις όπως η ασφαλής μετάδοση δεδομένων και η εξοικονόμηση ενέργειας από τις φορητές συσκευές.

4.3. Παρακολούθηση και εντοπισμός

Αυτή η κατηγορία, χρησιμοποιείται κυρίως για την παρακολούθηση ανθρώπων και ζώων, για τον προσδιορισμό της τοποθεσίας τους στο διαδίκτυο. Η εύρεση της θέσης ενός ατόμου ή ενός ζώου που φοράει φορητή συσκευή είναι σημαντική σε πολλές εφαρμογές. Η μελέτη του ταξιδιού της τροχιάς ενός πουλιού, η εύρεση της θέσης ενός ηλικιωμένου πολίτη σε μια μονάδα φροντίδας στο σπίτι, η ανάλυση της κίνησης των ανθρώπων που επισκέπτονται μια έκθεση ή η παρακολούθηση κατοικίδιων ζώων είναι μερικά παραδείγματα αυτών των εφαρμογών. Μια ολοκληρωμένη μελέτη για τον εντοπισμό με χρήση τεχνολογίας IoT δημοσιεύεται στο [59], αλλά η μελέτη δεν επικεντρώνεται στο φορητό IoT. Γενικά, οι μέθοδοι εντοπισμού που συζητούνται στη βιβλιογραφία μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες. Αυτά που χρησιμοποιούν εκπαίδευση εκτός σύνδεσης και αυτά που χωρίς χρήση εκπαίδευσης εκτός σύνδεσης μπορούν να καθορίσουν την τοποθεσία.

4.3.1 Μέθοδοι παρακολούθησης και εντοπισμού

Οι μέθοδοι που εξαρτώνται από την εκπαίδευση μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ομάδες:

- 1) Δακτυλικά αποτυπώματα
- 2) Μοντέλα στοχευμένα και
- 3) Σχήματα που βασίζονται στη μηχανική μάθηση.

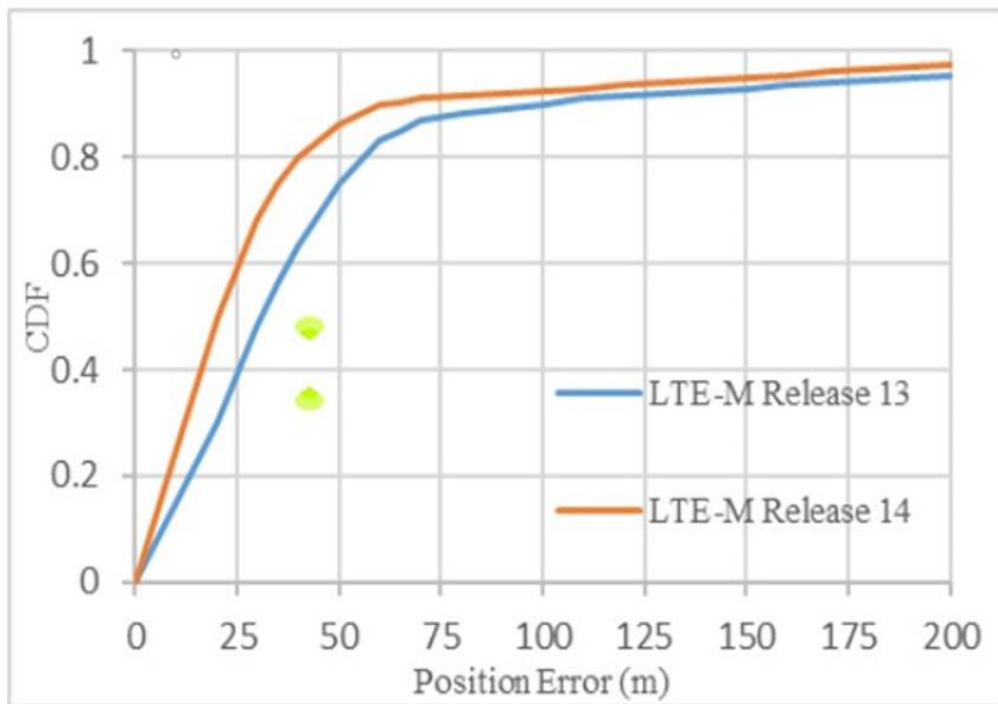
Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

Τα δακτυλικά αποτυπώματα έχουν μελετηθεί εκτενώς με τη χρήση διαφόρων τύπων σημάτων, όπως το γενικό μοτίβο σήματος, το ηχητικό σήμα, το σήμα βίντεο και η κίνηση [60], [61]. Το γενικό μοτίβο σήματος εξαρτάται συνήθως από την τιμή του δείκτη ισχύος ληφθέντος σήματος (RSSI) του ασύρματου σήματος στο οποίο βρίσκεται το δακτυλικό αποτύπωμα τοποθεσίας μέσω της έρευνας τοποθεσίας και καταγράφεται σε μια βάση δεδομένων δακτυλικών αποτυπωμάτων. Αυτές οι πληροφορίες δακτυλικών αποτυπωμάτων χρησιμοποιούνται αργότερα από έναν αλγόριθμο εντοπισμού στο διαδίκτυο για την εκτίμηση της τοποθεσίας. Το δακτυλικό αποτύπωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οπτικές πληροφορίες που συλλαμβάνονται από κάμερα ή ηχητικά σήματα που καταγράφονται από μικρόφωνο. Οι συσκευές IoT μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν συνεργατικές μεθόδους εντοπισμού που βασίζονται στην αμοιβαία μέτρηση θέσης κάθε συσκευής IoT καθώς και στη σχετική απόσταση των συσκευών.

Η μη προπονητική κατηγορία της μεθόδου εντοπισμού μπορεί επίσης να χωριστεί σε διάφορες ομάδες. Το κύριο σύμπλεγμα περιλαμβάνει τις μεθόδους που χρησιμοποιούν γεωμετρικές πληροφορίες για την εκτίμηση της θέσης με βάση την πολυδιάσπαση, τον τριγωνισμό, την επικάλυψη περιοχών και άλλες γεωμετρικές σχετικές μεθόδους [62]–[66]. Οι άλλες ομάδες της κατηγορίας μη εκπαίδευσης είναι η κινητικότητα, ο σχεδιασμός διαδρομής και η στατιστική [59].

4.3.2 Εκτίμηση τοποθεσίας

Μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στο κυψελοειδές IoT 3rd Generation Partnership Project 3GPP Release 14 για την εκτίμηση τοποθεσίας με βάση το γεωμετρικό σύμπλεγμα είναι η παρατηρούμενη διαφορά ώρας άφιξης (OTDOA). Το 3GPP Έκδοση 13 δεν παρέχει καμία πληροφορία θέσης εκτός από την Ταυτότητα Κυψέλης (CID), η οποία υποδεικνύει την κυψέλη στην οποία βρίσκεται η συσκευή IoT. Στην Έκδοση 14 δεν παρουσιάζεται μόνο η υποστήριξη ανάπτυξης για τη δυνατότητα του OTDOA, αλλά και το πρότυπο εισάγει βελτιώσεις για την ολοκλήρωση των απαιτήσεων μέτρησης Εξοπλισμού Χρήστη (UE) για βελτιωμένο CID. Σημειώστε ότι το OTDOA είναι μια τεχνική εντοπισμού θέσης που βασίζεται σε κατερχόμενη ζεύξη, όπου μια συσκευή IoT μετρά τους χρόνους άφιξης των σημάτων αναφοράς θέσης (PRS) που λαμβάνονται από διάφορους κόμβους σε σχέση με τη μετάδοση PRS ενός κόμβου αναφοράς για να σχηματίσουν τις μετρήσεις της διαφοράς χρόνου σήματος αναφοράς (RSTD). Οι μετρήσεις RSTD στη συνέχεια μεταφράζονται σε μια γεωγραφική υπερβολή όπου η τοποθετημένη UE θεωρείται ότι βρίσκεται. Λαμβάνοντας υπόψη πολλαπλές μετρήσεις RSTD, η θέση UE μπορεί να εκτιμηθεί ότι βρίσκεται στο σημείο διασταύρωσης των αντίστοιχων υπερβολών. Μετρώντας το σφάλμα οριζόντιας θέσης του δικτύου LTE-M όπως φαίνεται στην Εικόνα 8, μπορούμε να δείξουμε τη συνάρτηση αθροιστικής κατανομής (CDF) της οριζόντιας θέσης σφάλματος. Είναι σαφές ότι με τη χρήση του δικτύου LTE-M μπορεί να επιτευχθεί οριζόντια ανάλυση περίπου 50 m, η οποία είναι κατάλληλη για πολλές εφαρμογές που φοριούνται.



Εικόνα 8. Αποτελέσματα προσομοίωσης που δείχνουν την ακρίβεια της τοποθέτησης σε δίκτυα LTE-M χρησιμοποιώντας την έκδοση 13 και την έκδοση 14.[172]

4.4. Ασφάλεια

Αυτή η κατηγορία ανήκει στα wearables που χρησιμοποιούνται για την παροχή ασφαλούς περιβάλλοντος στους χρήστες. Για παράδειγμα, ένα σύστημα παρακολούθησης κόπωσης μπορεί να ειδοποιήσει τους οδηγούς που κοιμούνται στο τιμόνι και να ειδοποιήσει τους εργοδότες. Ή ως άλλο παράδειγμα, οι φορητές συσκευές μπορούν να συλλέγουν τα δεδομένα ποιότητας του αέρα στα ορυχεία για να διασφαλίσουν την υγεία του εργαζομένου και να μειώσουν τους κινδύνους για τους ανθρακωρύχους και το κόστος για τους εργοδότες. Η πρόληψη και η ανίχνευση της πτώσης ειδικά σε ηλικιωμένους είναι ένα σημαντικό πρόβλημα και υπάρχουν πολλές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται φορητές συσκευές για τον εντοπισμό ή την πρόληψη πτώσεων.

Οι φορητοί αισθητήρες IoT που προορίζονται για ασφάλεια επικεντρώνονται κυρίως σε τρεις κύριες εφαρμογές:

- 1) ανίχνευση πτώσης και πρόληψη
- 2) ανίχνευση κόπωσης υπνηλίας
- 3) παρακολούθηση περιβαλλοντικής κατάστασης.

4.4.1 Ανίχνευση και πρόληψη πτώσης

Η τυχαία πτώση είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τους ηλικιωμένους. Ακόμα κι αν μια πτώση δεν είναι θανατηφόρα, το αποτέλεσμα μιας πτώσης υποβαθμίζει σημαντικά την ποιότητα ζωής. Για τη συνεχή παρακολούθηση για συμβάντα πτώσης, η χρήση φορητών συσκευών είναι πιο εφαρμόσιμη σε σύγκριση με άλλες μεθόδους που χρησιμοποιούν σταθερή υποδομή όπως σταθερή κάμερα [67]–[69] ή έξυπνο πλακίδιο [70] λόγω έλλειψης περιορισμού στην τοποθεσία αποφασιστικότητα ή ακόμα και μπλοκάρισμα σκηνής για όσους χρησιμοποιούν κάμερα.

Παρακάτω θα συζητήσουμε τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιεί φορητό IoT για σκοπούς ανίχνευσης ή πρόβλεψης πτώσης.

Για την ανίχνευση της πτώσης συνήθως χρησιμοποιούνται οι αδρανειακές αισθητήρες όπως το γυροσκόπιο ή το επιταχυνσιόμετρο. Το σύστημα ανίχνευσης πτώσης πρέπει να είναι αρκετά γρήγορο ώστε να ανιχνεύει γρήγορα την πτώση για να είναι ωφέλιμο. Ωστόσο, για να ανιχνεύονται με ακρίβεια τα γεγονότα πτώσης και να ελαχιστοποιούνται τα ψευδώς θετικά, το σύστημα ανίχνευσης πτώσης πρέπει να κάνει διαφοροποίηση μεταξύ μιας πτώσης και άλλων καθημερινών δραστηριοτήτων [71]. Αυτό μπορεί να γίνει με την εύρεση παραμέτρων όπως η στάση του σώματος, η ταχύτητα πτώσης ή η γωνιακή ταχύτητα [72], [73]. Πρέπει να σημειωθεί ότι ορισμένες από αυτές τις παραμέτρους όχι μόνο διαφέρουν από άτομο σε άτομο, αλλά αλλάζουν και με τη γήρανση [74]. Επομένως, για να είναι δυνατή η σωστή ανίχνευση πτώσεων, οι αλγόριθμοι ανίχνευσης πτώσης χρειάζονται ουσιαστικό υπολογισμό. Η θεμελιώδης ιδέα πίσω από τους περισσότερους αλγόριθμους ανίχνευσης και πρόληψης πτώσης είναι η χρήση των πληροφοριών κίνησης για τη διαφοροποίηση μεταξύ μιας πτώσης και άλλων τύπων καθημερινών δραστηριοτήτων. Μια πτώση μπορεί να χαρακτηριστεί ως ακούσια κίνηση που δεν εκτελείται ελεγχόμενα και προκαλεί απότομη κίνηση με γρήγορη ταχύτητα. Οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι για την πρόληψη της πτώσης είναι σχήματα που βασίζονται στο κατώφλι, στα οποία οι πληροφορίες κίνησης, όπως το κατακόρυφο προφίλ ταχύτητας, συγκρίνονται με ένα σύνολο τιμών κατωφλίου για να εντοπιστεί εάν το άτομο είναι σταθερό, έχει πέσει ή πρόκειται να πέσει. Οι τιμές κατωφλίου μπορεί να είναι σταθερές ή προσαρμοστικές τιμές. Γενικά, τα κατώφλια σταθερής τιμής έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερη υπολογιστική πολυπλοκότητα και χαμηλότερη απόδοση σε σύγκριση με τα προσαρμοστικά σχήματα κατωφλίου.

Τα προσαρμοστικά κατώφλια μπορούν να υπολογιστούν δυναμικά με βάση το ιστορικό και την επεξεργασία μεμονωμένων δεδομένων κίνησης και κίνησης [75]–[77] ή με βάση την ομαδοποίηση των ατόμων ανάλογα με το φύλο, το ύψος, το βάρος και την ηλικία τους [78]. Στο [79] προ δοκιμασμένα πρότυπα αναφοράς για κάθε τύπο πτώσης που χρησιμοποιούν σύγκριση μεταξύ των γωνιών και των γωνιακών ταχυτήτων του τμήματος του μηρού μεταξύ πτώσεων και κανονικών δραστηριοτήτων χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση πτώσης. Ορισμένες άλλες εργασίες προτείνουν τη χρήση μηχανικής εκμάθησης για αυτόν τον σκοπό [80]–[82], όπως η χρήση [83]–[85] της Υποστήριξης Διανυσματικής Μηχανής (SVM) μέσω διαδικασιών επιλογής χαρακτηριστικών μεταξύ ενός αριθμού ακατέργαστων σημάτων από το γυροσκόπιο και αισθητήρες επιταχυνσιόμετρου.

4.4.2 Ανίχνευση υπνηλίας-κόπωσης

Σε γενικές γραμμές, οι τεχνικές ανίχνευσης υπνηλίας και τα συστήματα ειδοποίησης μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε κατηγορίες ως 1) με βάση την επεξεργασία εικόνας, 2) με βάση το EEG, 3) με βάση το τεχνητό νευρωνικό δίκτυο, 4) με βάση το όχημα και 5) υποκειμενικά μέτρα [86]. Σε όλες αυτές τις τεχνικές, απαιτούνται ισχυροί επεξεργαστές για την επεξεργασία των πολύπλοκων υπολογισμών και την ανίχνευση υπνηλίας ή κόπωσης. Μια άλλη εναλλακτική είναι να στείλετε τα ακατέργαστα δεδομένα στο cloud και να βάλετε το βάρος της επεξεργασίας στους ώμους των διακομιστών ισχύος.

Στο [87], προτείνεται μια λύση ανίχνευσης υπνηλίας-κόπωσης για την αύξηση της οδικής ασφάλειας. Το σύστημα βασίζεται σε φορητά έξυπνα γυαλιά και αποτελείται από ένα ζευγάρι φορητά έξυπνα γυαλιά, μια πλατφόρμα τηλεματικής ενημέρωσης και ψυχαγωγίας εντός του οχήματος, μια ενσωματωμένη διαγνωστική γέφυρα αυτοκινήτου με βάση το διαγνωστικό II, έναν ενεργό μηχανισμό προειδοποίησης πίσω φωτός του οχήματος και ένα σύννεφο. βασισμένη πλατφόρμα διαχείρισης. Το σύστημα ανίχνευσης είναι σε θέση να ανιχνεύει εάν ο οδηγός είναι νυσταγμένος ή κουρασμένος σε πραγματικό χρόνο και μόλις εντοπιστεί μια τέτοια κατάσταση, οι άλλοι οδηγοί ειδοποιούνται αυτόματα μέσω του ενεργού μηχανισμού ειδοποίησης πραγματικού φωτός του οχήματος. Τα δεδομένα που συλλέγονται αποστέλλονται ταυτόχρονα σε μια πλατφόρμα διαχείρισης που βασίζεται σε σύννεφο.

Στο [88], για την ανίχνευση των νυσταγμένων εργαζομένων προτείνεται ένα σύστημα χαμηλού κόστους που βασίζεται σε ΗΕΓ. Το τροποποιημένο έξυπνο κράνος ασφαλείας φοριέται από τον

εργαζόμενο και μεταδίδει τα δεδομένα σε έναν τοπικό διακομιστή που εκτελεί έναν αλγόριθμο τυχαίας ταξινόμησης δασών για να επαληθεύσει εάν η κατάσταση ύπνου είναι διακομιστής για να ειδοποιήσει τον επόπτη βάρδιας. Εάν ο εργαζόμενος πέσει κάτω, ένας μόνο αισθητήρας μονάδας μέτρησης αδρανείας (IMU) μπορεί να ανιχνεύσει την πτώση. Έχει επίσης σχεδιαστεί μια εφαρμογή για κινητά όπου ο επόπτης μπορεί να παρακολουθεί συνεχώς την κατάσταση του εργαζομένου.

4.4.3 Παρακολούθηση περιβαλλοντικής κατάστασης

Οι επικίνδυνες περιβαλλοντικές καταστάσεις μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρά προβλήματα υγείας και είναι ζωτικής σημασίας να αναπτυχθούν συστήματα γρήγορης απόκρισης σε τέτοια περιβάλλοντα για να προειδοποιούνται οι εργαζόμενοι. Επιπλέον, τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τους περιβαλλοντικούς φορητούς αισθητήρες παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην υγεία των ατόμων. Τα wearables μπορούν επίσης να εγκατασταθούν σε οχήματα ή ζώα για να σχηματίσουν κινητά ασύρματα δίκτυα αισθητήρων για την πρόβλεψη επικίνδυνων συνθηκών. Για παράδειγμα, τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τα ζώα σε διάφορες φάρμες μπορεί να βοηθήσουν τον επιστήμονα να προβλέψει τον σεισμό σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Οι ερευνητές στο [89] παρουσίασαν ένα φορητό εξοπλισμό ασφαλείας εξοπλισμένο με ένα αυτοτροφοδοτούμενο δίκτυο αισθητήρων που χρησιμοποιεί συλλογή ηλιακής ενέργειας Maximum Power Point Control (MPPT), αρκετούς κόμβους περιβαλλοντικής ανίχνευσης χαμηλής ισχύος και ασύρματες μονάδες log range χωρίς άδεια (δηλαδή LoRa). Οι φορητοί αισθητήρες μετρούν τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και τον δείκτη υπεριώδους (UV) στη γύρω περιοχή. Οι μετρήσεις που συλλέγονται αποστέλλονται σε μια πύλη και έναν διακομιστή cloud μέσω ενός συστήματος συνδεσιμότητας LoRa.

Στο [90], προτείνεται μια εφαρμογή ασφαλείας φορητών συσκευών για την ανίχνευση επικίνδυνων συνθηκών στα αρχικά στάδια και την προειδοποίηση των εργαζομένων. Το σύστημα ανιχνεύει το CO₂, τη θερμοκρασία και τα σχετικά υγρασία και στη συνέχεια τα δεδομένα κοινοποιούνται χρησιμοποιώντας μια μονάδα XBee DigiMesh.

Στο [91], παρουσιάζεται ένα φορητό περιβαλλοντικό δίκτυο αισθητήρων για την παρακολούθηση του αστικού περιβάλλοντος. Το σύστημα διαθέτει επτά περιβαλλοντικούς αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρα υπέρυθρης θερμοκρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης, επιταχυνσιόμετρο, θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, φωτός περιβάλλοντος και IMU και η ασύρματη επικοινωνία γίνεται μέσω Wi-Fi. Η κατανάλωση ενέργειας του συστήματος είναι τόσο χαμηλή που η επαναφορτιζόμενη μπαταρία μπορεί να διαρκέσει έως και επτά ημέρες. Οι συγγραφείς στο [92], παρουσιάζουν ένα φορητό δίκτυο αισθητήρων χαμηλής ισχύος που μετρά τη συγκέντρωση CO₂, το μαγνητικό πεδίο της Γης, τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία. Το σχήμα επικοινωνίας αυτού του δικτύου αισθητήρων βασίζεται στην τεχνολογία Bluetooth.

4.5. Ανάλυση επιπτώσεων φορέων συσκευών Internet of Things (IoT)

Οι συσκευές Internet of Things (IoT) έχουν επιφέρει σημαντικές αλλαγές σε διάφορους τομείς, προσφέροντας βελτιώσεις στην αποδοτικότητα, την ασφάλεια και την ποιότητα ζωής. Ακολουθούν αναλυτικά στατιστικά στοιχεία με αριθμούς και ποσοστά για κάθε τομέα [Πηγές: Exactitude Consultancy [173], Liberal.gr [174], Statista, McKinsey & Company, IoT Analytics [176] [177]]:

Τομέας της Υγείας:

- **Ανάπτυξη της Αγοράς IoT στην Υγεία:** Η αγορά του IoT στον τομέα της υγείας αναμένεται να αυξηθεί με σύνθετο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης (CAGR) 14% έως το 2028, υποδεικνύοντας σημαντική επένδυση και υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών. [Πηγή: Exactitude Consultancy]

- **Αύξηση Δαπανών σε IoT Υγειονομικής Περιθαλψης:** Το 2020, οι δαπάνες για IoT στην υγειονομική περίθαλψη παρουσίασαν ρυθμό ανάπτυξης 14,5%, αντανακλώντας την αυξανόμενη ενσωμάτωση των IoT συσκευών στον τομέα αυτό. [Πηγή: [Liberal](#)]

Τομέας Αναγνώρισης Δραστηριοτήτων και Αθλητισμού:

- **Φορητές Συσκευές Παρακολούθησης:** Η χρήση φορητών συσκευών IoT, όπως έξυπνα ρολόγια και βραχιόλια γυμναστικής, έχει αυξηθεί σημαντικά, με εκατομμύρια χρήστες παγκοσμίως να παρακολουθούν τη φυσική τους δραστηριότητα και την υγεία τους μέσω αυτών των συσκευών.
- **Αύξηση Αγοράς Wearable Devices:** Η παγκόσμια αγορά φορητών συσκευών αναμένεται να φτάσει τα 62 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2025, με ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης περίπου 15%, υποδεικνύοντας την αυξανόμενη ζήτηση για συσκευές που παρακολουθούν δραστηριότητες και υγεία.

Τομέας Παρακολούθησης και Εντοπισμού Αντικειμένων:

- **Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας:** Η ενσωμάτωση IoT στις εφοδιαστικές αλυσίδες έχει οδηγήσει σε μείωση του λειτουργικού κόστους κατά 30% και βελτίωση της αποδοτικότητας κατά 15%, μέσω της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο και της βελτιστοποίησης των διαδικασιών.
- **Ασφάλεια Μεταφορών:** Οι IoT συσκευές έχουν συμβάλει σε μείωση των κλοπών εμπορευμάτων κατά 40%, παρέχοντας δυνατότητες εντοπισμού και παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο.

Τομέας Ασφάλειας Κτηρίων και Υποδομών:

- **Έξυπνα Συστήματα Ασφαλείας:** Η υιοθέτηση IoT συσκευών σε κτήρια έχει οδηγήσει σε μείωση των περιστατικών παραβίασης ασφαλείας κατά 25%, μέσω της συνεχούς παρακολούθησης και των αυτόματων ειδοποιήσεων.
- **Διαχείριση Ενέργειας σε Κτήρια:** Η χρήση IoT για την παρακολούθηση και βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας έχει επιφέρει μείωση του ενεργειακού κόστους έως και 20%, συμβάλλοντας στην αποδοτικότερη χρήση των πόρων.

Συνολικά, οι συσκευές IoT συνεχίζουν να επηρεάζουν θετικά πολλούς τομείς, προσφέροντας μετρήσιμα οφέλη σε αποδοτικότητα, ασφάλεια και ποιότητα ζωής.

5. ΦΟΡΕΤΟ ΙΟΤ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Οι φορητοί ιατρικοί αισθητήρες έχουν αναδειχθεί ως ισχυρά εργαλεία στο ταχέως εξελισσόμενο τοπίο της υγειονομικής περίθαλψης, δίνοντας τη δυνατότητα στα άτομα να παρακολουθούν την υγεία τους σε πραγματικό χρόνο και δίνοντας τη δυνατότητα στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να παρέχουν εξατομικευμένες, προληπτικές παρεμβάσεις. Αλλά οι δυνατότητες της τεχνολογίας φορητών ιατρικών αισθητήρων εκτείνονται πολύ πέρα από τη συλλογή και την παρακολούθηση δεδομένων. Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) και των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης έχει ξεκλειδώσει μια νέα εποχή δυνατοτήτων, ωθώντας αυτές τις συσκευές στην πρώτη γραμμή των λύσεων υγειονομικής περίθαλψης αιχμής..

Οι φορητές ιατρικές συσκευές, οι οποίες φοριούνται στο σώμα για την παρακολούθηση και τη συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με την υγεία, έχουν σχεδιαστεί για να επιτρέπουν στα άτομα και την ομάδα υγειονομικής περίθαλψής τους να αποκτούν πληροφορίες για την κατάσταση της υγείας τους και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις θεραπείας. Η ενσωμάτωση φορητών συσκευών με τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση ενισχύει περαιτέρω αυτές τις δυνατότητες. Για όσους δεν είναι εξοικειωμένοι, η τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται στην ανάπτυξη και εφαρμογή συστημάτων υπολογιστών που μπορούν να εκτελέσουν εργασίες που απαιτούν συνήθως ανθρώπινη νοημοσύνη. Περιλαμβάνει τη δημιουργία αλγορίθμων και μοντέλων που επιτρέπουν στις μηχανές να αναλύουν δεδομένα, να συλλογίζονται, να μαθαίνουν και να λαμβάνουν αποφάσεις ή προβλέψεις. Η μηχανική εκμάθηση είναι βασικό συστατικό της τεχνητής νοημοσύνης. Στη μηχανική μάθηση, οι αλγόριθμοι εκπαιδεύονται σε δεδομένα για να

Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

αναγνωρίζουν μοτίβα και να κάνουν προβλέψεις ή ταξινομήσεις χωρίς να είναι ρητά προγραμματισμένοι. Μέσω της επαναληπτικής μάθησης, τα μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορούν να βελτιώνουν συνεχώς την απόδοσή τους και να προσαρμόζονται σε νέα δεδομένα. Ο ρόλος της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης στις φορητές ιατρικές συσκευές μόλις αρχίζει να διερευνάται. Αυτό που είναι ήδη βέβαιο είναι ότι αυτά τα εξαρτήματα παρέχουν μια σειρά πλεονεκτημάτων, αλλά συνοδεύονται και από ένα ειδικό σύνολο προκλήσεων και προβλημάτων.

5.1 Εφαρμογές για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης

Αυτή η ενότητα εξετάζει εφαρμογές για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης σε διάφορους τομείς και αγορές:

- (1) υγειονομικές και ιατρικές εφαρμογές για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης.
- (2) εφαρμογές επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης.
- (3) εφαρμογές αθλητισμού και ψυχαγωγίας για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης. και
- (4) εφαρμογές περιβάλλοντος για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης.

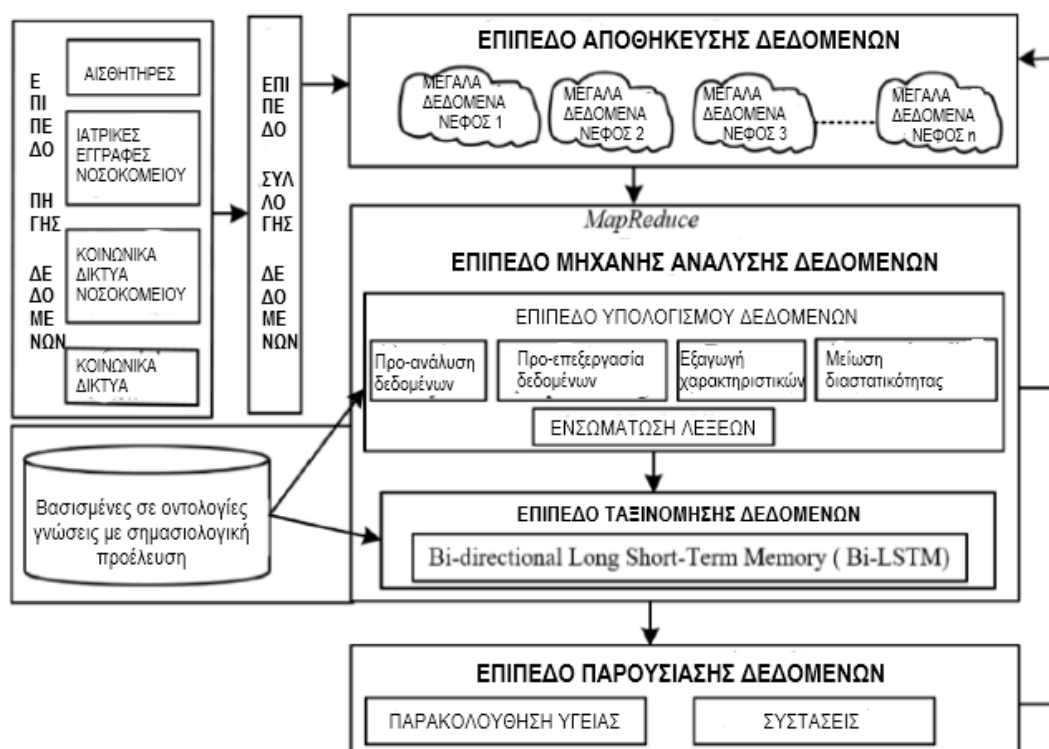
5.1.1 Υγειονομική περίθαλψη και ιατρικές εφαρμογές για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης

Οι συγγραφείς στο (Ali et al., 2021 [148]) πρότειναν ένα σύστημα παρακολούθησης της υγειονομικής περίθαλψης που χρησιμοποιεί έξυπνα wearables και AI που βελτίωσε την αποτελεσματικότητα του χειρισμού δεδομένων και την ταξινόμηση των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης για την παρακολούθηση της υγείας των ασθενών. Τα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης συλλέχθηκαν από διαφορετικές πηγές, όπως κινητά τηλέφωνα, φορητές συσκευές, ιατρικά αρχεία και περιεχόμενο κοινωνικών δικτύων. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν διατηρήθηκαν στο δίκτυο cloud και αναλύθηκαν στο σύστημα μεγάλων δεδομένων. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με διαφορετικές προσεγγίσεις που περιλάμβαναν την εξόρυξη δεδομένων, οντολογίες και τη χρήση αμφίδρομης βραχυπρόθεσμης μνήμης (Bi-LSTM). Τα εξορυσσόμενα δεδομένα υποστηρίζουν την προ επεξεργασία και τη συμπίεση του μεγέθους των δεδομένων, οι οντολογίες παρέχουν μια προοπτική για τα χαρακτηριστικά, ενώ το Bi-LSTM πραγματοποιεί την ταξινόμηση των δεδομένων για την υγειονομική περίθαλψη για να προσδιορίσει τις αρνητικές συνέπειες του φαρμάκου και της ασυνήθιστης λειτουργικότητας στους ασθενείς.

Η εικόνα 9 δείχνει την αρχιτεκτονική άποψη του συστήματος παρακολούθησης της υγειονομικής περίθαλψης. Υπάρχουν πέντε επίπεδα στην αρχιτεκτονική άποψη του συστήματος:

- (1) επίπεδο πηγής δεδομένων, όπου τα δεδομένα παράγονται από διαφορετικούς τύπους πηγών.
- (2) στρώμα συλλογής δεδομένων, το οποίο συλλέγει και συλλέγει τα δεδομένα που δημιουργούνται.
- (3) στρώμα αποθήκευσης δεδομένων, το οποίο έχει το ρόλο της αποθήκευσης των δεδομένων για ανάλυση.
- (4) στρώμα κινητήρα ανάλυσης, το οποίο εκτελεί τη συμπίεση και την ταξινόμηση των δεδομένων. και
- (5) επίπεδο παρουσίασης δεδομένων, το οποίο παρέχει τη διεπαφή χρήστη για παρακολούθηση και σύσταση υγειονομικής περίθαλψης.

Το προτεινόμενο σύστημα από τους συγγραφείς ειδοποιεί τους ασθενείς, ιδιαίτερα αυτούς με διαβήτη και αρτηριακή πίεση, για το στάδιο της υγείας τους και τον κίνδυνο αυτής και βοηθά τους γιατρούς με τη σωστή θεραπεία για τους ασθενείς τους.



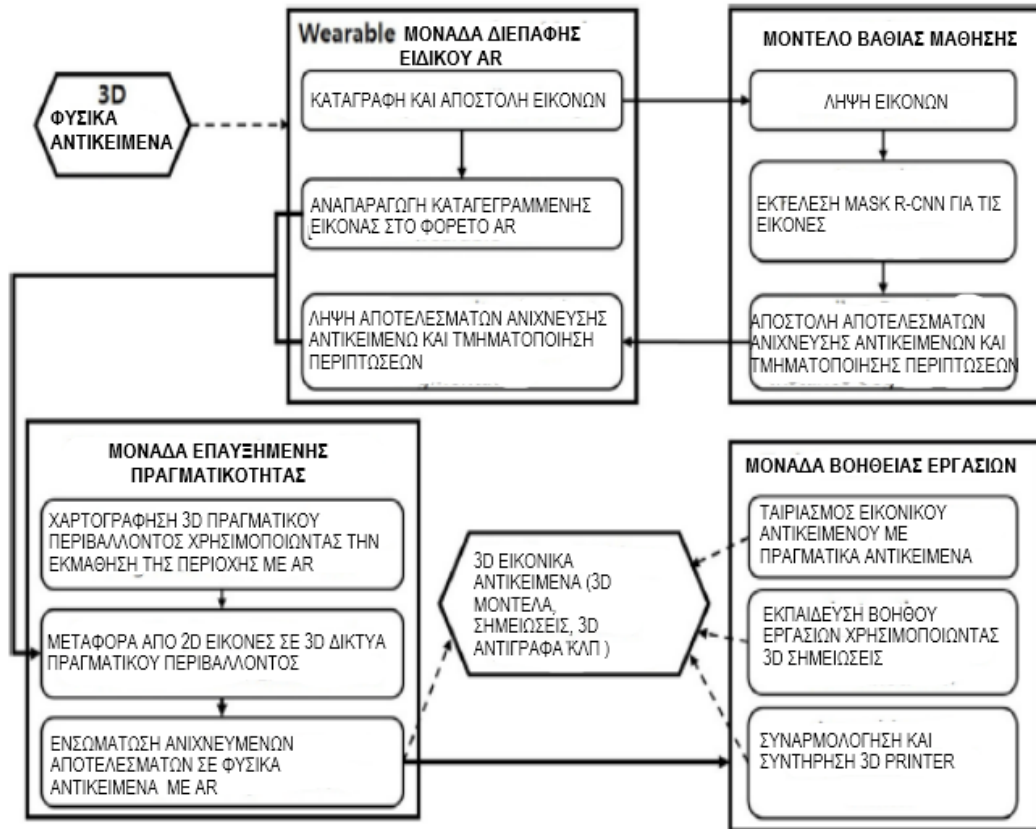
Εικόνα 9. Αρχιτεκτονική επισκόπηση του συστήματος παρακολούθησης της υγιεινομικής περιθάλαψης (Ali et al., 2021 [148]).

Οι συγγραφείς στο (Ramkumar et al., 2019 [149]) εισήγαγαν μια μέθοδο που βασίζεται σε wearable και μηχανική μάθηση που παρακολουθεί εξ αποστάσεως τις συνολικές αντικαταστάσεις γονάτων των ασθενών. Αυτή η προσέγγιση παρέχει επίσης αξιολόγηση για την κινητικότητα, την κίνηση των γονάτων, την κατανάλωση οπιοειδών και τη συναίνεση για άσκηση στο σπίτι. Οι συγγραφείς στο (Vos et al., 2020 [150]) ενσωμάτωσαν μια φορητή συσκευή με αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για την ακριβή διαφοροποίηση του PSP (προϊούσα υπερπυρηνική παράλυση) από την PD (νόσος του Πάρκινσον). Η λογιστική παλινδρόμηση (LR) και το τυχαίο δάσος (RF) είναι δύο αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση δεδομένων. Οι συγγραφείς στο (Meyer et al., 2021 [151]) πρότειναν μια φορητή συσκευή που χρησιμοποιεί ένα βαθύ νευρωνικό δίκτυο με αμφίδρομη μακροπρόθεσμη μνήμη για την αναγνώριση ενός ατόμου με σκλήρυνση κατά πλάκας. Οι συγγραφείς στο (Orfanidis et al., 2021 [152]) πρότειναν μια φθηνή φορητή συσκευή που μπορεί να αναγνωρίσει τις κινήσεις του ανθρώπινου ποδιού και στη συνέχεια να στείλει πληροφορίες έκτακτης ανάγκης, ειδικά για κάποιον που βρίσκεται σε κίνδυνο, σε μια επαφή έκτακτης ανάγκης.

5.1.2. Εφαρμογές επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης

Οι συγγραφείς στο (Park et al., 2020 [153]) εισήγαγαν μια προσέγγιση έξυπνης βοήθειας εργασιών που συνδυάζει την επαυξημένη πραγματικότητα που φοριέται (AR) με τη βαθιά εκμάθηση και την τμηματοποίηση παρουσιών σε πραγματικό περιβάλλον. Αυτή η προσέγγιση βοηθά στην παροχή οπτικής καθοδήγησης. Η προσέγγιση χρησιμοποιεί το νευρωνικό δίκτυο Mask R-convolution ως τμηματοποίηση παρουσίας. Οι συγγραφείς διεξήγαγαν επίσης μια μελέτη σύγκρισης και αξιολόγησης δύο χρηστών σε σχέση με την αντιστοίχιση αντικειμένων, την επιθεώρηση και τη συντήρηση του 3D σε ένα περιβάλλον παραγωγής. Το αποτέλεσμα της μελέτης δείχνει ότι η προσέγγιση έξυπνης υποβοήθησης εργασιών που βασίζεται σε βαθιά μάθηση με wearable AR αποδίδει καλύτερα σε ποσοτικά και ποιοτικά μέτρα από την

προηγούμενη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε από πολλούς ερευνητές με πιο αποτελεσματική απόδοση. Η εικόνα 10 δείχνει μια αρχιτεκτονική άποψη της προσέγγισης wearable AR που βασίζεται σε βαθιά μάθηση που προτείνεται από τους συγγραφείς.



Εικόνα 10. Αρχιτεκτονική άποψη του wearable AR που βασίζεται σε βαθιά μάθηση (Park et al., 2020 [153]).

5.1.3. Εφαρμογές αθλητισμού και ψυχαγωγίας για έξυπνα φορητά είδη AI

Ο τομέας του αθλητισμού αντιμετωπίζει προκλήσεις λόγω του τεράστιου μεγέθους του εξοπλισμού παρακολούθησης. Ο εξοπλισμός παρακολούθησης δεν είναι κινητός, καθιστώντας δύσκολη την παρακολούθηση της υγείας ενός αθλητή κατά τη διάρκεια του αθλητισμού. Η ανάλυση απόδοσης των αθλητικών δραστηριοτήτων είναι επίσης μια σημαντική πρόκληση. Η χρήση φορητών συσκευών από αθλητές βοηθά στην παροχή αρχείου αθλητικών δραστηριοτήτων στον υπολογιστή για τον εντοπισμό και την ανάλυση της αθλητικής κίνησης. Οι συγγραφείς στο (Xia et al., 2020 [154]) πρότειναν μια συσκευή Διαδικτύου των Πραγμάτων βασισμένη σε wearable που μπορεί να παρακολουθεί και να αναγνωρίζει αλλαγές στον καρδιακό ρυθμό ενός αθλητή κατά τη διάρκεια του αθλητισμού. Οι πληροφορίες, όπως ο καρδιακός ρυθμός, η θερμοκρασία του σώματος και το οξυγόνο του αίματος, συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν. Οι συγγραφείς στο (Hsu et al., 2019 [155]) παρουσίασαν μια φορητή συσκευή βασισμένη σε νευρωνικό δίκτυο βαθιάς συνέλιξης για την ταξινόμηση αθλητικών δραστηριοτήτων. Η προσέγγιση περιλαμβάνει δύο φορητές μονάδες αισθητήρων που φορούν οι αθλητές στους καρπούς και τους αστραγάλους τους για να επιτρέψουν τη συλλογή δεδομένων κατά τη διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από τη μονάδα ανίχνευσης αποστέλλονται στον προσωπικό υπολογιστή μέσω της ασύρματης μετάδοσης RF για αθλητική ανάλυση. Η μονάδα ανίχνευσης στη φορητή συσκευή αποτελείται από τον μικροελεγκτή, το τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο, τη μονάδα ασύρματης μετάδοσης RF, το τριαξονικό γυροσκόπιο

και το κύκλωμα τροφοδοσίας. Το νευρωνικό δίκτυο συνέλιξης που χρησιμοποιείται στο wearable βοηθά στη συλλογή των χαρακτηριστικών από τις αθλητικές δραστηριότητες.

Οι συγγραφείς εισήγαγαν επίσης έναν αλγόριθμο βασισμένο στη βαθιά μάθηση για τον εντοπισμό των διαφόρων τύπων αθλητικών δραστηριοτήτων. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- (1) πρώτα, τα δεδομένα από αθλητικές δραστηριότητες.
- (2) δεύτερον, η προεπεξεργασία δεδομένων
- (3) Τρίτον, η κατάτμηση αθλητικής δραστηριότητας
- (4) τέταρτο, η κανονικοποίηση του σήματος
- (5) πέμπτο, η γενιά του φασματογράμματος
- (6) έκτο, η αλλαγή μεγέθους εικόνας και
- (7) έβδομο, ο ταξινόμητης νευρωνικών δικτύων συνέλιξης.

Οι συγγραφείς στο (Chiang et al., 2020 [156]) παρουσίασαν μια φορητή συσκευή χαμηλού κόστους που χρησιμοποιεί μια προσέγγιση μηχανικής μάθησης για την παρακολούθηση της φυσικής κατάστασης του σώματος ενός αθλητή. Οι συγγραφείς στο (Seethi & Bharti, 2020 [157]) πρότειναν μια φορητή συσκευή που φοριέται στον καρπό που αναγνωρίζει τον υγιεινό τρόπο ζωής των ανθρώπων. Ένας αλγόριθμος νευρωνικού δικτύου συνέλιξης χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των σωματικών δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την επίτευξη ενός καλού επιπέδου φυσικής κατάστασης. Το πείραμα διεξήχθη χρησιμοποιώντας 15 άτομα που πραγματοποιούσαν σωματικές δραστηριότητες όπως περπάτημα και τρέξιμο με διάφορες ταχύτητες σε διάδρομο. Οι συγγραφείς στο (Mahmud et al., 2021 [158]) πρότειναν μια μέθοδο εκπαίδευσης πολλαπλών σταδίων που χρησιμοποιεί ένα βαθύ νευρωνικό δίκτυο για την ανίχνευση ανθρώπινων δραστηριοτήτων. 5.4. Περιβαλλοντικές εφαρμογές και εφαρμογές έξυπνων πόλεων για AI Smart Wearables Η τεχνητή νοημοσύνη και οι έξυπνες φορητές τεχνολογίες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για περιβαλλοντικές και έξυπνες εφαρμογές πόλης. Οι συγγραφείς στο (Balsamo et al., 2017 [159]) συζήτησαν τις ανοιχτές προκλήσεις των φορητών συσκευών και των αυτόνομων υπολογιστικών συστημάτων για σενάρια έξυπνων πόλεων. Οι συγγραφείς στο (Kyriazis et al., 2013 [160]) παρέιχαν κάποιες συζητήσεις σχετικά με τη χρήση έξυπνων wearables AI για τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση των συστημάτων διαχείρισης πόρων θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας σε έξυπνα κτίρια. Σε μεμονωμένη κλίμακα, οι έξυπνες τεχνολογίες φορητών συσκευών μπορούν να αναπτυχθούν για να παρέχουν εξουσιοδότηση και πρόσβαση σε κοινόχρηστες συσκευές και χώρους διαβίωσης, όπως ξενώνες, φοιτητικά καταλύματα και κοιτώνες.

5.2 Οφέλη από την ενσωμάτωση AI σε φορητές συσκευές

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι αποφασιστικής σημασίας για το ξεκλείδωμα του πλήρους δυναμικού των φορητών συσκευών, τόσο στην ιατρική όσο και στην καταναλωτική αγορά. Ενσωματώνοντας αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης σε φορητούς αισθητήρες, μπορούμε να βελτιώσουμε τις δυνατότητές τους και να επιτρέψουμε την έξυπνη ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων που συλλέγουν, οδηγώντας σε μια σειρά από οφέλη τόσο για τον χρήστη όσο και για την ομάδα φροντίδας τους.

- **Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο**

Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να επεξεργάζονται και να αναλύουν συνεχείς ροές δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Και μπορούν να ανιχνεύσουν μοτίβα, ανωμαλίες και τάσεις σε αυτά τα δεδομένα, παρέχοντας άμεσες πληροφορίες για την κατάσταση της υγείας του χρήστη. Αυτή η ανάλυση σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει έγκαιρες παρεμβάσεις και μπορεί να ειδοποιήσει τον χρήστη για πιθανά ζητήματα υγείας, διευκολύνοντας την προληπτική υγειονομική περίθαλψη.

- **Έγκαιρη Ανίχνευση και Διάγνωση Καταστάσεων Υγείας**

Είναι οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που αξιοποιούνται από την τεχνητή νοημοσύνη που επιτρέπουν σε αυτά τα wearable να αναγνωρίζουν ανεπαίσθητες αλλαγές στις φυσιολογικές παραμέτρους και να ανιχνεύουν πρώιμα σημάδια προβλημάτων υγείας και αδιάγνωστες

Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

καταστάσεις. Με τη συνεχή μάθηση από τα δεδομένα των χρηστών, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αναπτύξει μοντέλα πρόβλεψης που βοηθούν στην έγκαιρη διάγνωση, επιτρέποντας έγκαιρες ιατρικές παρεμβάσεις και δυνητικά βελτιώνοντας τα αποτελέσματα των ασθενών τώρα και στο μέλλον.

- **Εξατομικευμένη Υγεία και Θεραπεία**

Ένα από τα πιο εμπορεύσιμα χαρακτηριστικά των wearables που χρησιμοποιούν αλγόριθμους AI είναι η ικανότητά τους να δημιουργούν εξατομικευμένες συστάσεις και σχέδια θεραπείας. Λαμβάνοντας υπόψη τα μοναδικά χαρακτηριστικά ενός ατόμου, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να παρέχει προσαρμοσμένες γνώσεις, προτάσεις τρόπου ζωής και υπενθυμίσεις φαρμάκων. Αυτή η εξατομικευμένη προσέγγιση έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την τήρηση των σχεδίων θεραπείας και να προωθήσει την προληπτική αυτοδιαχείριση χρόνιων καταστάσεων υγείας.

- **Βελτιωμένα Insights και Predictive Analytics**

Σε σύγκριση με τα προγραμματισμένα αναλυτικά στοιχεία, οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να εξάγουν βαθύτερες πληροφορίες από δεδομένα φορητών αισθητήρων, εντοπίζοντας συσχετίσεις, παράγοντες κινδύνου και πιθανά πρότυπα υγείας που μπορεί να μην είναι άμεσα εμφανή. Συνδυάζοντας δεδομένα από πολλαπλές πηγές και χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές ανάλυσης, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να παρέχει προγνωστικά μοντέλα για την εξέλιξη της νόσου, επιτρέποντας προληπτικά μέτρα και εξατομικευμένες παρεμβάσεις.

- **Αποτελεσματική Παρακολούθηση και Λήψη Αποφάσεων**

Καθώς τα wearables γίνονται πιο διαδεδομένα και πιο προηγμένα, οι αλγόριθμοι AI θα είναι απαραίτητοι για να βοηθήσουν τους επαγγελματίες υγείας να διαχειρίζονται και να ερμηνεύουν τους μεγάλους όγκους δεδομένων που λαμβάνουν. Με την αυτοματοποίηση εργασιών ρουτίνας όπως η προ επεξεργασία δεδομένων, η ανίχνευση ανωμαλιών και η συγχώνευση δεδομένων, η τεχνητή νοημοσύνη εκσυγχρονίζει τη διαδικασία παρακολούθησης και βοηθά τις ομάδες υγειονομικής περίθαλψης να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις με βάση ακριβείς και σχετικές πληροφορίες.

- **Μείωση Κόστους Υγείας**

Δεν πρέπει να λησμονείται η δυνατότητα ενσωμάτωσης τεχνητής νοημοσύνης σε wearable MedTech και άλλες ιατρικές συσκευές για τη μείωση του κόστους υγειονομικής περίθαλψης. Με την αυτοματοποίηση των εργασιών που εκτελούνται επί του παρόντος από ανθρώπους, όπως η ανάλυση δεδομένων και η διάγνωση, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να μειώσει τον χρόνο και τους πόρους που απαιτούνται για κάθε επίσκεψη ασθενούς. Αυτό μεταφράζεται σε χαμηλότερο κόστος υγειονομικής περίθαλψης για τους ασθενείς και περισσότερο χρόνο για άμεση αλληλεπίδραση με τους ασθενείς για τους παρόχους φροντίδας.

5.3 Προκλήσεις και προβληματισμοί

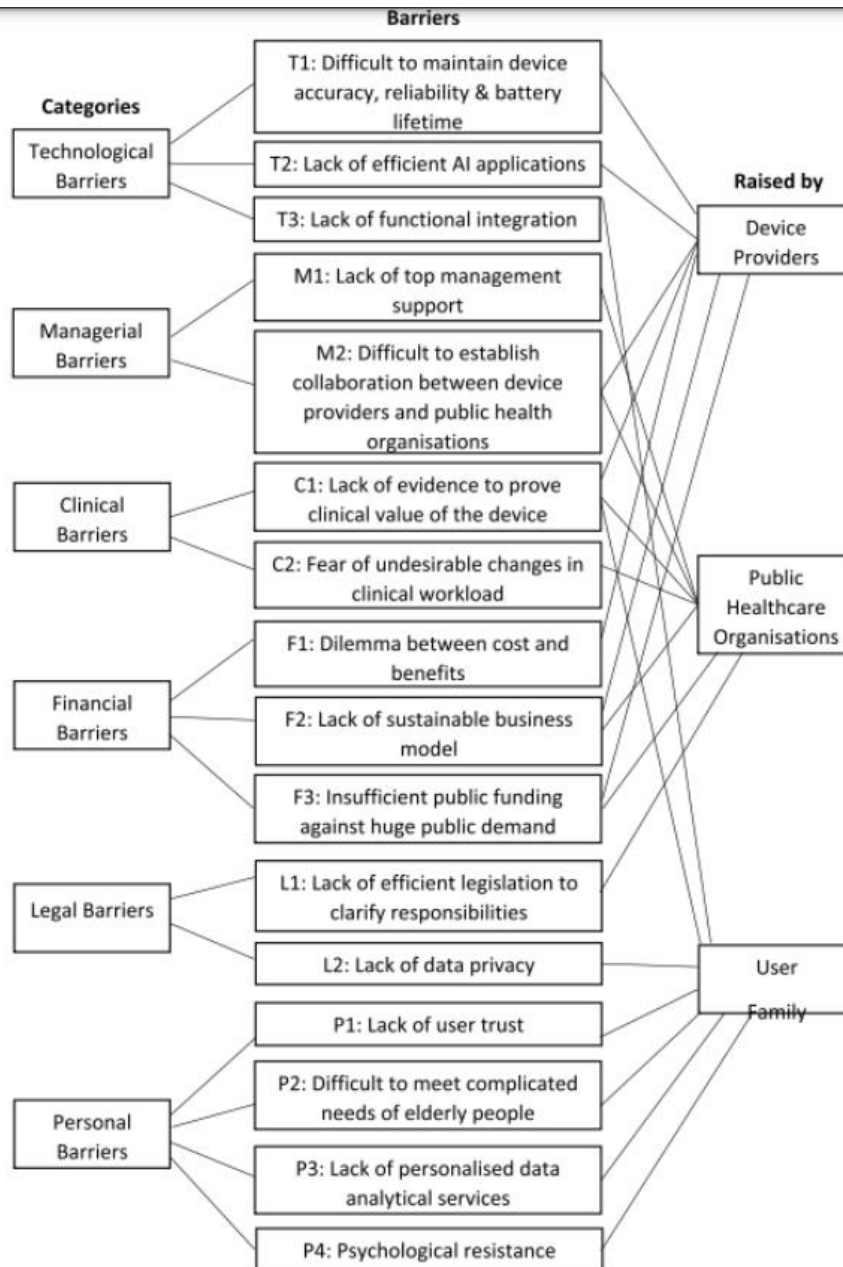
Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης σε φορητές ιατρικές συσκευές συνοδεύεται από πολλά οφέλη. Αλλά αυτός ο τύπος εφαρμογής δεν είναι χωρίς προκλήσεις.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) εξέφρασε πρόσφατα τις ανησυχίες του για την απότομη αύξηση της χρήσης εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Έφτασαν στο σημείο να πουν, «Η απότομη υιοθέτηση μη δοκιμασμένων συστημάτων θα μπορούσε να οδηγήσει σε σφάλματα από τους εργαζόμενους στον τομέα της υγείας, να προκαλέσει βλάβη στους ασθενείς, να διαβρώσει την εμπιστοσύνη στην τεχνητή νοημοσύνη και, ως εκ τούτου, να υπονομεύσει τα πιθανά μακροπρόθεσμα οφέλη και τις χρήσεις τέτοιων τεχνολογιών γύρω από την κόσμος.»

Πράγματι, όπως συμβαίνει με κάθε πρόοδο στην τεχνολογία, είναι επιτακτική ανάγκη οι εταιρείες MedTech να κατανοήσουν τις προκλήσεις και τις εκτιμήσεις που σχετίζονται με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης σε wearables, συμπεριλαμβανομένων των ανησυχιών για το απόρρητο και την ασφάλεια, τις ηθικές επιπτώσεις, τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς και άλλα.

Τα έξυπνα wearable τεχνητής νοημοσύνης θα αντιμετωπίσουν επίσης κοινωνικές προκλήσεις για την επιτυχή υιοθέτησή τους στην ανθρώπινη κοινωνία. Οι συγγραφείς στο (Xing et al., 2021 [161]) εντόπισαν αρκετές κοινωνικο-τεχνικές προκλήσεις ή εμπόδια που επηρεάζουν τη μεγάλη Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

κλίμακας ανάπτυξη φορητών ιατρικών συσκευών με δυνατότητα AI στον ηλικιωμένο πληθυσμό στην Κίνα. Οι συγγραφείς παρείχαν έξι κατηγορίες για τα εμπόδια ή τις προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν: (1) τεχνολογικά εμπόδια ή προκλήσεις, (2) διαχειριστικά εμπόδια ή προκλήσεις, (3) κλινικά εμπόδια ή προκλήσεις, (4) οικονομικά εμπόδια ή προκλήσεις, (5) νομικά εμπόδια ή προκλήσεις, και (6) προσωπικά εμπόδια ή προκλήσεις. Τα τεχνολογικά εμπόδια για τη σχεδίαση και την ανάπτυξη των φορητών συσκευών περιλαμβάνουν τις αντισταθμίσεις μεταξύ του σχεδιασμού της φορητής συσκευής ώστε να είναι μικρή και συμπαγής για να φοριέται άνετα, να σχεδιάζει τη συσκευή για να παρέχει ακριβείς μετρήσεις, να σχεδιάζει τη συσκευή να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής μπαταρίας και σχεδιάζοντας τη συσκευή ώστε να είναι οικονομικά αποδοτική και οικονομικά προσιτή. Η λύση που προτείνεται από τους συγγραφείς είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη των φορητών συσκευών για να ανταποκρίνονται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις και ανάγκες. Τα διαχειριστικά εμπόδια περιλαμβάνουν την ανάγκη υποστήριξης από την ανώτατη διοίκηση και για τους παρόχους φορητών συσκευών να δημιουργήσουν τους απαραίτητους δεσμούς και επίσημες συνεργασίες με οργανισμούς δημόσιας υγείας προκειμένου να προωθήσουν τις φορητές συσκευές στην αγορά. Τα κλινικά εμπόδια περιλαμβάνουν τη διαπίστωση της αποτελεσματικότητας και τη συλλογή στοιχείων που να δείχνουν την κλινική αξία των φορητών συσκευών. Οι συγγραφείς εντόπισαν επίσης ένα άλλο κλινικό εμπόδιο ή πρόκληση λόγω του φόβου για ανεπιθύμητες αλλαγές στον φόρτο εργασίας από γιατρούς και γιατρούς σε οργανισμούς δημόσιας υγείας. Τα οικονομικά εμπόδια και οι προκλήσεις περιλαμβάνουν το κόστος παραγωγής των φορητών συσκευών και την ανάπτυξη ενός βιώσιμου επιχειρηματικού μοντέλου. Για τους εθνικούς και δημόσιους οργανισμούς υγείας, ενδέχεται να μην υπάρχει επαρκής δημόσια χρηματοδότηση για την υποστήριξη του μεγάλου όγκου και ζήτησης από την κοινωνία. Οι συγγραφείς εντόπισαν δύο νομικά εμπόδια για την υιοθέτηση φορητών συσκευών, τα οποία ήταν η έλλειψη αποτελεσματικού νομοθετικού πλαισίου και η έλλειψη μέσων για την προστασία της ιδιωτικής ζωής των δεδομένων. Αυτή η πρόκληση ισχύει ιδιαίτερα για ηλικιωμένους χρήστες που έχουν ανησυχίες σχετικά με τους πιθανούς νομικούς κινδύνους για φορητές ιατρικές συσκευές. Η δεύτερη νομική πρόκληση είναι το ζήτημα του απορρήτου των δεδομένων όπου οι ηλικιωμένοι χρήστες έχουν ανησυχίες ότι οι φορητές ιατρικές συσκευές μπορεί να έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθούν προσωπικές πληροφορίες, όπως τις κινήσεις, τις τοποθεσίες και τον τρόπο ζωής τους. Τα προσωπικά εμπόδια και προκλήσεις περιλαμβάνουν την έλλειψη αξιοπιστίας των χρηστών, την έλλειψη εξατομικευμένων αναλυτικών υπηρεσιών και την ψυχολογική αντίσταση. Η εικόνα 11 παρουσιάζει μια σύνοψη των εμποδίων ή προκλήσεων για τα έξυπνα φορετά AI.



Εικόνα 11. Εμπόδια ή προκλήσεις για τα έξυπνα wearables AI (Xing et al., 2021 [161]).

- **Προβλήματα ιδιωτικότητας και ασφάλειας**

Οι ιατρικές φορητές συσκευές συλλέγουν ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα υγείας. Η διασφάλιση του απορρήτου και της ασφάλειας αυτών των δεδομένων ήταν πάντα ένα κρίσιμο βήμα για την ανάπτυξη αυτών των προϊόντων και είναι ακόμη πιο σημαντική όταν οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης εισάγονται στο λογισμικό. Πράγματι, η τεχνητή νοημοσύνη πρέπει να έχει σχεδιαστεί για να προστατεύει το απόρρητο των ασθενών, να συμμορφώνεται με τους σχετικούς κανονισμούς και να χρησιμοποιεί ισχυρά μέτρα ασφαλείας για την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης ή παραβιάσεων δεδομένων.

- **Ηθικές Επιπτώσεις**

Οι φορητές συσκευές που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη εγείρουν επίσης ηθικά ζητήματα, όπως η υπεύθυνη χρήση δεδομένων, η διαφάνεια των αλγορίθμων και οι πιθανές προκαταλήψεις στη λήψη αποφάσεων. Είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης αναπτύσσονται και εκπαιδεύονται χρησιμοποιώντας διαφορετικά και αντιπροσωπευτικά σύνολα δεδομένων για την αποφυγή διαιώνισης προκαταλήψεων ή διακρίσεων.

Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

- **Κανονιστική Συμμόρφωση**

Για την αντιμετώπιση ζητημάτων που αφορούν το απόρρητο και την προκατάληψη της τεχνητής νοημοσύνης, πολλοί ρυθμιστικοί φορείς έχουν θεσπίσει κανόνες που διασφαλίζουν ότι οι εταιρείες MedTech λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα για την παραγωγή ασφαλών και αποτελεσματικών προϊόντων. Οι προγραμματιστές και οι κατασκευαστές πρέπει να περιηγηθούν στο ρυθμιστικό τοπίο για να διασφαλίσουν ότι οι φορητές συσκευές τους που τροφοδοτούνται με AI πληρούν τα απαραίτητα πρότυπα ασφάλειας, αποτελεσματικότητας και αξιοπιστίας.

- **Ποιότητα και Αξιοπιστία Δεδομένων**

Επιπλέον, οι αλγόριθμοι AI βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην ποιότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων στα οποία εκπαιδεύονται. Οι φορητές συσκευές ενδέχεται να αντιμετωπίσουν προκλήσεις όσον αφορά την ακριβή καταγραφή ορισμένων παραμέτρων υγείας, την αντιμετώπιση θορυβωδών δεδομένων ή την αντιμετώπιση περιορισμών των αισθητήρων. Η διασφάλιση της ποιότητας των δεδομένων και των διαδικασιών επικύρωσης είναι ζωτικής σημασίας για την αποφυγή ανακριβών αποτελεσμάτων ή παραπλανητικών ερμηνειών.

- **Δια λειτουργικότητα και ολοκλήρωση**

Έχουμε μιλήσει εκτενώς για τη σημασία της διασφάλισης της δια λειτουργικότητας κατά την ανάπτυξη φορητών συσκευών και SaMD. Αυτή η σκέψη είναι εξίσου σημαντική κατά τη δημιουργία φορητών συσκευών με τεχνητή νοημοσύνη. Αυτά πρέπει να ενσωματώνονται απρόσκοπτα με τα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και ροές εργασίας για να διασφαλίζεται η αποτελεσματική ανταλλαγή δεδομένων, η συνεργασία και η συνέχεια της περίθαλψης. Τα πρότυπα δια λειτουργικότητας και η συμβατότητα με ηλεκτρονικά αρχεία υγείας (EHR) είναι απαραίτητα για την ομαλή ενσωμάτωση και ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των διαφόρων παρόχων υγειονομικής περίθαλψης και συστημάτων.

- **Τεχνικές Προκλήσεις**

Ένα άλλο ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί από νωρίς στην ανάπτυξη τεχνολογίας φορητών συσκευών με τεχνητή νοημοσύνη είναι οι τεχνικές προκλήσεις. Αυτά περιλαμβάνουν υπολογιστικούς περιορισμούς, κατανάλωση ενέργειας και απαιτήσεις επεξεργασίας σε πραγματικό χρόνο. Η εξισορρόπηση της υπολογιστικής πολυπλοκότητας των αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης με τους περιορισμένους πόρους των φορητών συσκευών είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής και πρακτικής εφαρμογής.

Οι συγγραφείς στο (Schnell et al., 2022 [162]) εντόπισαν αρκετές τεχνικές προκλήσεις για φορητές συσκευές σε ιατρικές εφαρμογές Internet-of-Things, από τις οποίες ισχύουν επίσης για φορητές συσκευές και για έξυπνες συσκευές τεχνητής νοημοσύνης γενικά, όπως η κατανάλωση μπαταρίας, υψηλή ενεργειακή απόδοση και την ανάγκη για απόρρητο και ασφάλεια δεδομένων. Άλλη τεχνολογία-σχετικές πτυχές και προκλήσεις για τα έξυπνα wearables και την τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κύριες πτυχές: (1) πτυχές δικτύωσης και επικοινωνίας, όπως θέματα δρομολόγησης και γενικών εξόδων επικοινωνίας, (2) επεξεργασία πληροφοριών και υπολογιστικές πτυχές, όπως ζητήματα υπολογιστικής πολυπλοκότητας και αποθήκευσης, και (3) αλγοριθμικές και εξαρτώμενες από την εφαρμογή πτυχές, όπως η εκπαίδευση και το συμπέρασμα. Οι δύο πρώτες πτυχές για πτυχές δικτύωσης και επικοινωνίας, καθώς και οι αλγοριθμικές και οι εξαρτώμενες από την εφαρμογή πτυχές μοιράζονται παρόμοιες προκλήσεις με τις προκλήσεις για το Διαδίκτυο των πραγμάτων (ASIoT) για συγκεκριμένες εφαρμογές. Οι συγγραφείς στο (Ang et al., 2019 [163]) εντόπισαν αρκετές προκλήσεις για τα ASIoT, συμπεριλαμβανομένων προκλήσεων δια λειτουργικότητας, προκλήσεων ενεργειακής απόδοσης, υπολογιστικών προκλήσεων χρησιμοποιώντας μοντέλα μηχανικής μάθησης άκρων και ομίχλης και προκλήσεις ασφάλειας και απόρρητου. Ο αναγνώστης αναφέρεται στις δύο παραπάνω αναφορές για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τις προκλήσεις για πτυχές δικτύωσης και επικοινωνίας, καθώς και πτυχές αλγοριθμικών και εξαρτώμενων από την εφαρμογή για τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και έξυπνων φορητών συσκευών. Η τρίτη πρόκληση σχετικά με αλγοριθμικές και εξαρτώμενες από εφαρμογές πτυχές ισχύει άμεσα για έξυπνα wearables με τεχνολογίες AI και μηχανική εκμάθηση. Πρώτον, όπως συμβαίνει με τους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης, υπάρχει απαίτηση για εκπαίδευση των αλγορίθμων AI στις φορητές τεχνολογίες. Τα ζητήματα που εμπλέκονται εδώ είναι η ανάγκη για μεγάλο όγκο δεδομένων, ιδιαίτερα για την εκπαίδευση αλγορίθμων βαθιάς μάθησης. Αυτό με τη σειρά του θα απαιτούσε σημαντική επένδυση για τη στρατολόγηση ατόμων για την εκτέλεση των

Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

απαιτούμενων εργασιών ή ενεργειών κατά τη χρήση των φορητών συσκευών προκειμένου να ληφθούν τα αυθεντικά δεδομένα εκπαίδευσης. Τα άτομα ή τα άτομα μπορεί επίσης να χρειαστεί να βυθιστούν στο πραγματικό επιχειρησιακό περιβάλλον (σε αντίθεση με ένα ελεγχόμενο ή εργαστηριακό περιβάλλον) κατά τη διάρκεια των εκπαιδευτικών συνεδριών. Μια περαιτέρω πρόκληση σε αλγοριθμικό επίπεδο είναι η βελτιστοποίηση της χρήσης των πολυτροπικών δεδομένων για την επίτευξη υψηλότερης απόδοσης και ακρίβειας για τα έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης. Για παράδειγμα, ένα έξυπνο φορητό σύστημα για την αναγνώριση δραστηριότητας θα μπορούσε να ενσωματώσει δεδομένα ανίχνευσης από πολλαπλές συσκευές, όπως ένα έξυπνο ρολόι, έξυπνα ρούχα και έξυπνα κράνη.

5.4 Επιτυχείς εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στο Wearable MedTech

Σύμφωνα με τον FDA, η πρώτη ιατρική συσκευή με δυνατότητα τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης έλαβε έγκριση το 1995. Αυτή η λίστα μεγάλωσε αργά με τα χρόνια, με την πλειονότητα των εγκρίσεων να έχουν εκδοθεί μόνο τα τελευταία τρία χρόνια.

Όσον αφορά τις φορητές ιατρικές συσκευές και τους αισθητήρες καταναλωτών, υπάρχουν μερικά αρκετά αξιοσημείωτα ονόματα σε αυτήν τη λίστα. Όμως, πιο πρόσφατα, πολλές μικρότερες εταιρείες έχουν αρχίσει να αναπτύσσουν και να λανσάρουν καινοτόμα wearables με δυνατότητα AI. Μερικά παραδείγματα και των δύο περιλαμβάνουν:

Το Fitbit ήταν ένα από τα πρώτα φορητά είδη καταναλωτών που χρησιμοποίησε την τεχνητή νοημοσύνη για την παρακολούθηση των προτύπων ύπνου και των στόχων φυσικής κατάστασης των χρηστών.

Η Apple χρησιμοποιεί μηχανική εκμάθηση για να εκπαιδεύσει τα έξυπνα ρολόγια της να ανιχνεύουν ανωμαλίες στον καρδιακό ρυθμό και να εκτιμούν πόσο συχνά ο καρδιακός ρυθμός του χρήστη εμφανίζει σημάδια κολπικής μαρμαρυγής. Το πρώτο έλαβε έγκριση από τον FDA το 2018 και το δεύτερο το 2022. Η Samsung βρίσκεται επίσης στη διαδικασία ανάπτυξης έξυπνων ρολογιών με τεχνητή νοημοσύνη που μπορούν να ανιχνεύσουν και να διαγνώσουν την κολπική μαρμαρυγή.

Η Google αναπτύσσει φακούς επαφής με τεχνητή νοημοσύνη που μπορούν να μετρήσουν τα επίπεδα γλυκόζης με δάκρυα, αλλάζοντας ενδεχομένως την τροχιά της αγοράς συνεχούς παρακολούθησης γλυκόζης (CGM).

Η Withings, μια εταιρεία προϊόντων για την υγεία και τον τρόπο ζωής των καταναλωτών, αναπτύσσει ένα πιεσόμετρο με τεχνητή νοημοσύνη που μπορεί να παρακολουθεί τις μετρήσεις της αρτηριακής πίεσης και να παρέχει ανατροφοδότηση σχετικά με τον κίνδυνο υπέρτασης.

Το Atlas Wearables διαθέτει μια ζώνη γυμναστικής που χρησιμοποιεί αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για να ταξινομήσει τη ρουτίνα άσκησης του χρήστη σε τρισδιάστατο διάνυσμα για την αποκρυπτογράφηση μεταξύ συγκεκριμένων καρδιο και αναερόβιων δραστηριοτήτων. Η προηγμένη τεχνητή νοημοσύνη ανίχνευσης κίνησης έχει ακόμη τη δύναμη να συμπεράνει τη διάθεση και το επίπεδο ενέργειας του χρήστη.

Η Google X ανακοίνωσε πρόσφατα ότι ερευνά νανοσωματίδια ικανά να ανιχνεύουν και να διαγιγνώσκουν ασθένειες, να εντοπίζουν τον καρκίνο και να προβλέπουν καρδιακές προσβολές. Αυτά τα νανορομπότ θα καταπίνονται σε μορφή χαπιού και θα απορροφώνται στην κυκλοφορία του αίματος, καθιστώντας αυτό το θεωρητικό προϊόν λιγότερο φορητό και περισσότερο καταποτικό.

Η Entosis, μια startup που εξετάζει επίσης τις πιθανές εφαρμογές της νανοτεχνολογίας με τεχνητή νοημοσύνη, δημιούργησε μια διαγνωστική πλατφόρμα που ανιχνεύει μοτίβα και βιοδείκτες στα βιορευστά για τη διάγνωση συγκεκριμένων καταστάσεων.

5.5 Το μέλλον της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης στα Wearables

Για μεγάλες και μικρές εταιρείες ανάπτυξης MedTech, η αγορά φορητών αισθητήρων με τεχνητή νοημοσύνη προσφέρει πολλές υποσχόμενες μελλοντικές ευκαιρίες.

Η ανάπτυξη εξειδικευμένων φορητών συσκευών προσαρμοσμένων σε συγκεκριμένες ιατρικές καταστάσεις δεν είναι κάτι καινούργιο. Ωστόσο, αξιοποιώντας αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης, οι μικρές εταιρείες μπορούν να στοχεύσουν εξειδικευμένες αγορές που δεν εξυπηρετούνται από υπάρχουσες λύσεις. Η μηχανική εκμάθηση διευρύνει γρήγορα την κατανόσή μας για τα μοτίβα και τις επιλογές θεραπείας για χρόνιες παθήσεις που αγνοούνται εδώ και καιρό από την αγορά φορητών συσκευών. Οπλισμένοι με αυτήν την αυξανόμενη κρυφή μνήμη πληροφοριών, δεν θα αργήσει πολύ όλες οι χρόνιες παθήσεις να προσφέρουν εφαρμογές για φορητούς αισθητήρες.

Οι εταιρείες όλων των μεγεθών μπορούν να επικεντρωθούν στην ανάπτυξη προηγμένων πλατφορμών ανάλυσης δεδομένων και μοντέλων πρόβλεψης που αξιοποιούν αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης για να αναλύσουν τον τεράστιο όγκο δεδομένων που δημιουργείται από το ευρύ φάσμα φορητών αισθητήρων που διατίθενται αυτήν τη στιγμή. Αυτές οι πλατφόρμες μπορούν να παρέχουν ολοκληρωμένες πληροφορίες, οπτικοποιήσεις και προγνωστικές αναλύσεις για παρόχους υγειονομικής περίθαλψης και ερευνητές. Εξάγοντας ουσιαστικά μοτίβα και συσχετίσεις, αυτές οι λύσεις μπορούν να διευκολύνουν τον έγκαιρο εντοπισμό, τις εξατομικευμένες παρεμβάσεις και τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων.

Η ζήτηση για απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών έχει αυξηθεί σημαντικά μετά τον COVID και οι φορητές συσκευές που λειτουργούν με τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να διαδραματίσουν ζωτικό ρόλο σε αυτόν τον χώρο. Οι εταιρείες MedTech μπορούν να αναπτύξουν φορητές συσκευές που επιτρέπουν την παρακολούθηση ζωτικών σημείων σε πραγματικό χρόνο, την εξέλιξη της νόσου ή τη μετεγχειρητική αποκατάσταση, επιτρέποντας στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να παρακολουθούν εξ αποστάσεως τους ασθενείς και να παρεμβαίνουν όταν είναι απαραίτητο. Παρόμοια εργαλεία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια των ραντεβού τηλεϊατρικής για να δώσουν στους γιατρούς πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τα ζωτικά στατιστικά στοιχεία και τις προοπτικές υγείας του απομακρυσμένου ασθενούς τους.

Ο ερευνητικός τομέας της τεχνητής νοημοσύνης και των έξυπνων φορητών συσκευών εξελίσσεται συνεχώς. Σε αυτήν την υποενοότητα, παρέχουμε ορισμένες πρόσφατες καινοτομίες στον τομέα και πιθανές μελλοντικές κατευθύνσεις για έξυπνα φορητά είδη τεχνητής νοημοσύνης. Εφευρίσκονται νέες τεχνολογίες ανίχνευσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση των έξυπνων φορητών συσκευών τεχνητής νοημοσύνης και για να ανοίξουν κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα. Μια πρόσφατη καινοτομία στις τεχνολογίες ανίχνευσης είναι η ανάπτυξη του e-skin (Li et al., 2022 [164]· Choi, 2022 [165]· Sapra et al., 2023 [166]). Οι συγγραφείς στο (Choi, 2022 [165]) συζητούν μια τεχνολογία ηλεκτρονικού δέρματος (e-skin) που μπορεί να μεταδώσει δεδομένα υγείας, όπως καρδιακούς παλμούς και παλμούς, χωρίς να απαιτούνται περαιτέρω τσιπ/ηλεκτρονικά ή μπαταρίες. Το e-skin είναι ευέλικτο και μπορεί να φορεθεί στο ανθρώπινο σώμα σαν μια ηλεκτρονική έκδοση ταινίας για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Προτείνονται νέες εφαρμογές για έξυπνα wearables AI. Αυτές οι καινοτομίες είναι εφαρμόσιμες σε διαφορετικούς τομείς της κοινωνίας και εγείρουν νέες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Μια αναδυόμενη κατεύθυνση εφαρμογής και μελλοντικής έρευνας στοχεύει στη χρήση τεχνολογιών μαλακής ρομποτικής και έξυπνων φορητών συσκευών για παιδιατρικές βοηθητικές συσκευές, στοχεύοντας έτσι τις ανάγκες της αγοράς για βρέφη (από δύο ετών και κάτω). Αυτές οι φορητές συσκευές για βρέφη πρέπει να αντιμετωπίσουν προκλήσεις όπως η εφαρμογή μικρότερων αναλογιών σώματος και η υποστήριξη μεγαλύτερων επιπέδων δραστηριότητας (Mucchiani et al., 2022 [167]). Οι συγγραφείς στο (Hijazi et al., 2021 [168]) προσδιόρισαν μια άλλη σημαντική μελλοντική κατεύθυνση έρευνας για τα έξυπνα wearable τεχνητής νοημοσύνης - τη σημασία της ανάπτυξης ερμηνεύσιμης ή εξηγήσιμης τεχνητής νοημοσύνης (XAI) και τη δυνατότητα να εξηγηθούν τα αποτελέσματα που δημιουργούνται από την τεχνητή νοημοσύνη στους επαγγελματίες. εκ των οποίων είναι ιδιαίτερα κρίσιμες για εφαρμογές που βασίζονται στην υγεία.

Φυσικά, για να αξιοποιήσουν τις ευκαιρίες που είναι διαθέσιμες σε αυτόν τον χώρο, οι προγραμματιστές πρέπει να εξετάσουν τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς, το απόρρητο των Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

δεδομένων και άλλες σημαντικές προκλήσεις μοναδικές για τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης. Η συνεργασία με τους ρυθμιστικούς φορείς, η διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους κανονισμούς προστασίας δεδομένων και η συνεργασία με γνώστες συνεργάτες με εμπειρία στην ανάπτυξη MedTech και την ενσωμάτωση AI είναι απαραίτητα για την επιτυχία κατά την ανάπτυξη καινοτόμου τεχνολογίας φορητών αισθητήρων.[169]

6. CIOT-ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WEARABLE

6.1 Τι είναι

Το CIoT αναφέρεται σε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα φυσικών και ψηφιακών αντικειμένων με δυνατότητα IoT για την καταναλωτική αγορά. Τα smartphone, τα smart wearables και ο αυτοματισμός Smart Home είναι δημοφιλή παραδείγματα καταναλωτικών προϊόντων IoT. Ως υποκατηγορία του IoT, το CIoT ξεχωρίζει από άλλους τύπους IoT για την εστίασή του στην ευκολία για μεμονωμένους πελάτες. Αυτές οι συσκευές αξιοποιούν τεχνολογίες υπολογιστών αιχμής χρησιμοποιώντας ενσωματωμένους αισθητήρες και ενεργοποιητές για τη λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Οι εταιρείες ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης χρησιμοποιούν αυτά τα δεδομένα για να αντλήσουν πληροφορίες για να κατανοήσουν καλύτερα τις συνήθειες των καταναλωτών. Αυτά, με τη σειρά τους, τους βοηθούν να προσφέρουν εξατομικευμένες εμπειρίες καταναλωτή σε κλίμακα.

6.2 CIoT-Έρευνα

Διαπιστώσαμε ότι η χρήση του wearable CIoT δεν έχει λάβει αρκετή προσοχή στη βιβλιογραφία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η σύνδεση στο Διαδίκτυο για τη φορητή συσκευή γίνεται μέσω τεχνολογιών όπως Wi-Fi ή Bluetooth Low Energy (BLE). Η χρήση αυτών των δύο τεχνολογιών που υπάρχουν σε οποιαδήποτε συσκευή κινητού τηλεφώνου έχει συζητηθεί σε πολλές εργασίες. Το γεγονός ότι όλοι οι άνθρωποι φέρουν κινητό τηλέφωνο αυτές τις μέρες, αν και δεν είναι απολύτως αληθές, έχει γίνει η υπόθεση που έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά έγγραφα ως δικαιολογία για τη χρήση του κινητού τηλεφώνου ως μέρος της σύνδεσης με το Διαδίκτυο. Έχουμε μελετήσει εκτενώς την τεχνολογία BLE και τα πρακτικά πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της [93]–[101] και πιστεύουμε ότι το BLE είναι ένας από τους δυνητικούς παράγοντες της τεχνολογίας IoT που έχει καλές δυνατότητες να χρησιμοποιηθεί σε φορητές συσκευές. Ωστόσο, είναι πολύ πιθανό το CIoT να είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία στο μέλλον για φορητές συσκευές. Πιστεύουμε ότι η χρήση του κυψελοειδούς IoT θα αυξηθεί με γρήγορους ρυθμούς τα επόμενα χρόνια και θα αντικαταστήσει άλλους τύπους τεχνολογιών επικοινωνίας IoT, όπως το Wi-Fi ή λύσεις χωρίς άδεια δίκτυα ευρείας περιοχής χαμηλής κατανάλωσης (LPWAN) (π.χ. LoRa και Sigfox) σε πολλές περιπτώσεις χρήσης.

6.3 Προτάσεις

Έχει αποδειχθεί στο παρελθόν ότι εάν μειωθεί το κόστος του εξοπλισμού καθώς και το σχέδιο δεδομένων για κυψελωτά συστήματα που εφαρμόζουν οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών, οι χρήστες τείνουν να προτιμούν τη χρήση κυψελοειδούς τεχνολογίας. Για παράδειγμα, τη δεκαετία του '90 όταν οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών παρείχαν κινητά τηλέφωνα με περιορισμένες ώρες χρήσης εισερχόμενης και εξερχόμενης φωνής στο σχέδιό τους, οι χρήστες χρησιμοποιούσαν κινητά τηλέφωνα κυρίως έξω από τα σπίτια και τα γραφεία τους, όπου δεν ήταν διαθέσιμα συστήματα σταθερής τηλεφωνίας. Καθώς οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών μείωσαν την τιμή και πρόσφεραν απεριόριστες κλήσεις τα βράδια και τα Σαββατοκύριακα και κατά συνέπεια απεριόριστες εισερχόμενες και εξερχόμενες φωνητικές κλήσεις, οι χρήστες έδειξαν ενδιαφέρον να χρησιμοποιούν το κινητό τους ακόμη και σε μέρη όπου υπήρχαν διαθέσιμα συστήματα σταθερής

τηλεφωνίας. Έχουμε δει την ίδια συμπεριφορά χρήστη στη χρήση δεδομένων μέσω Διαδικτύου. Στο παρελθόν, λόγω του κόστους χρήσης δεδομένων και της ταχύτητας επικοινωνίας, οι χρήστες προτιμούσαν να μεταβούν σε Wi-Fi και να συνδεθούν σε hotspots αντί για σύνδεση κινητής τηλεφωνίας. Ωστόσο, καθώς το κόστος χρήσης δεδομένων μειώνεται, όλο και περισσότεροι χρήστες κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν την κυψελοειδή σύνδεσή τους για να συνδεθούν στο Διαδίκτυο σε μέρη όπου είναι επίσης διαθέσιμη σύνδεση Wi-Fi. Επομένως, ενώ υπάρχουν σήμερα ορισμένες τεχνολογίες ενεργοποίησης του IoT που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για φορητές συσκευές στην τοπική περιοχή ή να λύσουν την απαίτηση κάλυψης ευρείας περιοχής των συσκευών IoT χρησιμοποιώντας μια σύνδεση κινητής τηλεφωνίας μέσω κινητού τηλεφώνου, υπολείπονται σε σύγκριση με δύο υπάρχουσες τεχνολογίες CIoT του 3rd Generation Partnership Project (3GPP), τα οποία είναι LTE-M και Narrow Band IoT (NB-IoT) όσον αφορά την κάλυψη, την επεκτασιμότητα, τη διαλειτουργικότητα, την QoS και την ασφάλεια. Το LTE-M και το NB-IoT εισάγονται στην Έκδοση 13 της τεχνολογίας LTE. Στην έκδοση LTE, 14 και 15, οι βελτιώσεις του LTE IoT συνέχισαν να παρέχουν συνδεσιμότητα κινητής τηλεφωνίας IoT σε περισσότερες συσκευές IoT και σε πιο διαφορετικές εφαρμογές. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η απόδοση του CIoT θα βελτιωθεί περαιτέρω με μεγαλύτερη εφαρμογή της κυψελοειδούς τεχνολογίας 5G.

7. ΠΑΡΟΥΣΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΙΟΤ/ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WEARABLE ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ

Θα υπάρχει τεράστιος αριθμός εφαρμογών και ευκαιριών για φορητές συσκευές IoT. Χρησιμοποιώντας την τρισδιάστατη εκτύπωση, η επόμενη γενιά αυτών των φορητών συσκευών θα ενισχυθεί με την πλευρική προσαρμογή του σχεδιασμού, της κατασκευής και της διανομής τους. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας αυτήν την τεχνολογία για εφαρμογή υγείας, ο ασθενής μπορεί να ανεβάσει τα προφίλ της νόσου του και να κατεβάσει τα εξατομικευμένα θεραπευτικά εργαλεία του για να τα εκτυπώσει στο σπίτι με χαμηλό κόστος. Με τη βελτίωση των νέων τεχνολογιών συλλογής ενέργειας και την ύπαρξη μπαταριών μεγαλύτερης διάρκειας ζωής, θα επιτραπεί η μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύς στις φορητές συσκευές IoT. Αυτό αυξάνει την αυτονομία τους, την εφαρμογή εξαγωγής και ταξινόμησης χαρακτηριστικών ή/και πρόβλεψης και επιτρέπει την αποτελεσματική χρήση πόρων υλικού. Η πιο σημαντική ευκαιρία στο εικονικό IoT θα πραγματοποιηθεί όταν συνδυαστούν δεδομένα IoT από διάφορες πηγές και συσκευές, θα υπάρχει διαθέσιμο ένα ολοκληρωμένο σύστημα IoT.

Η δεκαετία του 2020 μόλις ξεκίνησε, αλλά ήδη βλέπουμε σημαντικές προόδους και εξελίξεις στην τεχνολογία wearable. Ακολουθούν μερικές από τις αξιοσημείωτες τάσεις και καινοτομίες που διαμορφώνουν το τοπίο της τεχνολογίας φορητών συσκευών τη δεκαετία του 2020:

- Έξυπνα ρολόγια ως οθόνες υγείας: Τα έξυπνα ρολόγια δεν είναι πλέον απλώς αξεσουάρ για τον έλεγχο της ώρας και τη λήψη ειδοποιήσεων. Χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο ως όργανα παρακολούθησης υγείας, με χαρακτηριστικά όπως η παρακολούθηση ΗΚΓ, η ανίχνευση πτώσης και η παρακολούθηση οξυγόνου στο αίμα να γίνονται τυπικά. Με τη συνεχιζόμενη πανδημία COVID-19, τα έξυπνα ρολόγια χρησιμοποιούνται επίσης για τον εντοπισμό επαφών και την παρακολούθηση συμπτωμάτων.
- Wearables για την ψυχική υγεία: Η ψυχική υγεία είναι μια αυξανόμενη ανησυχία τα τελευταία χρόνια και τώρα αναπτύσσονται wearables για να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος. Για παράδειγμα, οι φορητές συσκευές που παρακολουθούν τα επίπεδα άγχους και παρέχουν εξατομικευμένες συμβουλές για τη διαχείριση του άγχους γίνονται όλο και πιο δημοφιλείς.
- Επαυξημένη πραγματικότητα για απομακρυσμένη εργασία: Με τη στροφή στην απομακρυσμένη εργασία λόγω της πανδημίας, η τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) χρησιμοποιείται για τη διευκόλυνση της εξ αποστάσεως συνεργασίας. Τα γυαλιά AR, όπως το Microsoft HoloLens, επιτρέπουν στους απομακρυσμένους εργαζόμενους να βλέπουν και να αλληλεπιδρούν με εικονικά τρισδιάστατα μοντέλα και να συνεργάζονται σε πραγματικό χρόνο.
- Wearables για gaming: Τα Wearables ενσωματώνονται επίσης περισσότερο στο gaming. Για παράδειγμα, τα ακουστικά VR όπως το Meta Quest 2 χρησιμοποιούνται για καθηλωτικές

εμπειρίες παιχνιδιού και αναπτύσσονται φορητές συσκευές απτικής ανάδρασης για να βελτιώσουν την αισθητηριακή εμπειρία του παιχνιδιού.

- Βιώσιμα wearables: Καθώς οι περιβαλλοντικές ανησυχίες γίνονται πιο πιεστικές, υπάρχει μια αυξανόμενη τάση προς τη βιώσιμη φορητή τεχνολογία. Οι εταιρείες αναπτύσσουν wearables κατασκευασμένα από βιώσιμα υλικά, όπως ανακυκλωμένο πλαστικό και οργανικό βαμβάκι, και εστιάζουν επίσης στο σχεδιασμό προϊόντων που είναι ανακυκλώσιμα και έχουν χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο.

Συμπερασματικά, η δεκαετία του 2020 διαμορφώνεται ως μια συναρπαστική εποχή για την τεχνολογία wearable. Με τις εξελίξεις στην παρακολούθηση της υγείας, την ψυχική υγεία, το AR, τα παιχνίδια και τη βιωσιμότητα, τα wearables ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στην καθημερινή μας ζωή και προσφέρουν νέες δυνατότητες για το πώς εργαζόμαστε, παίζουμε και παραμένουμε υγιείς. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, μπορούμε να περιμένουμε να δούμε ακόμη πιο καινοτόμες φορητές συσκευές και εφαρμογές τα επόμενα χρόνια. [170]

Οι κύριες προκλήσεις των φορητών συσκευών IoT, όπως φαίνεται στην Εικόνα 12, παρατίθενται παρακάτω:



Εικόνα 12. Σημαντικές προκλήσεις της τεχνολογίας φορητών IoT.

7.1 Ανάλυση δεδομένων φορητών αισθητήρων

Δεδομένου ότι είναι πολύ σημαντικό η φορητή συσκευή να είναι άνετη στο χρήστη όπως και να πρέπει να καταναλώνει χαμηλή ποσότητα ενέργειας, είναι συνήθως μικρή σε μέγεθος και οι αισθητήρες έχουν χαμηλότερη ανάλυση σε σύγκριση με συσκευές που δεν φοριούνται.

7.2 Κατανάλωση ενέργειας

Για να ελαχιστοποιηθεί η ανθρώπινη αλληλεπίδραση και οι φορητές συσκευές να λειτουργούν για πολλές ώρες χωρίς ανάγκη αντικατάστασης ή φόρτισης της μπαταρίας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ειδικές σκέψεις κατά το σχεδιασμό των φορητών συσκευών. Για παράδειγμα, συστήματα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας ή τεχνικές συλλογής ενέργειας όπως οι μικρομαγνητοηλεκτρικές, θερμοηλεκτρικές, πιεζοηλεκτρικές ή φωτοηλεκτρικές μέθοδοι συλλογής Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

είναι μερικές πιθανές επιλογές που χρησιμοποιούνται στο [102]. Μεταξύ όλων των μεθόδων συλλογής ενέργειας, η ηλιακή ενέργεια θεωρείται ισχυρός υποψήφιος καθώς παρέχει την υψηλότερη πυκνότητα ισχύος. Το μειονέκτημα της ηλιακής ενέργειας είναι ο περιορισμός της χρήσης της στις ώρες της ημέρας και στους εξωτερικούς χώρους.

7.3 Φορητότητα

Οι φορητές συσκευές IoT πρέπει να είναι άνετες όταν φοριούνται από τον χρήστη. Είναι σημαντικό να είναι ελαφριές και σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να μην διαταράσσονται οι κανονικές δραστηριότητες του χρήστη. Η αντιστάθμιση μεταξύ της πολυπλοκότητας των υπολογισμών και του βάρους της φορητής συσκευής είναι μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις. Στο [103], εισάγεται η ιδέα του έξυπνου ρουχισμού ή του wearable 2.0 για ενσωμάτωση ανθρώπου-σύμφου που προσπαθεί να λύσει το πρόβλημα με την ταλαιπωρία που προκαλείται από τη χρήση πολλαπλών αισθητήρων σε διαφορετικό μέρος του σώματος για εφαρμογή υγειονομικής περίθαλψης.

7.4 Ασφάλεια

Όλες οι φορητές συσκευές IoT χρησιμοποιούν ασύρματες τεχνολογίες για να μεταδίδουν τα δεδομένα που ανιχνεύονται σε άλλο κόμβο, κάποια πύλη ή κάποιο σταθμό βάσης. Αυτή η ασύρματη μετάδοση περιλαμβάνει ακτινοβολία ραδιοσυχνοτήτων που θα μπορούσε να έχει αρνητικό αντίκτυπο στην υγεία του χρήστη, επειδή οι κεραιές του πομποδέκτη είναι πολύ κοντά στο σώμα του/της. Στις φορητές συσκευές που φοριούνται στο κεφάλι ή στα μάτια, οι κίνδυνοι ακτινοβολίας θα μπορούσαν να είναι σημαντικά υψηλότεροι. Αυτή η ανησυχία για την ασφάλεια αντιμετωπίζεται στο [104] αναθεωρώντας τα τυπικά όρια έκθεσης του ανθρώπου στην ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων και αναλύοντας το επίπεδο ακτινοβολίας των κεραιών CIoT. Αποδεικνύεται ότι το πρόβλημα μπορεί να είναι χειρότερο όταν η φορητή συσκευή CIoT εκπέμπει σε περιοχές με κακή κάλυψη.

7.5 Ασφάλεια δεδομένων

Η πολυπλοκότητα των φορητών συσκευών IoT συνήθως είναι μικρή λόγω των ελαφριών και λιγότερο ενεργοβόρων προτύπων. Κατά συνέπεια, θα μπορούσαν να είναι εξασθενημένα τα χαρακτηριστικά ασφαλείας σε τέτοιες συσκευές. Μία από τις προκλήσεις στις φορητές συσκευές IoT είναι ο τρόπος εφαρμογής πολιτικών ασφαλείας διατηρώντας παράλληλα την πολυπλοκότητα του συστήματος όσο το δυνατόν σε χαμηλά επίπεδα. Γενικά, τα wearables είναι εύκολοι στόχοι hacking λόγω κακής κρυπτογράφησης και προστασίας.

7.6 Κανονισμός

Υπάρχει επί του παρόντος περιορισμός στη χρήση φορητών συσκευών IoT σε πολλές βιομηχανίες λόγω έλλειψης κατάλληλων κανονισμών. Για παράδειγμα, σε αθλητικά γήπεδα και αρένες, η χρήση φορητών συσκευών IoT είναι τεχνολογικά εφικτή, αλλά δεν χρησιμοποιείται λόγω των κανονισμών του πρωταθλήματος.

7.7 Απόρρητο

Η συνεχής ανταλλαγή προσωπικών δεδομένων, όπως ζωτικής σημασίας σήματα για την υγεία, η δοσολογία και η τοποθεσία μεταξύ του wearable και του κόμβου IoT μπορεί να δημιουργήσει ένα περιβάλλον για παραβιάσεις του απορρήτου. Συνήθως, οι φορητές συσκευές IoT βρίσκονται σε

λειτουργία μετάδοσης γεγονός που τις καθιστά εύκολα αναγνωρίσιμες από άλλους κόμβους του δικτύου. Οι μη εξουσιοδοτημένοι κόμβοι μπορούν να κλέψουν τα προσωπικά δεδομένα εάν δεν εφαρμόζονται οι κατάλληλες πολιτικές απορρήτου. Σε τέτοιες λειτουργίες εκπομπής, η ενσωματωμένη τεχνολογία ασφαλείας υλικού των συσκευών IoT ενδέχεται να μην εγγυάται την προστασία των προσωπικών δεδομένων από παραβιάσεις. Στο [105] προτείνεται ένα μοντέλο IoT συνδρομητή εκπομπής όπου τα προσωπικά δεδομένα των χρηστών μοιράζονται μόνο με προβλεπόμενους κόμβους, όπως εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης ή συσκευές εξουσιοδοτημένες από τον χρήστη.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τεχνολογία των wearables στο IoT μπορεί να προσφέρει ατελείωτες νέες ευκαιρίες σε πολλές εφαρμογές στην πραγματική ζωή. Αυτή η εργασία παρείχε μια έρευνα σχετικά με τις σημαντικότερες προσπάθειες της ερευνητικής κοινότητας στον τομέα των wearables και του IoT. Αφού προσδιορίστηκαν περισσότερες από εκατοπενήντα εργασίες σε αυτόν τον τομέα, οι εργασίες αναλύθηκαν και χωρίστηκαν σε κύριες ομάδες με βάση τις εφαρμογές τους. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε ομάδα ομαδοποιήθηκαν επίσης. Τα Wearables έχουν πολλές δυνατότητες όταν το ολοκληρωμένο σύστημα IoT είναι διαθέσιμο. Για αυτόν τον λόγο η πραγματική δύναμη του συνδυασμού φορητών συσκευών και IoT δεν έχει αναγνωρισθεί. Προσφέρθηκαν πληροφορίες σχετικά με τις διάφορες τεχνικές και προσεγγίσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί, όπως οι συμβατικές μέθοδοι μηχανικής μάθησης και οι προσεγγίσεις βαθιάς μάθησης. Επίσης, το κυψελοειδές IoT μπορεί να φέρει επανάσταση στη βιομηχανία φορητών IoT, η οποία σε αυτό το σημείο δεν έχει λάβει πολλή προσοχή από την ερευνητική κοινότητα.

- [1] S. Seneviratne, Y. Hu, T. Nguyen, G. Lan, S. Khalifa, K. Thilakarathna, M. Hassan, and A. Seneviratne, "A survey of wearable devices and challenges," *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 19, no. 4, pp. 2573–2620, 4th Quart., 2017.
- [2] K. Hartman, *Make: Wearable Electronics: Design, Prototype, and Wear Your Own Interactive Garments*. Sebastopol, CA, USA: Maker Media, 2014.
- [3] E. Sazonov and M. R. Neuman, *Wearable Sensors: Fundamentals, Implementation and Applications*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2014.
- [4] C. Nave and O. Postolache, "Smart walker based IoT physical rehabilitation system," in *Proc. Int. Symp. Sens. Instrum. IoT Era (ISSI)*, Shanghai, China, Sep. 2018, pp. 1–6.
- [5] G. Yang, J. Deng, G. Pang, H. Zhang, J. Li, B. Deng, Z. Pang, J. Xu, M. Jiang, P. Liljeberg, H. Xie, and H. Yang, "An IoT-enabled stroke rehabilitation system based on smart wearable armband and machine learning," *IEEE J. Transl. Eng. Health Med.*, vol. 6, pp. 1–10, 2018.
- [6] A. Ghorbel, S. Bouguerra, N. B. Amor, and M. Jallouli, "Cloud based mobile application for remote control of intelligent wheelchair," in *Proc. 14th Int. Wireless Commun. Mobile Comput. Conf. (IWCMC)*, Limassol, Cyprus, Jun. 2018, pp. 1249–1254.
- [7] M. O. Agyeman and A. Al-Mahmood, "Design and implementation of a wearable device for motivating patients with upper and/or lower limb disability via gaming and home rehabilitation," in *Proc. 4th Int. Conf. Fog Mobile Edge Comput. (FMEC)*, Jun. 2019, pp. 247–252.
- [8] C. F. Pasluosta, H. Gassner, J. Winkler, J. Klucken, and B. M. Eskofier, "An emerging era in the management of Parkinson's disease: Wearable technologies and the Internet of Things," *IEEE J. Biomed. Health Informat.*, vol. 19, no. 6, pp. 1873–1881, Nov. 2015.
- [9] S. B. Baker, W. Xiang, and I. Atkinson, "Internet of Things for smart healthcare: Technologies, challenges, and opportunities," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 26521–26544, 2017.
- [10] S. Jayanth, M. B. Poorvi, R. Shreyas, B. Padmaja, and M. P. Sunil, "Wearable device to measure heart beat using IoT," in *Proc. Int. Conf. Inventive Syst. Control (ICISC)*, Coimbatore, India, Jan. 2017, pp. 1–5.
- [11] A. J. A. Majumder, Y. A. ElSaadany, R. Young, and D. R. Ucci, "An energy efficient wearable smart IoT system to predict cardiac arrest," *Adv. Hum.-Comput. Interact.*, vol. 2019, pp. 1–21, Feb. 2019.
- [12] A. Brezilianu, O. Geman, M. D. Zbancioc, M. Hagan, C. Aghion, D. J. Hemanth, and L. H. Son, "IoT based heart activity monitoring using inductive sensors," *Sensors*, vol. 19, no. 15, p. 3284, 2019.
- [13] S. Milici, J. Lorenzo, A. Lazaro, R. Villarino, and D. Girbau, "Wireless breathing sensor based on wearable modulated frequency selective surface," *IEEE Sensors J.*, vol. 17, no. 5, pp. 1285–1292, Mar. 2017.
- [14] S. Syed Tauhid, B. Faizan, D. Faheem, A. Nouman, and A. Jan, "Cloudassisted IoT-based smart respiratory monitoring system for asthma patients," in *Applications of Intelligent Technologies in Healthcare*. New York, NY, USA: Springer, 2019.
- [15] I. Mahbub, S. A. Pullano, H. Wang, S. K. Islam, A. S. Fiorillo, G. To, and M. R. Mahfouz, "A low-power wireless piezoelectric sensor-based respiration monitoring system realized in CMOS process," *IEEE Sensors J.*, vol. 17, no. 6, pp. 1858–1864, Mar. 2017.
- [16] D. Naranjo-Hernández, A. Talaminos-Barroso, J. Reina-Tosina, L. Roa, G. Barbarov-Rostan, P. Cejudo-Ramos, E. Márquez-Martín, and F. Ortega-Ruiz, "Smart vest for respiratory rate monitoring of COPD patients based on non-contact capacitive sensing," *Sensors*, vol. 18, no. 7, p. 2144, 2018.
- [17] J. Wan, M. A. A. H. Al-awlaqi, M. Li, M. O'Grady, X. Gu, J. Wang, and N. Cao, "Wearable IoT enabled real-time health monitoring system," *EURASIP J. Wireless Commun. Netw.*, vol. 2018, no. 1, Dec. 2018.
- [18] S. Yoshida, H. Miyaguchi, and T. Nakamura, "Development of tablet-shaped ingestible core-body thermometer powered by gastric acid battery," *IEEE Sensors J.*, vol. 18, no. 23, pp. 9755–9762, Dec. 2018.
- [19] F. Lamonaca, E. Balestrieri, I. Tudosa, F. Picariello, D. L. Carni, C. Scuro, F. Bonavolonta, V. Spagnuolo, G. Grimaldi, and A. Colaprico, "An overview on Internet of medical things in blood Φορετές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

pressure monitoring,” in Proc. IEEE Int. Symp. Med. Meas. Appl. (MeMeA), Istanbul, Turkey, Jun. 2019, pp. 1–6.

[20] D. Murali, D. R. Rao, S. R. Rao, and M. Ananda, “Pulse oximetry and IOT based cardiac monitoring integrated alert system,” in Proc. Int. Conf. Adv. Comput., Commun. Informat. (ICACCI), Bangalore, India, Sep. 2018, pp. 2237–2243.

[21] B. Sargunam and S. Anusha, “IoT based mobile medical application for smart insulin regulation,” in Proc. IEEE Int. Conf. Electr., Comput. Commun. Technol. (ICECCT), Coimbatore, India, Feb. 2019, pp. 1–5.

[22] S. Yang, B. Gao, L. Jiang, J. Jin, Z. Gao, X. Ma, and W. L. Woo, “IoT structured long-term wearable social sensing for mental wellbeing,” IEEE Internet Things J., vol. 6, no. 2, pp. 3652–3662, Apr. 2019.

[23] J. Qi, P. Yang, M. Hanneghan, S. Tang, and B. Zhou, “A hybrid hierarchical framework for gym physical activity recognition and measurement using wearable sensors,” IEEE Internet Things J., vol. 6, no. 2, pp. 1384–1393, Apr. 2019.

[24] E. Mencarini, A. Rapp, L. Tirabeni, and M. Zancanaro, “Designing wearable systems for sports: A review of trends and opportunities in human–computer interaction,” IEEE Trans. Hum.-Mach. Syst., vol. 49, no. 4, pp. 314–325, Aug. 2019. [25] D. Castro, W. Coral, C. Rodriguez, J. Cabra, and J. Colorado, “Wearablebased human activity recognition using an IoT approach,” J. Sensor Actuator Netw., vol. 6, no. 4, p. 28, 2017.

[26] H. Huang, X. Li, S. Liu, S. Hu, and Y. Sun, “TriboMotion: A selfpowered triboelectric motion sensor in wearable Internet of Things for human activity recognition and energy harvesting,” IEEE Internet Things J., vol. 5, no. 6, pp. 4441–4453, Dec. 2018.

[27] W. Lu, F. Fan, J. Chu, P. Jing, and S. Yuting, “Wearable computing for Internet of Things: A discriminant approach for human activity recognition,” IEEE Internet Things J., vol. 6, no. 2, pp. 2749–2759, Apr. 2019.

[28] L. Atallah, B. Lo, R. King, and G.-Z. Yang, “Sensor positioning for activity recognition using wearable accelerometers,” IEEE Trans. Biomed. Circuits Syst., vol. 5, no. 4, pp. 320–329, Aug. 2011.

[29] M. J. Mathie, B. G. Celler, N. H. Lovell, and A. C. F. Coster, “Classification of basic daily movements using a triaxial accelerometer,” Med. Biol. Eng. Comput., vol. 42, no. 5, pp. 679–687, Sep. 2004.

[30] A. Mannini and A. M. Sabatini, “Machine learning methods for classifying human physical activity from on-body accelerometers,” Sensors, vol. 10, no. 2, pp. 1154–1175, 2010.

[31] K. H. Walse, R. V. Dharaskar, and V. M. Thakare, “A study on the effect of adaptive boosting on performance of classifiers for human activity recognition,” in Proc. Int. Conf. Data Eng. Commun. Technol., 2017, pp. 419–429.

[32] Y. Chen and C. Shen, “Performance analysis of smartphone-sensor behavior for human activity recognition,” IEEE Access, vol. 5, pp. 3095–3110, 2017.

[33] Z. He and L. Jin, “Activity recognition from acceleration data based on discrete cosine transform and SVM,” in Proc. IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern., Oct. 2009, pp. 5041–5044.

[34] L. Liu, S. Wang, G. Su, Z.-G. Huang, and M. Liu, “Towards complex activity recognition using a Bayesian network-based probabilistic generative framework,” Pattern Recognit., vol. 68, pp. 295–309, Aug. 2017.

[35] K.-C. Liu, C.-Y. Yen, L.-H. Chang, C.-Y. Hsieh, and C.-T. Chan, “Wearable sensor-based activity recognition for housekeeping task,” in Proc. IEEE 14th Int. Conf. Wearable Implant. Body Sensor Netw. (BSN), May 2017, pp. 67–70.

[36] B. Logan, J. Healey, M. Philipose, E. M. Tapia, and S. Intille, “A longterm evaluation of sensing modalities for activity recognition,” in Proc. UbiComp Ubiquitous Comput., Innsbruck, Austria, vol. 4717, 2007, pp. 483–500.

[37] S.-M. Lee, S. Min Yoon, and H. Cho, “Human activity recognition from accelerometer data using convolutional neural network,” in Proc. IEEE Int. Conf. Big Data Smart Comput. (BigComp), Feb. 2017, pp. 131–134.

- [38] M. Ermes, J. Pärkkä, J. Mäntyjärvi, and I. Korhonen, "Detection of daily activities and sports with wearable sensors in controlled and uncontrolled conditions," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 12, no. 1, pp. 20–26, Jan. 2008.
- [39] M. Li, V. Rozgic, G. Thatte, S. Lee, A. Emken, M. Annavaram, U. Mitra, D. Spruijt-Metz, and S. Narayanan, "Multimodal physical activity recognition by fusing temporal and cepstral information," *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, vol. 18, no. 4, pp. 369–380, Aug. 2010.
- [40] S. Liu, R. X. Gao, D. John, J. W. Staudenmayer, and P. S. Freedson, "Multisensor data fusion for physical activity assessment," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 59, no. 3, pp. 687–696, Mar. 2012.
- [41] I. C. Gyllensten and A. G. Bonomi, "Identifying types of physical activity with a single accelerometer: Evaluating laboratory-trained algorithms in daily life," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 58, no. 9, pp. 2656–2663, Sep. 2011.
- [42] Z. Wang, M. Guo, and C. Zhao, "Badminton stroke recognition based on body sensor networks," *IEEE Trans. Hum.-Mach. Syst.*, vol. 46, no. 5, pp. 769–775, Oct. 2016.
- [43] A. Raina, T. G. Lakshmi, and S. Murthy, "CoMBaT: Wearable technology based training system for novice badminton players," in *Proc. IEEE 17th Int. Conf. Adv. Learn. Technol. (ICALT)*, Jul. 2017, pp. 153–157.
- [44] J. C. Maglott, J. Xu, and P. B. Shull, "Differences in arm motion timing characteristics for basketball free throw and jump shooting via a bodyworn sensorized sleeve," in *Proc. IEEE 14th Int. Conf. Wearable Implant. Body Sensor Netw. (BSN)*, May 2017, pp. 31–34.
- [45] S. Bogers, C. Megens, and S. Vos, "Design for balanced engagement in mixed level sports teams," in *Proc. CHI Conf. Extended Abstr. Hum. Factors Comput. Syst. (CHI EA)*, 2017, pp. 994–1002.
- [46] Z. Wang, H. Zhao, S. Qiu, and Q. Gao, "Stance-phase detection for ZUPT-aided foot-mounted pedestrian navigation system," *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, vol. 20, no. 6, pp. 3170–3181, Dec. 2015.
- [47] Z. Wang, J. Wang, H. Zhao, N. Yang, and G. Fortino, "CanoeSense: Monitoring canoe sprint motion using wearable sensors," in *Proc. IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern. (SMC)*, Budapest, Hungary, Oct. 2016, pp. 644–649.
- [48] J. Pansiot, B. Lo, and G.-Z. Yang, "Swimming stroke kinematic analysis with BSN," in *Proc. Int. Conf. Body Sensor Netw.*, Singapore, Jun. 2010, pp. 153–158.
- [49] M. Bächlin, K. Förster, and G. Tröster, "SwimMaster: A wearable assistant for swimmer," in *Proc. 11th Int. Conf. Ubiquitous Comput.*, Sep. 2009, pp. 215–224.
- [50] J. Häkkinen, M. Alhonsuo, L. Virtanen, J. Rantakari, A. Colley, and T. Koivumäki, "MyData approach for personal health—A service design case for young athletes," in *Proc. 49th Hawaii Int. Conf. Syst. Sci. (HICSS)*, Koloa, HI, USA, Jan. 2016, pp. 3493–3502.
- [51] J. Haladjian, M. Reif, and B. Brügge, "VIHapp: A wearable system to support blind skiing," in *Proc. ACM Int. Joint Conf. Pervas. Ubiquitous Comput. (UbiComp)*, 2017, pp. 1033–1037.
- [52] E. Niforatos, A. Fedosov, I. Elhart, and M. Langheinrich, "Augmenting skiers' peripheral perception," in *Proc. ACM Int. Symp. Wearable Comput. (ISWC)*, 2017, pp. 114–121.
- [53] E. H. Chi, J. Song, and G. Corbin, "'Killer App' of wearable computing: Wireless force sensing body protectors for martial arts," in *Proc. 17th Annu. ACM Symp. User Interface Softw. Technol. (UIST)*, 2004, pp. 277–285.
- [54] M. Pan, S. Salvi, and E. Brady, "Designing auditory feedback from wearable weightlifting devices," in *Proc. Extended Abstr. CHI Conf. Hum. Factors Comput. Syst. (CHI)*, 2018, pp. 1–6.
- [55] H. Havlucu, I. Bostan, A. Coskun, and Ö. Özcan, "Understanding the lonesome tennis players: Insights for future wearables," in *Proc. CHI Conf. Extended Abstr. Hum. Factors Comput. Syst. (CHI EA)*, 2017, pp. 1678–1685.
- [56] M. Lapinski, E. Berkson, T. Gill, M. Reinold, and J. A. Paradiso, "A distributed wearable, wireless sensor system for evaluating professional baseball pitchers and batters," in *Proc. Int. Symp. Wearable Comput.*, Sep. 2009, pp. 131–138.

- [57] D. K. Arvind and A. Bates, "The speckled golfer," in Proc. 3rd Int. ICST Conf. Body Area Netw., 2008, pp. 1–28
- [58] H. Ghasemzadeh, V. Loseu, E. Guenterberg, and R. Jafari, "Sport training using body sensor networks: A statistical approach to measure wrist rotation for golf swing," in Proc. 4th Int. ICST Conf. Body Area Netw., Los Angeles, CA, USA, Apr. 2009, pp. 1–8.
- [59] R. C. Shit, S. Sharma, D. Puthal, and A. Y. Zomaya, "Location of things (LoT): A review and taxonomy of sensors localization in IoT infrastructure," IEEE Commun. Surveys Tuts., vol. 20, no. 3, pp. 2028–2061, 3rd Quart., 2018.
- [60] Y. Kim, H. Shin, and H. Cha, "Smartphone-based Wi-Fi pedestrian tracking system tolerating the RSS variance problem," in Proc. IEEE Int. Conf. Pervas. Comput. Commun., Lugano, Switzerland, Mar. 2012, pp. 11–19.
- [61] A. Hallquist and A. Zakhor, "Single view pose estimation of mobile devices in urban environments," in Proc. IEEE Workshop Appl. Comput. Vis. (WACV), Tampa, FL, USA, Jan. 2013, pp. 347–354.
- [62] B. Wang, G. Wu, S. Wang, and L. T. Yang, "Localization based on adaptive regulated neighborhood distance for wireless sensor networks with a general radio propagation model," IEEE Sensors J., vol. 14, no. 11, pp. 3754–3762, Nov. 2014.
- [63] H. Chen, P. Huang, M. Martins, H. C. So, and K. Sezaki, "Novel centroid localization algorithm for three-dimensional wireless sensor networks," in Proc. 4th Int. Conf. Wireless Commun., Netw. Mobile Comput., Oct. 2008, pp. 1–4.
- [64] H. Yu, X. Chen, and J. Fan, "Gauss-newton method based on energy target localization," Comput. Eng. Appl., vol. 43, no. 27, pp. 124–126, 2007.
- [65] L. Lazos and R. Poovendran, "HiRLoc: High-resolution robust localization for wireless sensor networks," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 24, no. 2, pp. 233–246, Feb. 2006.
- [66] W. Jichun, H. Liusheng, X. Hongli, X. Ben, and L. Shanliang, "A novel range free localization scheme based on Voronoi diagrams in wireless sensor networks," J. Comput. Res. Develop., vol. 5, no. 1, pp. 119–125, 2008.
- [67] B. Mirmahboub, S. Samavi, N. Karimi, and S. Shirani, "Automatic monocular system for human fall detection based on variations in silhouette area," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 60, no. 2, pp. 427–436, Feb. 2013.
- [68] E. Auvinet, F. Multon, A. Saint-Arnaud, J. Rousseau, and J. Meunier, "Fall detection with multiple cameras: An occlusion-resistant method based on 3-D silhouette vertical distribution," IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed., vol. 15, no. 2, pp. 290–300, Mar. 2011.
- [69] C. Rougier, J. Meunier, A. St-Arnaud, and J. Rousseau, "Robust video surveillance for fall detection based on human shape deformation," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 21, no. 5, pp. 611–622, May 2011.
- [70] M. Daher, A. Diab, M. El Badaoui El Najjar, M. A. Khalil, and F. Charpillat, "Elder tracking and fall detection system using smart tiles," IEEE Sensors J., vol. 17, no. 2, pp. 469–479, Jan. 2017.
- [71] W. Saadeh, S. A. Butt, and M. A. B. Altaf, "A patient-specific single sensor IoT-based wearable fall prediction and detection system," IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., vol. 27, no. 5, pp. 995–1003, May 2019.
- [72] A. Sorvala, E. Alasaarela, H. Sorvoja, and R. Myllylä, "A two-threshold fall detection algorithm for reducing false alarms," in Proc. 6th Int. Symp. Med. Inf. Commun. Technol. (ISMICT), Mar. 2012, pp. 1–4.
- [73] W. Saadeh, M. A. Bin Altaf, and S. A. Butt, "A wearable neurodegenerative diseases detection system based on gait dynamics," in Proc. IFIP/IEEE Int. Conf. Very Large Scale Integr. (VLSI-SoC), Oct. 2017, pp. 1–6.
- [74] R. Bartlett, Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns, 2nd ed. Abingdon, U.K: Routledge, 2007.
- [75] L. Ren and Y. Peng, "Research of fall detection and fall prevention technologies: A systematic review," IEEE Access, vol. 7, pp. 77702–77722, 2019.

[76] N. Otanasp, "Pre-impact fall detection based on wearable device using dynamic threshold model," in Proc. 17th Int. Conf. Parallel Distrib. Comput., Appl. Technol. (PDCAT), Guangzhou, China, Dec. 2016, pp. 362–365.

[77] Y. Wu, Y. Su, Y. Hu, N. Yu, and R. Feng, "A multi-sensor fall detection system based on multivariate statistical process analysis," J. Med. Biol. Eng., vol. 39, no. 3, pp. 336–351, Jun. 2019.

[78] L. Ren and W. Shi, "Chameleon: Personalised and adaptive fall detection of elderly people in home-based environments," Int. J. Sensor Netw., vol. 20, no. 3, pp. 163–176, 2016.

[79] M. N. Nyan, F. E. H. Tay, and E. Murugasu, "A wearable system for preimpact fall detection," J. Biomechanics, vol. 41, no. 16, pp. 3475–3481, Dec. 2008.

[80] S. Yu, H. Chen, and R. A. Brown, "Hidden Markov model-based fall detection with motion sensor orientation calibration: A case for real-life home monitoring," IEEE J. Biomed. Health Informat., vol. 22, no. 6, pp. 1847–1853, Nov. 2018.

[81] X. Zhou, L.-C. Qian, P.-J. You, Z.-G. Ding, and Y.-Q. Han, "Fall detection using convolutional neural network with multi-sensor fusion," in Proc. IEEE Int. Conf. Multimedia Expo Workshops (ICMEW), San Diego, CA, USA, Jul. 2018, pp. 1–5.

[82] W. Min, H. Cui, H. Rao, Z. Li, and L. Yao, "Detection of human falls on furniture using scene analysis based on deep learning and activity characteristics," IEEE Access, vol. 6, pp. 9324–9335, 2018.

[83] J. K. Lee, S. N. Robinovitch, and E. J. Park, "Inertial sensing-based pre-impact detection of falls involving near-fall scenarios," IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., vol. 23, no. 2, pp. 258–266, Mar. 2015.

[84] G. Shi, C. S. Chan, W. J. Li, K.-S. Leung, Y. Zou, and Y. Jin, "Mobile human airbag system for fall protection using MEMS sensors and embedded SVM classifier," IEEE Sensors J., vol. 9, no. 5, pp. 495–503, May 2009.

[85] S. Shan and T. Yuan, "A wearable pre-impact fall detector using feature selection and support vector machine," in Proc. IEEE 10th Int. Conf. SIGNAL Process. Proc., Beijing, China, Oct. 2010, pp. 1686–1689.

[86] P. Choudhary, R. Sharma, G. Singh, and S. Das, "A survey paper on drowsiness detection & alarm system for drivers," Int. Res. J. Eng. Technol. (IRJET), vol. 3, no. 12, pp. 1433–1437, 2016.

[87] W.-J. Chang, L.-B. Chen, and Y.-Z. Chiou, "Design and implementation of a Drowsiness-Fatigue-Detection system based on wearable smart glasses to increase road safety," IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 64, no. 4, pp. 461–469, Nov. 2018.

[88] S. Dhole, "A novel helmet design and implementation for drowsiness and fall detection of workers on-site using EEG and random-forest classifier," in Proc. 10th Int. Conf. Ambient Syst., Netw. Technol., 2019, pp. 947–952.

[89] F. Wu, J.-M. Redoute, and M. R. Yuce, "A self-powered wearable body sensor network system for safety applications," in Proc. IEEE Sensors, New Delhi, India, Oct. 2018, pp. 1–4.

[90] D. Antolín, N. Medrano, B. Calvo, and F. Pérez, "A wearable wireless sensor network for indoor smart environment monitoring in safety applications," Sensors, vol. 17, no. 2, p. 365, 2017.

[91] E. Wilhelm, S. Siby, Y. Zhou, X. J. S. Ashok, M. Jayasuriya, S. Foong, J. Kee, K. L. Wood, and N. O. Tippenhauer, "Wearable environmental sensors and infrastructure for mobile large-scale urban deployment," IEEE Sensors J., vol. 16, no. 22, pp. 8111–8123, Nov. 2016.

[92] M. Serbanescu, V. M. Placinta, O. E. Hutanu, and C. Ravariu, "Smart, low power, wearable multi-sensor data acquisition system for environmental monitoring," in Proc. 10th Int. Symp. Adv. Topics Electr. Eng. (ATEE), Bucharest, Romania, 2017, pp. 118–123.

[93] F. J. Dian, A. Yousefi, and S. Lim, "A practical study on Bluetooth low energy (BLE) throughput," in Proc. IEEE 9th Annu. Inf. Technol., Electron. Mobile Commun. Conf. (IEMCON), Vancouver, BC, Canada, Nov. 2018, pp. 768–771.

[94] F. J. Dian, "Low-power synchronized multi-channel data acquisition communication system," in Proc. IEEE 9th Annu. Comput. Commun. Workshop Conf. (CCWC), Las Vegas, NV, USA, Jan. 2019, pp. 1027–1031.

- [95] F. J. Dian, A. Yousefi, and K. Somaratne, "A study in accuracy of time synchronization of BLE devices using connection-based event," in Proc. 8th IEEE Annu. Inf. Technol., Electron. Mobile Commun. Conf. (IEMCON), Vancouver, BC, Canada, Oct. 2017, pp. 595–601.
- [96] A. Yousefi, K. Somaratne, and F. J. Dian, "Analysis of time synchronization based on current measurement for Bluetooth low energy (BLE)," in Proc. 8th IEEE Annu. Inf. Technol., Electron. Mobile Commun. Conf. (IEMCON), Vancouver, BC, Canada, Oct. 2017, pp. 602–607.
- [97] K. Somaratne, F. J. Dian, and A. Yousefi, "Accuracy analysis of time synchronization using current consumption pattern of BLE devices," in Proc. IEEE 8th Annu. Comput. Commun. Workshop Conf. (CCWC), Las Vegas, NV, USA, Jan. 2018, pp. 841–844.
- [98] F. J. Dian, A. Yousefi, and K. Somaratne, "Performance evaluation of time synchronization using current consumption pattern of BLE devices," in Proc. IEEE 8th Annu. Comput. Commun. Workshop Conf. (CCWC), Las Vegas, NV, USA, Jan. 2018, pp. 906–910.
- [99] F. J. Dian, "An analytical scheme for power consumption of batteryoperated peripheral BLE nodes," in Proc. IEEE 9th Annu. Comput. Commun. Workshop Conf. (CCWC), Las Vegas, NV, USA, Jan. 2019, pp. 1021–1026.
- [100] F. J. Dian, A. Yousefi, and S. Lim, "Time scheduling of central BLE for connection events," in Proc. IEEE 9th Annu. Inf. Technol., Electron. Mobile Commun. Conf. (IEMCON), Vancouver, CO, USA, Nov. 2018, pp. 763–767.
- [101] F. J. Dian and R. Vahidnia, "Formulation of BLE throughput based on node and link parameters," IEEE Can. J. Elect. Comput. Eng., 2020.
- [102] T. Wu, F. Wu, J.-M. Redoute, and M. R. Yuce, "An autonomous wireless body area network implementation towards IoT connected healthcare applications," IEEE Access, vol. 5, pp. 11413–11422, 2017.
- [103] M. Chen, Y. Ma, Y. Li, D. Wu, Y. Zhang, and C.-H. Youn, "Wearable 2.0: Enabling human-cloud integration in next generation healthcare systems," IEEE Commun. Mag., vol. 55, no. 1, pp. 54–61, Jan. 2017.
- [104] J. Dian and R. Vahidnia, "Radiation safety hazards of cellular IoT devices," IEEE Technol. Soc. Mag., 2019.
- [105] R. Lomotey, K. Sofranko, and R. Orji, "Enhancing privacy in wearable IoT through a provenance architecture," Multimodal Technol. Interact., vol. 2, no. 2, p. 18, 2018.
- [106] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD retrieved 8 june 2024
- [107] <https://www.c-sharpcorner.com/article/wearable-technology-a-brief-history-and-a-bright-future/> retrieved 8 june 2024
- [108] https://en.wikipedia.org/wiki/Wearable_technology
Retrieved 8 june 2024
- [109]. Aleksandr Ometov, Viktoriia Shubina, Lucie Klus, Justyna Skibińska, Salwa Saafi, Pavel Pascacio, Laura Flueraoru, Darwin Quezada Gaibor, Nadezhda Chukhno, Olga Chukhno Asad Ali, Asma Channa, Ekaterina Svrtoka, Waleed Bin Qaim, Raúl Casanova-Marqués, Sylvia Holcer, Joaquín Torres-Sospedra, Sven Casteleyn, Giuseppe Ruggeri, Giuseppe Araniti, Radim Burget, Jiri Hosek, Elena Simona Lohan "A Survey on Wearable Technology: History, State-of-the-Art and Current Challenges" [Computer Networks Volume 193](#), 5 July 2021, 108074
- [110] Chatterjee, A.; Aceves, A.; Dungca, R.; Flores, H.; Giddens, K. Classification of wearable computing: A survey of electronic assistive technology and future design. In Proceedings of the 2016 Second International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN), Kolkata, India, 23–25 September 2016; pp. 22–27
- [111] International Electrotechnical Commission. Διαθέσιμο στο: http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/technology/printed_electronics_lr.pdf
- [112] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/el/policies/next-generation-internet-things> retrieved 30 june

- [113] Prajakta Pande , Anand R. Padwalkar , —Internet of Things –A Future of Internet: A Survey”, Volume 2, Issue 2, February 2015.
- [114] Ashvini Balte, Asmita Kashid, Balaji Patil , —Security Issues in Internet of Things (IoT): A Survey”, Volume 5, Issue 4, 2015
- [115] Wang Q, Markopoulos P, Yu B, et al. Interactive wearable systems for upper body rehabilitation: a systematic review. *J Neuroeng Rehabil* 2017; 14: 20.
- [116] Iosa M, Picerno P, Paolucci S, et al. Wearable inertial sensors for human movement analysis. *Expert Rev Med Devices* 2016; 13: 641–659
- [117] Iqbal MH, Aydin A, Brunckhorst O, et al. A review of wearable technology in medicine. *J R Soc Med* 2016; 109: 372–380.
- [118] Kraal JJ, Sartor F, Papini G, et al. Energy expenditure estimation in beta-blocker-medicated cardiac patients by combining heart rate and body movement data. *Eur J Prev Cardiol* 2016; 23: 1734–1742.
- [119] Reeder B, David A. Health at hand: a systematic review of smart watch uses for health and wellness. *J Biomed Inform* 2016; 63: 269–276.
- [120] Lim WK, Davila S, Teo JX, et al. Beyond fitness tracking: the use of consumer-grade wearable data from normal volunteers in cardiovascular and lipidomics research. *PLoS Biol* 2018; 16: e2004285.
- [121] Shin JH, Kim MY, Lee JY, et al. Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a single-blinded, randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil* 2016; 13: 17.
- [122] Chen KH, Chen PC, Liu KC, et al. Wearable sensor-based rehabilitation exercise assessment for knee osteoarthritis. *Sensors* 2015; 15: 4193–4211.
- [123] Laver KE, Lange B, George S, et al. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Stroke* 2018; 49: e160–e161.
- [124] Tieri G, Morone G, Paolucci S, et al. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert Rev Med Devices* 2018; 15: 107–117.
- [125] Munroe C, Meng Y, Yanco H, et al. Augmented reality eyeglasses for promoting home-based rehabilitation for children with cerebral palsy. In: *The eleventh ACM/IEEE international conference on human robot interaction*, Christchurch, NZ, 7–10 March 2016, pp.565–565. New York, NY: IEEE Press.
- [126] McEwen D, Taillon-Hobson A, Bilodeau M, et al. Virtual reality exercise improves mobility after stroke: an inpatient randomized controlled trial. *Stroke* 2014; 45: 1853–1855.
- [127] Massetti T, da Silva TD, Crocetta TB, et al. The clinical utility of virtual reality in neurorehabilitation: a systematic review. *J Cent Nerv Syst Dis* 2018; 10: 1179573518813541.
- [128] Dorsch AK, King CE, Dobkin BH. *Neurorehabilitation technology*, New York, NY: Springer, 2016.
- [129] Alon G, Embrey DG, Brandsma BA, et al. Comparing four electrical stimulators with different pulses properties and their effect on the discomfort and elicited dorsiflexion. *Int J Physiother Res* 2013; 1: 122–129.
- [130] Springer S, Vatine JJ, Lipson R, et al. Effects of dual-channel functional electrical stimulation on gait performance in patients with hemiparesis. *Sci World J* 2012; 2012: 530906.
- [131] Kluding PM, Dunning K, O'Dell MW, et al. Foot drop stimulation versus ankle foot orthosis after stroke: 30-week outcomes. *Stroke* 2013; 44: 1660–1669.
- [132] Kluding PM, Dunning K, O'Dell MW, et al. Foot drop stimulation versus ankle foot orthosis after stroke: 30-week outcomes. *Stroke* 2013; 44: 1660–1669.
- [133] Pool D, Blackmore AM, Bear N, et al. Effects of short-term daily community walk aide use on children with unilateral spastic cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2014; 26: 308–317.
- [134] El-Gohary M, McNames J. Human joint angle estimation with inertial sensors and validation with a robot arm. *IEEE Trans Biomed Eng* 2015; 62: 1759–1767.

[135] Freeman C, Exell T, Meadmore K, et al. Computational models of upper-limb motion during functional reaching tasks for application in FES-based stroke rehabilitation. *Biomed Tech* 2015; 60: 179–191.

[136] Kutlu M, Freeman CT, Hallewell E, et al. Upper-limb stroke rehabilitation using electrode-array based functional electrical stimulation with sensing and control innovations. *Med Eng Phys* 2016; 38: 366–379.

[137] Sampson P, Freeman C, Coote S, et al. Using functional electrical stimulation mediated by iterative learning control and robotics to improve arm movement for people with multiple sclerosis. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2016; 24: 235–248.

[138] Noma T, Matsumoto S, Shimodozono M, et al. Novel neuromuscular electrical stimulation system for the upper limbs in chronic stroke patients: a feasibility study. *Am J Phys Med Rehabil* 2014; 93: 503–510.

[139] Knutson JS, Gunzler DD, Wilson RD, et al. Contralaterally controlled functional electrical stimulation improves hand dexterity in chronic hemiparesis: a randomized trial. *Stroke* 2016; 47: 2596–2602.

[140] Wang HP, Bi ZY, Zhou Y, et al. Real-time and wearable functional electrical stimulation system for volitional hand motor function control using the electromyography bridge method. *Neural Regen Res* 2017; 12: 133–142.

[141] Kim T, Kim S, Lee B. Effects of action observational training plus brain–computer interface-based functional electrical stimulation on paretic arm motor recovery in patient with stroke: a randomized controlled trial. *Occup Ther Int* 2016; 23: 39–47.

[142] Chen YL, Li YC, Kuo TS, et al. The development of a closed-loop controlled functional electrical stimulation (FES) in gait training. *J Med Eng Technol* 2001; 25: 41–48.

[143] Jovic J, Fraise P, Coste CA, et al. Improving valid and deficient body segment coordination to improve FES-assisted sit-to-stand in paraplegic subjects. In: *IEEE international conference on rehabilitation robotics*, June 27–July 1, 2011 Zurich, Switzerland. DOI: 10.1109/ICORR.2011.5975369.

[144] Zhang Q, Hayashibe M, Azevedo-Coste C. Evoked electromyography-based closed-loop torque control in functional electrical stimulation. *IEEE Trans Biomed Eng* 2013; 60: 2299–2307.

[145] Heller BW, Clarke AJ, Good TR, et al. Automated setup of functional electrical stimulation for drop foot using a novel 64 channel prototype stimulator and electrode array: results from a gait-lab based study. *Med Eng Phys* 2013; 35: 74–81.

[146] Wegrzyk J, Ranjeva JP, Foure A, et al. Specific brain activation patterns associated with two neuromuscular electrical stimulation protocols. *Sci Rep* 2017; 7: 2742.

[147] Alon G, Conroy VM, Donner TW. Intensive training of subjects with chronic hemiparesis on a motorized cycle combined with functional electrical stimulation (FES): a feasibility and safety study. *Physiother Res Int* 2011; 16: 81–91.

[148] Ali, F.; El-Sappagh, S.; Islam, S.R.; Ali, A.; Attique, M.; Imran, M.; Kwak, K.S. An intelligent healthcare monitoring framework using wearable sensors and social networking data. *Future Gener. Comput. Syst.* 2021, 114, 23–43

[149] Ramkumar, P.N.; Haeberle, H.S.; Ramanathan, D.; Cantrell, W.A.; Navarro, S.M.; Mont, M.A.; Bloomfield, M.; Patterson, B.M. Remote Patient Monitoring Using Mobile Health for Total Knee Arthroplasty: Validation of a Wearable and Machine Learning Based Surveillance Platform. *J. Arthroplast.* 2019, 34, 2253–2259

[150] Vos, M.D.; Prince, J.; Buchanan, T.; FitzGerald, J.J.; Antoniadou, C.A. Discriminating Progressive Supranuclear Palsy from Parkinson's Disease Using Wearable Technology and Machine Learning. *Gait Posture* 2020, 77, 257–263

[151] Meyer, B.M.; Tulipani, L.J.; Gurchiek, R.D.; Allen, D.A.; Adamowicz, L.; Larie, D.; Solomon, A.J.; Cheney, N.; McGinnis, R.S. Wearables and Deep Learning Classify Fall Risk From Gait in Multiple Sclerosis. *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 2021, 15, 1824–2831.

[152] Orfanidis, C.; Hassen, R.B.H.; Kwiek, A.; Fafoutis, X.; Jacobsson, M. A Discreet Wearable Long-Range Emergency System Based on Embedded Machine Learning. In *Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*

Φορητές συσκευές (Wearables) και Το Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), Εφαρμογές, Ευκαιρίες και Προκλήσεις: Μια Έρευνα

and other Affiliated Events (PerCom Workshops), Kassel, Germany, 22–26 March 2021; pp. 182–187

[153] Park, K.-B.; Kim, M.; Choi, S.H.; Lee, J.Y. Deep Learning-Based Smart Task Assistance in Wearable Augmented Reality. *Robot. Comput. -Integr. Manuf.* 2020, 63, 101887

[154] Xia, N.; Yu, W.; Han, X. Wearable Heart Rate Monitoring Intelligent Sports Bracelet Based on Internet of Things. *Measurement* 2020, 164, 108102.

[155] Hsu, Y.-L.; Chang, H.-C.; Chiu, Y.-J. Wearable Sport Activity Classification Based on Deep Convolutional Neural Network. *IEEE* 2019, 7, 170199–170210.

[156] Chiang, Y.-Y.; Shih, W.-Y.; Chen, W.-H.; Huang, J.-L.; Shiang, T.-Y. A Machine Learning-Based Countermovement Performance Measurement Method Using a Wearable IMU. In *Proceedings of the 2020 International Conference on Pervasive Artificial Intelligence (ICPAI)*, Taipei, Taiwan, 3–5 December 2020; pp. 1–7

[157] Seethi, V.D.; Bharti, P. CNN-based Speed Detection Algorithm for Walking and Running using Wrist-worn Wearable Sensors. In *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, Bologna, Italy, 14–17 September 2020; pp. 1–6.

[158] Mahmud, T.; Sayyed, A.Q.; Fattah, S.A.; Kung, S.-Y. A Novel Multi-Stage Training Approach for Human Activity Recognition from Multimodal Wearable Sensor Data Using Deep Neural Network. *IEEE Sens. J.* 2021, 21, 1715–1726.

[159] Balsamo, D.; Merrett, G.V.; Zaghari, B.; Wei, Y.; Ramchurn, S.; Stein, S.; Weddell, A.S.; Beeby, S. Wearable and autonomous computing for future smart cities: Open challenges. In *Proceedings of the 2017 25th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*, Split, Croatia, 21–26 September 2017; p. 15

[160] Kyriazis, D.; Varvarigou, T.; White, D.; Rossi, A.; Cooper, J. Sustainable smart city IoT applications: Heat and electricity management & eco-conscious cruise control for public transportation. In *Proceedings of the 2013 IEEE 14th International Symposium on “A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)*, Madrid, Spain, 4–7 June 2013; p. 15

[161] Xing, F.; Peng, G.; Zhang, B.; Li, S.; Liang, X. Socio-technical barriers affecting large-scale deployment of AI-enabled wearable medical devices among the ageing population in China. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2021, 166, 120609

[162] Schnell, B.; Moder, P.; Ehm, H.; Konstantinov, M.; Ismail, M. Challenges in smart health applications using wearable medical Internet-of-Things—A review. In *Proceedings of the Sixth International Congress on Information and Communication Technology: ICICT 2021*, London, UK, 25–26 February 2021; Springer: Singapore, 2022; Volume 3, pp. 283–296.

[163] Ang, K.L.M.; Seng, J.K.P. Application specific internet of things (ASIoTs): Taxonomy, applications, use case and future directions. *IEEE Access* 2019, 7, 56577–56590.

[164] Li, W.D.; Ke, K.; Jia, J.; Pu, J.H.; Zhao, X.; Bao, R.Y.; Yang, W. Recent Advances in Multiresponsive Flexible Sensors towards E-skin: A Delicate Design for Versatile Sensing. *Small* 2022, 18, 2103734.

[165] Choi, C.Q. E-Skin Sensors Go Chipless and Batteryless-Flexible, Wearable Devices Promise VR and Medical-Monitoring Applications. *IEEE Spectrum (Online)*. 2022. Available online: <https://spectrum.ieee.org/electronic-skin-chipless-batteryless> (accessed on 18 February 2023)

[166] Sapra, S.; Chakraborty, A.; Nuthalapati, S.; Nag, A.; Inglis, D.W.; Mukhopadhyay, S.C.; Altinsoy, M.E. Printed, wearable e-skin force sensor array. *Measurement* 2023, 206, 112348

[167] Mucchiani, C.; Liu, Z.; Sahin, I.; Dube, J.; Vu, L.; Kokkoni, E.; Karydis, K. Closed-loop position control of a pediatric soft robotic wearable device for upper extremity assistance. In *Proceedings of the 2022 31st IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, Napoli, Italy, 29 August–2 September 2022; pp. 1514–1519.

[168] Hijazi, H.; Abu Talib, M.; Hasasneh, A.; Bou Nassif, A.; Ahmed, N.; Nasir, Q. Wearable devices, smartphones, and interpretable artificial intelligence in combating COVID-19. *Sensors* 2021, 21, 8424.

[169] AI and Machine Learning in Wearable Sensor Technology. *by Sara Seitz*

<https://medium.com/@sequenex/ai-and-machine-learning-in-wearable-sensor-technology-d17ac626fc8>, retrieved 13 July

[170] <https://www.blumehive.co.uk/post/the-history-of-wearable-tech> retrieved 9 June 2024

[171] Atzori, L., Iera, A. and Morabito, G. (2010) The Internet of Things: A Survey. Computer Networks, 54, 2787-2805.

[172] Wearables and the Internet of Things (IoT), Applications, Opportunities, and Challenges: A Survey, April 2020 IEEE Access PP(99):1-1 DOI:10.1109/ACCESS.2020.2986329

[173] Exactitude Consultancy - Έκθεση για την Αγορά IoT στον Τομέα Υγείας URL: exactitudeconsultancy.com

[174] Liberal.gr - Άρθρο για την Επίδραση του IoT στην Υγειονομική Περίθαλψη URL: liberal.gr

[175] Statista - Στατιστικά για την Αγορά Φορητών Συσκευών (Wearable Devices) URL: statista.com

[176] McKinsey & Company - Έκθεση για τη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας μέσω IoT URL: mckinsey.com

[177] IoT Analytics - Αναφορές για Έξυπνα Συστήματα Ασφαλείας και Διαχείριση Ενέργειας URL: iot-analytics.com