

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Artificial Intelligence of Things στον τομέα της Υγείας»



Figure 2- AI- IOT based healthcare system

Της φοιτήτριας Κόλλια Ελένης

Αρ. Μητρώου:174913

Επιβλέπων

Όνοματεπώνυμο: Γιακουμής Άγγελος.

Βαθμίδα Επίκουρος Καθηγητής

Ημερομηνία 24/01/2025

Τίτλος Δ.Ε. «Artificial Intelligence of Things στον τομέα της Υγείας»

Κωδικός Δ.Ε. 23233

Όνοματεπώνυμο φοιτήτριας Κόλλια Ελένη

Όνοματεπώνυμο εισηγητή Γιακουμής Άγγελος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 14/07/2023

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε 23/01/2025

*Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική/ πτυχιακή εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.*

*Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Κόλλια Ελένης που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.*

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητα και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.



## Πρόλογος

Τα τελευταία χρόνια, λόγω των προκλήσεων, που δέχονται οι κοινωνίες, είτε οικονομικών είτε και κοινωνικών, έχουν αρχίσει να γίνονται αρκετά δημοφιλείς τεχνικές παροχής των ιατρικών παροχών με την βοήθεια τεχνολογικών μέσων. Παρά την χρήση των νέων σύγχρονων τεχνολογικών μέσων, η πιο διαδεδομένη μέθοδος αντιμετώπισης των ιατρικών ζητημάτων παραμένει η χρήση φαρμακευτικών αγωγών κατάποσης φαρμάκων. Συγκεκριμένα, το IMS Institute for Healthcare Informatics υπολόγισε ότι χρησιμοποιήθηκαν 4.5 τρισεκατομμύρια δόσεις φαρμάκων παγκοσμίως κατά το έτος 2020, αριθμός αυξημένος κατά 24% σε σχέση με το 2015.

Παρότι η υγειονομική περίθαλψη είναι ένας από τους πιο σημαντικούς τομείς της ανθρώπινης ζωής, υστερεί σημαντικά σε επίπεδο τεχνολογικής εξέλιξης την ίδια στιγμή που το εμπόριο και η βιομηχανία τροφίμων εισάγουν συνεχώς νέες τεχνολογίες στις διάφορες διαδικασίες που ακολουθούν τόσο για την παραγωγή όσο και την πώληση των προϊόντων τους. Το AI έχει σημαντικό αντίκτυπο στην πρόοδο της κοινωνίας καθώς έχει την δυνατότητα να αλλάξει εντελώς τις μεθόδους παροχής υγειονομικής περίθαλψης.

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών του AI και του IoT προσφέρουν νέες προοπτικές για την παρακολούθηση της υγειονομικής περίθαλψης των ασθενών σε συνδυασμό με τις πανταχού παρούσες μικρές φορητές συσκευές, οι οποίες διαθέτουν ενσωματωμένους αισθητήρες. Σε σχεδόν όλες τις σύγχρονες εφαρμογές της υγειονομικής περίθαλψης έχουν γίνει απαραίτητα τα συστήματα AIoT και η χρήση ειδικών αισθητήρων. Η χρήση αυτών των τεχνολογιών έχει φέρει μεγάλη επανάσταση στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης καθώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο παροχής ιατρικών υπηρεσιών, τη διαχείριση των δεδομένων των ασθενών και την ανάπτυξη θεραπειών.

## Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο “Artificial Intelligence of Things στον τομέα της Υγείας” αφορά στην χρήση των τεχνολογιών του IoT και του AI στον τομέα της υγείας. Αποτελεί μία βιβλιογραφική προσέγγιση, η οποία εστιάζει στις δύο αυτές τεχνολογίες, αρχικά ξεχωριστά, αναφέροντας βασικές πληροφορίες για την κατανόηση τους. Κατά κύριο λόγο, παρουσιάζονται τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα της χρήσης τους, ενώ στην συνέχεια περιγράφονται συγκεκριμένες εφαρμογές τους στον τομέα της υγείας. Στην συνέχεια, γίνεται ένας συνδυασμός των δύο τεχνολογιών και πλέον εμφανίζονται στην βιβλιογραφία με τον όρο AIoT, το οποίο είναι και το κύριο θέμα αυτής της εργασίας. Για το AIoT αναφέρονται συγκεκριμένα οφέλη, πλεονεκτήματα αλλά και προκλήσεις για την αντιμετώπιση των σύγχρονων ασθενειών όπως και ορισμένες εφαρμογές του. Δίνεται έμφαση στην χρήση αυτής της τεχνολογίας για την αντιμετώπιση των σύγχρονων ασθενειών. Συγκεκριμένα, ο covid 19, ο οποίος απασχόλησε πολύ πρόσφατα ολόκληρό τον πλανήτη, αλλά και η φυματίωση είναι οι δύο ασθένειες στις οποίες επικεντρώνεται αυτό το κείμενο και δίνεται μεγάλη έμφαση στην συνεισφορά του AIoT για τις διαδικασίες της διάγνωσης αλλά και της θεραπείας τους. Τέλος, αναφέρονται ορισμένα συμπεράσματα στα οποία οδήγησε αυτή η εργασία μετά από την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του θέματος.

# «Artificial Intelligence of Things in HealthCare»

«Eleni Kollia»

## **Abstract**

This thesis entitled “Artificial Intelligence of Things in the HealthCare field” is about the use of IoT and AI technologies. It is a literature-based approach, which focuses on these two technologies firstly separately, providing basic information for each one to get a better understanding of them. The advantages and disadvantages of their use are presented, followed by a description of their specific applications in the healthcare field. After that, the combination of those two technologies appears and from now on it is referred as AIoT. Benefits, advantages and disadvantages are also mentioned for the AIoT technology. The main applications of it are being presented in this paper. Emphasis is given on the use of this technology especially for the treatment of modern diseases. Particularly, covid 19, which has very recently bothered the whole planet, and tuberculosis are the two diseases on which this paper focuses on. Great emphasis is also given in the contribution of AIoT for the processes of their diagnosis and their treatment. Finally, some conclusions that this thesis led to after the end of this research in this topic are mentioned.

## **Ευχαριστίες**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε κατά την διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2023-2024 με επιβλέποντα καθηγητή τον κύριο Γιακουμή Άγγελο, επίκουρο καθηγητή του τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδος της Σίνδου Θεσσαλονίκης. Η ολοκλήρωση της δεν θα μπορούσε να γίνει χωρίς την χρήσιμη βοήθεια αλλά και καθοδήγηση αυτού του καθηγητή.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	5
Abstract	6
Εισαγωγή	10
Κεφάλαιο 1: Η τεχνολογία του IoT στον τομέα της υγείας	13
1.1 Εισαγωγή	13
1.2 Χρήση των συστημάτων IoT	14
1.3 Πλεονεκτήματα και Προκλήσεις της χρήσης του IoT στην υγεία	16
1.5 Προκλήσεις της χρήσης IoT στον τομέα της υγείας	20
1.6 Σύστημα iMedBox	21
1.6.1 Αρχιτεκτονική συστήματος iMedBox	22
1.7 Wearable Gadget	23
1.8 Επίλογος	24
Κεφάλαιο 2: AI στον τομέα της υγείας	24
2.1 Εισαγωγή	25
2.2 Πλεονεκτήματα AI	26
2.3 Χρήσεις του AI στον τομέα της υγείας	27
2.4 Εφαρμογές AI στον τομέα της υγείας	28
2.4.1 Υποστήριξη Ηλικιωμένων	29
2.4.1.1 Υλοποίηση της έρευνας	30
2.4.1.2 Αποτελέσματα της έρευνας	30
2.4.2 Έξυπνο αναπηρικό αμαξίδιο	31
2.4.2.1 Αρχιτεκτονική Έξυπνου Αμαξιδίου	32
2.5 Προκλήσεις και Μελλοντικές Προτάσεις για το AI	32
2.6 Εφαρμογή AI living Lab	34
2.7 AI-based Exergame	35
2.7.1 Υλοποίηση του παιχνιδιού	36
2.8 Επίλογος	37
Κεφάλαιο 3: Artificial Intelligence of Things - AIoT	38
3.1 Προκλήσεις και Οφέλη του AIoT για τον τομέα της υγείας	39
3.1.1 Οφέλη	39
3.1.2 Προκλήσεις	40
3.2 Health 4.0	41
3.3 Διαδραστικό Σύστημα HealthCare Prognosis	43
3.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του Συστήματος HealthCare Prognosis	43
3.4.1 Πλεονεκτήματα	44
3.4.2 Μειονεκτήματα	44
3.5 Επίλογος	45
Κεφάλαιο 4:Χρήση του AIoT στην αντιμετώπιση σύγχρονων ασθενειών	46
4.1 Covid-19	46
4.1.1 Η αρχή της πανδημίας	47

4.1.2 Χρήση ΑΙοΤ για την καταπολέμηση του Covid 19	48
4.1.3 Μέθοδοι αντιμετώπισης του Covid 19	49
4.1.4 Πλεονεκτήματα χρήσης του ΑΙοΤ για την καταπολέμηση του Covid 19	49
4.1.5 Εφαρμογές ΑΙοΤ για την καταπολέμηση του Covid 19	51
4.2 Φυματίωση και ΑΙοΤ	51
4.2.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της χρήσης του ΑΙοΤ στην διάγνωση της Φυματίωσης	52
4.2.1.1 Πλεονεκτήματα	52
4.2.1.2 Μειονεκτήματα	53
4.3 Επίλογος	53
Συμπεράσματα	55
Μελλοντική εργασία	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57

# Πτυχιακή εργασία

## Εισαγωγή

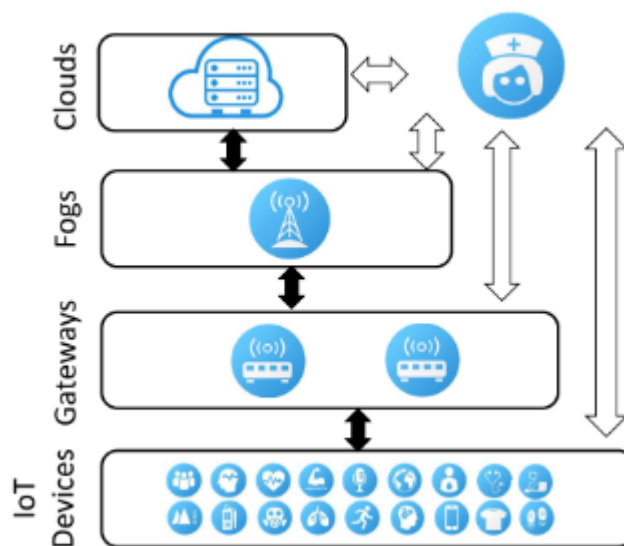
Η ζωή σε μία σύγχρονη κοινωνία δεν είναι εύκολη όμως περιλαμβάνει πλήθος ανέσεων και παροχών. Για τον λόγο αυτό ο μέσος όρος ετών που μπορεί να ζήσει ένας άνθρωπος έχει αυξηθεί κατά πολύ. Σημαντικό ρόλο στην αύξηση αυτή έχει διαδραματίσει η πρόοδος που έχουν κάνει οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στον τομέα της υγείας. Ταυτόχρονα, οι αποφάσεις που λαμβάνονται από τους εργαζομένους του κλάδου διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση αυτή [24]. Ο τομέας της ιατρικής και γενικότερα της υγείας είναι μοναδικός. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελείται από τεράστιες ποσότητες ευαίσθητων πληροφοριών οι οποίες συλλέγονται, αποθηκεύονται και στην συνέχεια θα πρέπει να αναλυθούν και να χρησιμοποιηθούν το συντομότερο δυνατό με πολύ προσεκτικό τρόπο [24]. Ωστόσο μόνο ο ανθρώπινος παράγοντας δεν αρκεί για να γίνουν σωστά αυτές οι διαδικασίες καθώς είναι απαραίτητο να ενταχθούν νέες, πιο αποδοτικές τεχνολογίες. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet Of Things | IoT) και η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence | AI) είναι οι δύο πιο δημοφιλείς τεχνολογίες, αυτή την χρονική στιγμή, και οι πιο κατάλληλες για να αναλάβουν αυτόν τον ρόλο. Το IoT προσφέρει ένα μεγάλο εύρος συσκευών για την ιατρική κοινότητα ενώ το AI προσφέρει αυτοματοποίηση σε πολλές ιατρικές διαδικασίες, η οποίες, χωρίς το AI, θα προϋπόθεταν πολύ χρόνο και ανθρώπινη ενέργεια για να πραγματοποιηθούν [8].

Σύμφωνα με την IBM ο όγκος των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης που είχαν συλλεχθεί μέχρι το 2017 έφτανε τα 150 Exabytes. Αυτό οφείλεται στην ικανότητα αποτελεσματικής παρακολούθησης της υγείας και των εξελίξεων διάφορων χρόνιων ασθενειών, όπως για παράδειγμα το άσθμα ή ο διαβήτης τύπου 1, χρησιμοποιώντας δεδομένα από διάφορες πηγές συμπεριλαμβανομένων φορητών αισθητήρων και πληροφορίες υγείας σε ηλεκτρονική μορφή. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές προκλήσεις οι οποίες θα χρειαστεί να ξεπεραστούν ώστε να μπορέσει η ιατρική κοινότητα να αντλήσει έγκαιρα χρήσιμες γνώσεις οι οποίες θα μπορούσαν να ωφελήσουν τόσο τους ασθενείς όσο και τους ίδιους [30]. Μέχρι το 2030 υπολογίζεται πως πάνω από 24 δισεκατομμύρια συσκευές IoT θα βρίσκονται συνδεδεμένες μέσα σε ένα δίκτυο δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο έξυπνες εφαρμογές για βιομηχανίες ή έξυπνα κτίρια βασισμένα σε αυτή την τεχνολογία [32].

Σκοπός αυτής της εργασίας, λοιπόν, αφού πρώτα γίνουν κατανοητές οι δύο τεχνολογίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως, είναι ανάλυση του συνδυασμού τους στον τομέα της υγείας. Στην βιβλιογραφία ο συγκεκριμένος συνδυασμός τεχνολογιών αναφέρεται ως Τεχνητή Νοημοσύνη των Πραγμάτων (Artificial Intelligence of Things | AIoT). Καθώς η υγειονομική περίθαλψη βιώνει μεγάλες αλλαγές τα τελευταία χρόνια, το AIoT έχει να προσφέρει πολλά για την βελτίωση των παροχών υγειονομικής περίθαλψης στους ασθενείς. Υπάρχει μεγάλο πλήθος προκλήσεων που καλείται να αντιμετωπίσει καθώς τεχνολογίες σαν αυτές παρέχουν πολλά υποσχόμενες βελτιώσεις για τον τομέα αυτό.

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας θα αναλυθεί το IoT στον τομέα της υγείας και θα αναφερθούν ορισμένες εφαρμογές του καθώς και τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Στην συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει η αντίστοιχη ανάλυση του AI με τις αντίστοιχες εφαρμογές και πλεονεκτήματα του. Στόχος, στο τρίτο κεφάλαιο η ανάλυση του συνδυασμού των δύο αυτών τεχνολογιών που αποτελεί και

κύριο θέμα αυτής της εργασίας. Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο θα αναπτυχθεί το ζήτημα του Covid 19, το οποίο απασχόλησε πολύ πρόσφατα τις κοινωνίες, και στην καταπολέμηση του οποίου οι εφαρμογές του ΑΙoT είχαν πολύ σημαντικό ρόλο.



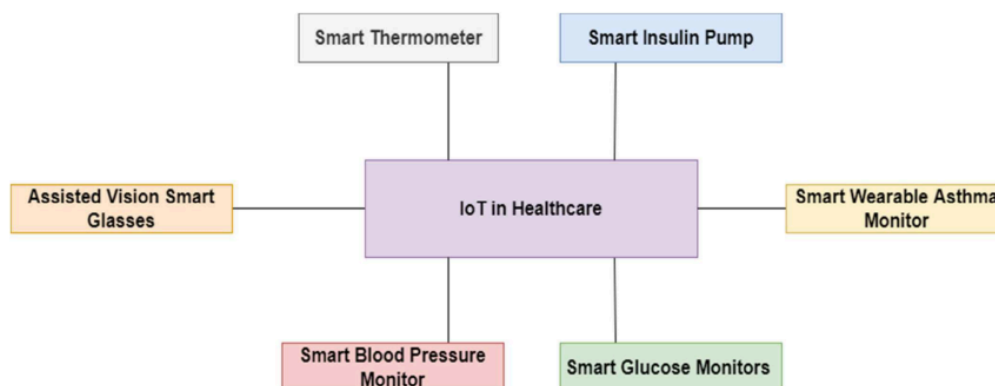
Εικόνα 1 : Ιεραρχία IoT στην υγεία [16]

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Η τεχνολογία του IoT στον τομέα της υγείας

### 1.1 Εισαγωγή

Το IoT είναι μία επαναστατική τεχνολογία η οποία άρχισε να χρησιμοποιείται σχετικά πρόσφατα στον χώρο του διαδικτύου. Ο όρος Internet of Things χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1999 από τον επικεφαλής του εργαστηρίου του πανεπιστημίου του MIT, Kevin Murray, σχετικού με το IoT [32]. Για αυτή την τεχνολογία έχουν δοθεί ανά καιρούς πολλοί ορισμοί, οι οποίοι όμως διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με την περίπτωση στην οποία χρησιμοποιείται [5]. Γενικά, ορίζεται ως μία δυναμική παγκόσμια υποδομή η οποία βασίζεται σε πρωτόκολλα επικοινωνίας [10]. Με άλλα λόγια, ο όρος IoT αναφέρεται στην ιδέα παροχής εξελιγμένων μέσων τεχνολογίας με την μορφή έξυπνων μικροσυσκευών και αισθητήρων με στόχο την συλλογή δεδομένων [32]. Όμως, είναι και το αποτέλεσμα της σύγκλισης διαφορετικών τεχνολογιών, το οποίο παρέχει μία άμεση διασύνδεση μεταξύ φυσικών αντικειμένων, μηχανών ή διεργασιών με ισχυρούς υπολογιστικούς πόρους και αποθήκευση δεδομένων. Όταν ο όρος χρησιμοποιείται για εφαρμογές στον τομέα της υγείας, συχνά αναφέρεται και ως HealthCare IoT (H-IoT) ή και Internet of Medical Things (IoMT) [28].

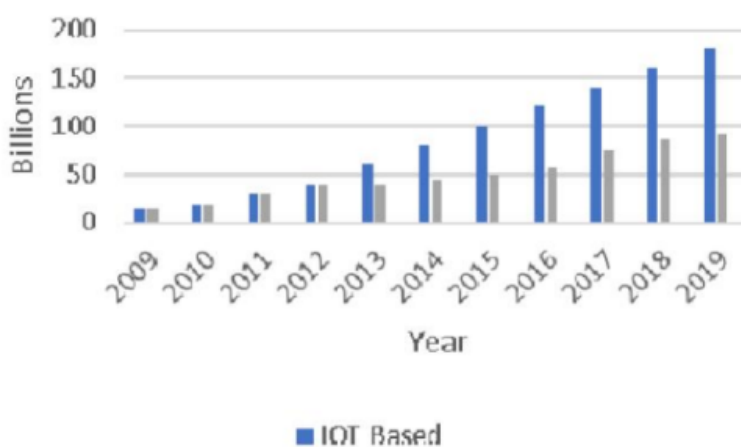
Οι υπολογιστικοί αυτοί πόροι βρίσκονται εξ αποστάσεως και είναι διαθέσιμοι μέσω διάφορων υποδομών ασύρματων επικοινωνιών, όπως είναι για παράδειγμα το Wi-Fi, ή άλλων μέσων δικτύωσης, όπως είναι το Ethernet [18]. Έχει δημιουργηθεί, λοιπόν, ένα μεγάλο ενδιαφέρον τόσο από την ακαδημαϊκή κοινότητα όσο και από επιχειρήσεις για την ανάπτυξη υλικών συσκευών και διαδικασιών ικανών να ανταλλάσσουν μεταξύ τους δεδομένα με την βοήθεια μόνο του Wi-Fi. Στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης η χρήση του έχει φέρει μεγάλες αλλαγές. Η εξέλιξη των υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται, η βελτίωση των διαγνώσεων και η αύξηση των πιθανοτήτων επιλογής κατάλληλης θεραπείας για τον κάθε ασθενή αποτελούν μερικές από αυτές τις αλλαγές [17]. Το γεγονός ότι επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ διάφορων απομακρυσμένων και κινητών συσκευών, έχει ως αποτέλεσμα την διευκόλυνση της διαδικασίας αποστολής και ανταλλαγής δεδομένων και πληροφοριών μέσα σε ένα καθορισμένο δίκτυο [10]. Αυτή η δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων έκανε το IoT να είναι τόσο χρήσιμη τεχνολογία για την υγειονομική περίθαλψη και συνεπώς ο λόγος που πλέον θεωρείται σημαντικό και αναπόσπαστο εργαλείο της [5].



Εικόνα 2: Το IoT στον τομέα της υγείας [67].

## 1.2 Χρήση των συστημάτων IoT

Τα συστήματα IoT που χρησιμοποιούνται στην υγειονομική περίθαλψη συμβάλλουν στην ανάπτυξη ειδικών συστημάτων ιατρικής πληροφόρησης. Η ανάπτυξη αυτών των συστημάτων διασφαλίζει και αυξάνει την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων των ασθενών. Επιπλέον, προσφέρει και υπηρεσίες οι οποίες βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των ασθενών καθώς βελτιώνουν την ποιότητα των παροχών της υγειονομικής τους περίθαλψης [10]. Ένα ακόμα πλεονέκτημα της, είναι η δυνατότητα παροχής υγειονομικής περίθαλψης από το σπίτι. Δίνεται η δυνατότητα παροχής δεδομένων σχετικών με την ιατρική κατάσταση των ασθενών αποφεύγοντας την φυσική επαφή με τον ιατρό, διασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την προστασία και των δύο πλευρών από το ενδεχόμενο μετάδοσης οποιασδήποτε ασθένειας [7]. Η τεχνολογία του IoT επιτρέπει την εξ αποστάσεως επικοινωνία συσκευών. Για τον λόγο αυτό, η συγκεκριμένη παροχή είναι εξαιρετικά αξιόπιστη και διευκολύνει και τον ασθενή με την εξ αποστάσεως ιατρική βοήθεια. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου η μετακίνηση του στο κοντινότερο νοσοκομείο ή ιδιωτικό ιατρείο είναι δύσκολη ή ακόμα και αδύνατη [13]. Συγκεκριμένα, οι συσκευές IoT διευκολύνουν την εξ αποστάσεως παρακολούθηση των ζωτικών οργάνων των ασθενών, των επιπέδων δραστηριότητας τους και συλλέγουν πολύτιμα δεδομένα για την υγεία των ασθενών σε πραγματικό χρόνο [38]. Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα σχετικά με την αύξηση της χρήσης συσκευών IoT στον τομέα της υγείας από το 2009 μέχρι το 2019. Πιο συγκεκριμένα με μπλε χρώμα παρουσιάζονται οι συσκευές IoT ενώ με το γκρι χρώμα οι παραδοσιακές συσκευές.



Εικόνα 3: Γράφημα αύξησης χρήσης συσκευών IoT στην υγεία [26].

Ένας από τους βασικούς σκοπούς της χρήσης των συστημάτων IoT στον τομέα της υγείας αποτελεί η μείωση των σφαλμάτων στην διαδικασία επιλογής φαρμακευτικής αγωγής με στόχο την βελτίωση της αποτελεσματικότητας της. Όπως είναι λογικό, το ζητούμενο της χρήσης των συστημάτων αυτών είναι εν τέλει η αύξηση του ποσοστού επιτυχών θεραπειών [2]. Για να γίνει αυτό εφικτό, με την βοήθεια του IoT, παρέχονται πιο αξιόπιστες και πιο ασφαλείς μετρήσεις. Αποτέλεσμα, οι ασθενείς να λαμβάνουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα αποτελέσματα των εξετάσεων τους και επομένως να έχουν καλύτερη εικόνα για την κατάσταση της υγείας τους [5]. Τα διάφορα δεδομένα που συλλέγονται από τον κάθε ασθενή αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων. Στην συνέχεια, θα χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση και την εύρεση νέων στρατηγικών για την καταπολέμηση των διάφορων ασθενειών. Οι στρατηγικές αυτές μπορούν

χρησιμοποιηθούν για την λήψη σημαντικών αποφάσεων από τους εργαζομένους του τομέα της υγείας, τις κυβερνήσεις καθώς και από άλλους φορείς που σχετίζονται με την υγεία των πολιτών [10].

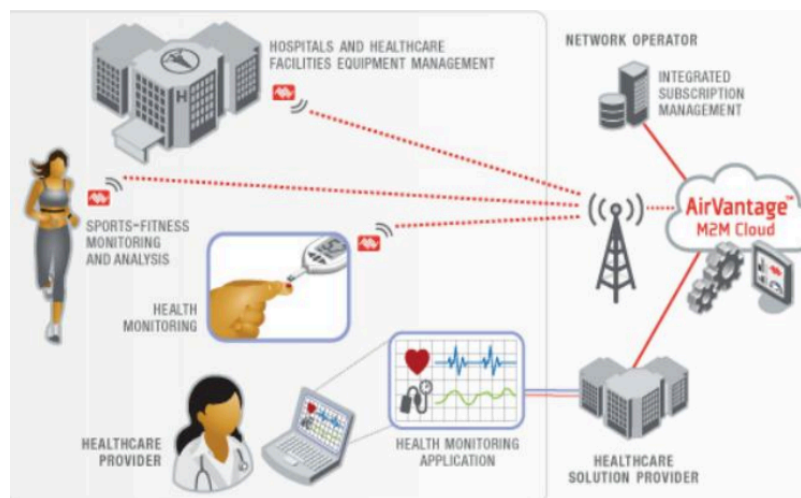
Το ΙοΤ έχει δημιουργήσει μία άμεση σύνδεση ανάμεσα σε ασθενείς και γιατρούς δίνοντας τους την δυνατότητα της άμεσης και γρήγορης επικοινωνίας για οποιοδήποτε ιατρικό ζήτημα [2]. Αυτή η αμεσότητα έχει φέρει επανάσταση σε όλους τους τομείς της ζωής των ανθρώπων. Η απομακρυσμένη ιατρική περίθαλψη είναι πιο φιλική και πολλές φορές πιο οικονομική για τους ασθενείς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πλέον δεν χρειάζονται επιπλέον χρηματικές δαπάνες για περιπτώσεις νοσηλείας είτε σε κλινικές είτε σε νοσοκομεία. Επιπροσθέτως, το περιβάλλον γίνεται πιο οικείο για τον ασθενή [13]. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας του ΙοΤ, λοιπόν, στόχος ήταν η σύνδεση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποικιλίας και αριθμού πραγμάτων και συσκευών. Βασική προϋπόθεση, όλες αυτές οι συνδεδεμένες συσκευές να βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούν να αλληλοεπιδρούν και να συνεργάζονται «οποτεδήποτε, με οτιδήποτε και οποιονδήποτε χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε δίκτυο και οποιαδήποτε υπηρεσία» [10]. Έτσι, οι συσκευές ΙοΤ αποκτούν την δυνατότητα να μοιράζονται, μεταξύ τους, τις πληροφορίες των ασθενών με ασφαλή τρόπο. Η τεχνολογία του ΙοΤ μπορεί να οριστεί γενικά ως ένα κράμα προϊόντων λογισμικού και υλικού που μπορεί να παράγει, να συλλέγει και να υπολογίζει δεδομένα [25]. Υπολογίστηκε πως μέχρι το 2020 ο αριθμός των συσκευών που ήταν συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, ήταν πολύ μεγαλύτερος από τον αριθμό των ανθρώπινων όντων. Συγκεκριμένα, για κάθε προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή που ήταν συνδεδεμένος στο διαδίκτυο, υπήρχαν άλλοι 5 έως και 10 τύποι συσκευών. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών είναι τα έξυπνα τηλέφωνα, οι κονσόλες παιχνιδιών και οι έξυπνες τηλεοράσεις. Μέσα σε ένα ΙοΤ δίκτυο όλες αυτές οι συσκευές είναι αναγνωρίσιμες και μπορούν να ανταλλάξουν πληροφορίες μεταξύ τους [4].

Η πρόοδος στις τεχνολογίες πληροφοριών, τηλεπικοινωνιών και δικτύων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και συμβάλλει έντονα στην ανάπτυξη σύγχρονων συστημάτων ιατρικής πληροφόρησης. Ωστόσο, η υγειονομική περίθαλψη αντιμετωπίζει όλο και μεγαλύτερη πίεση καθώς αυξάνονται οι προσδοκίες των κοινωνιών τόσο από τον ιδιωτικό όσο και από το δημόσιο τομέα [10]. Είναι πολύ λογικό όσο αυξάνεται η αξία του ποιοτικού τρόπου ζωής για τους ανθρώπους να αυξάνεται και το κόστος της ιατρικής περίθαλψης καθώς αυξάνεται και η ποιότητα των παροχών της. Για να φτάσει στο επιθυμητό επίπεδο η ποιότητα της έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός συνδεδεμένων συσκευών. Πέρα, όμως, από τις συσκευές αυτές, χρειάζεται να συλλεχθεί και ένα πλήθος πληροφοριών. Το κύριο μέσο που χρησιμοποιείται για την συλλογή αυτή είναι οι αισθητήρες [4].

Με την βοήθεια ενός λογισμικού ανάλυσης, το οποίο φιλοξενείται στην πλατφόρμα του cloud, τα δεδομένα που συλλέγονται επεξεργάζονται και αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο σύγχρονες ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες. Όλοι οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτές τις βιβλιοθήκες και έτσι τα δεδομένα γίνονται γνωστά σε ολόκληρη την ιατρική κοινότητα. Η Εικόνα 4 περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο ένας πάροχος υγειονομικής περίθαλψης θα μπορούσε θεωρητικά να χρησιμοποιήσει σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα που συλλέγονται από τα νοσοκομεία ή και από άλλες φορητές συσκευές παρακολούθησης της υγείας από το σπίτι για την βελτίωση των υπηρεσιών [10].

Μία βασική συσκευή ΙοΤ συνήθως συνδυάζει μια ενσωματωμένη CPU ή κάποιον μικροελεγκτή με ενσωματωμένη μνήμη για αποθήκευση δεδομένων και διαθέτει επιπλέον και ένα βασικό τρόπο συνδεσιμότητας, όπως για παράδειγμα θύρες USB. Σε αντίθεση με μία απλή συσκευή ΙοΤ, μία πιο

εξελιγμένη συσκευή ΙοΤ περιλαμβάνει επιπλέον αισθητήρες και ενεργοποιητές [46]. Το ΙοΤ διαθέτει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης λόγω του πολύ χαμηλού κόστους, της ευκολίας στον τρόπο πρόσβασης σε αυτές και τέλος επειδή έχουν την δυνατότητα να βελτιώσουν σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επικοινωνία των ανθρώπων που χρειάζονται βοήθεια αλλά και του ποιότητας της ζωής τους. Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης με δυνατότητα ΙοΤ στοχεύουν στην καλύτερη ποιότητα θεραπείας και στη μείωση του κόστους της για τους χρήστες. Ένα αποτελεσματικό έξυπνο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης διασφαλίζει πολύ πιο αποτελεσματική ποιότητα θεραπείας με τη μεταφορά ιατρικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και την απόκριση σε αυτήν. [45].

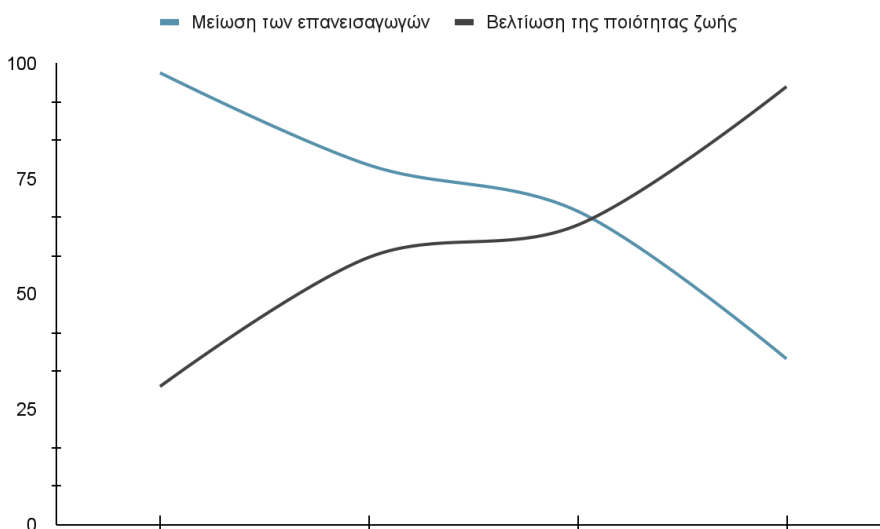


Εικόνα 4: Περιγραφή χρήσης δεδομένων που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο με στόχο την βελτίωση των παροχών υγειονομικής περίθαλψης [10].

### 1.3 Πλεονεκτήματα και Προκλήσεις της χρήσης του ΙοΤ στην υγεία

Η τεχνολογία του ΙοΤ, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο μέρος αυτού του κεφαλαίου, είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον τομέα της υγείας. Τα πλεονεκτήματα του είναι πολλά. Για αυτόν τον λόγο θα περιγραφούν εν συντομία τα έξι σημαντικότερα από αυτά. Πιο συγκεκριμένα [5][32][38]:

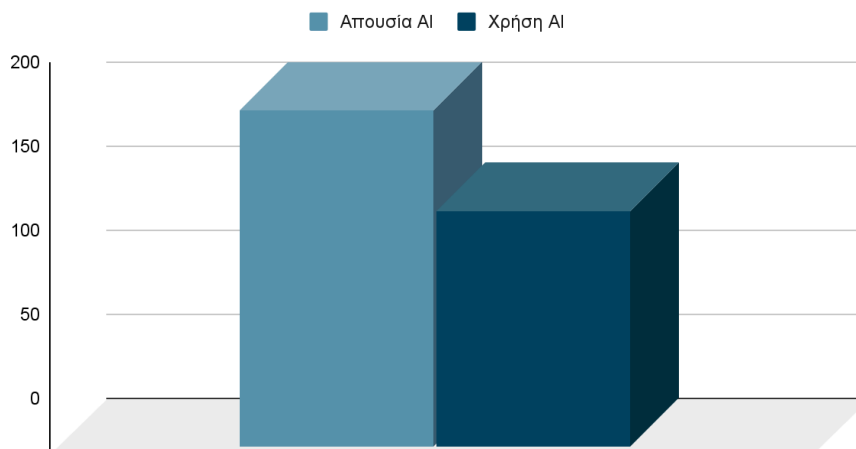
1. Απομακρυσμένη παρακολούθηση: Η τεχνολογία του ΙοΤ έχει προσφέρει στους γιατρούς την δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης των ασθενών. Επιπλέον, μπορούν και κάνουν καταγραφή των ιατρικών ιστορικών των ασθενών από απόσταση. Το γεγονός αυτό αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό πλεονέκτημα που έχει το ΙοΤ για τον τομέα της υγείας, καθώς όχι μόνο είναι πιο εύκολο για όλους αλλά επιπλέον, είναι ένας τρόπος η ιατρική περίθαλψη να γίνει πιο προσιτή σε όλους τους ανθρώπους ανεξάρτητα από την ηλικία, την οικονομική τους κατάσταση ή την κινητική τους ικανότητα. Σημαντικά ήταν τα αποτελέσματα έρευνας η οποία έδειξε ότι η απομακρυσμένη παρακολούθηση της υγείας των ασθενών οδήγησε σε σημαντική μείωση των επανεισαγωγών στα νοσοκομεία αλλά και την βελτίωση της ποιότητας ζωής τους [23].



Διάγραμμα 1: Βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων με την χρήση του IoT [?].

2. Μειωμένη ανάγκη δια ζώσης επαφής: Μειώνει την ανάγκη για δια ζώσης επαφή των ασθενών με τους εργαζομένους του ιατρικού κλάδου. Με αυτόν τον τρόπο, προφυλάσσει και τις δύο πλευρές από την έκθεση τους σε ιούς, βακτήρια ή οποιονδήποτε άλλο μικροοργανισμό που θα μπορούσε να προσβάλλει τον οργανισμό τους. Η πρόληψη της εξάπλωσης μιας ασθένειας είναι πάντα προτιμότερη από την θεραπεία αυτής. Για αυτό τον λόγο, τα εργαλεία που διαθέτουν τα νοσοκομεία ώστε να προσφέρουν λειτουργίες όπως παρακολούθηση και έλεγχο των ασθενών εξ αποστάσεως είναι πολύ σημαντικά, ειδικά σε περιπτώσεις όπου η φυσική παρουσία του ασθενή στο νοσοκομείο δεν είναι απαραίτητη. Μία τέτοια λειτουργία θα μπορούσε να θεωρηθεί η ενημέρωση του ιατρικού τους φακέλου ενός ασθενή [9].
3. Μειωμένα έξοδα: Με την χρήση της τεχνολογίας του IoT μειώνονται τα έξοδα που γίνονται για τον ιατρικό τομέα τόσο από την πλευρά του κράτους και τον γιατρών όσο και από την πλευρά των ασθενών για την παροχή ιατρικής περίθαλψης. Διάφορα ιατρικά εργαλεία και αισθητήρες αποκτούν την δυνατότητα να επιτρέπουν στους ασθενείς να κάνουν τις δικές τους μετρήσεις με τις συσκευές που έχουν στην διάθεση τους στο σπίτι και να παρακολουθούν τα ιατρικά τους προβλήματα [50]. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι χρηματικές δαπάνες που πρέπει να γίνουν τόσο για την νοσηλεία όσο και για τις ιατρικές επισκέψεις. Από την άλλη πλευρά όμως, όσο μειώνονται οι επισκέψεις των ασθενών στα νοσοκομεία ή στα ιατρικά κέντρα τόσο, μειώνονται και οι ανάγκες για ιατρικό εξοπλισμό και ιατρικό προσωπικό. Με αυτό τον τρόπο, λοιπόν, μειώνονται οι χρηματικές δαπάνες που πρέπει να κάνει το κράτος για τον κλάδο αυτό. Σύμφωνα με σχετική έρευνα, το 30% των χρηματικών δαπανών που γίνονται στον ιατρικό τομέα μειώνεται με την βοήθεια του AI [47].

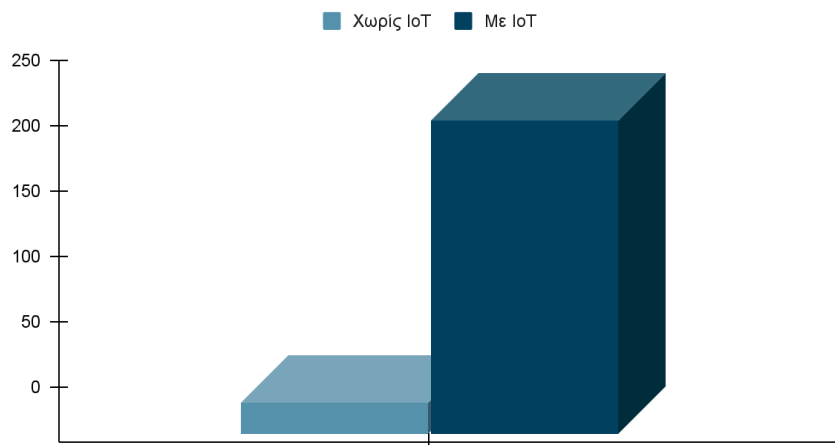
### Μείωση Χρηματικών Δαπανών



Διάγραμμα 2: Μείωση των χρηματικών δαπανών με την χρήση ΙοΤ [1].

4. Εύκολη πρόσβαση: Με την βοήθεια του ΙοΤ διευκολύνεται η πρόσβαση στα ιατρικά δεδομένα. Παλαιότερα, οι άνθρωποι έπρεπε να πάνε στα εργαστήρια, να επισκεφτούν γιατρούς ή να διαθέτουν πλήθος μεγάλων συσκευών στο σπίτι τους, με τις οποίες θα μπορούσαν να κάνουν τις μετρήσεις που επιθυμούσαν για να παρακολουθούν την κατάσταση της υγείας του [52]. Τέτοιες μετρήσεις είναι της αρτηριακής πίεσης, των καρδιακών παλμών, των επιπέδων γλυκόζης ή του οξυγόνου στο αίμα. Πλέον, ο κάθε ασθενής μπορεί να έχει στην διάθεση του τις διάφορες μικρές συσκευές ΙοΤ για να πραγματοποιεί όλες αυτές τις λειτουργίες. Επομένως, η παρακολούθηση της υγείας του γίνεται πλέον μία πιο εύκολη διαδικασία οπότε μπορεί να γίνεται πιο τακτικά. Τέλος, ο κάθε ασθενής μπορεί πλέον να έχει μία πιο ξεκάθαρη εικόνα της υγείας καθώς όλες αυτές οι συσκευές έχουν την δυνατότητα να συλλέγουν δεδομένα και να αποθηκεύουν στατιστικά δεδομένα που αφορούν αποκλειστικά την υγεία του συγκεκριμένου ασθενή που τις χρησιμοποιεί [12].
5. Βελτίωση ιατρικών διαγνώσεων: Η διαδικασία διάγνωσης των διάφορων ασθενειών βελτιώνεται με την βοήθεια του ΙοΤ. Πλέον, είναι πολύ πιο εύκολο να αναγνωρίσει κανείς ασυνήθιστες συμπεριφορές και συνθήκες χάρη στις συσκευές ΙοΤ. Οι συσκευές αυτές διαθέτουν την ικανότητα να παρακολουθούν την κατάσταση της υγείας ενός ανθρώπου. Έτσι λοιπόν, όπως από την πλευρά των ασθενών έτσι και από την πλευρά των γιατρών, με την βοήθεια του ΙοΤ έχουν την δυνατότητα να διατηρούν μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα της υγείας του, διατηρώντας το δικό τους ιατρικό ιστορικό για τον κάθε ασθενή [53]. Με αυτόν τον τρόπο, η διαδικασία της διάγνωσης των ασθενειών γίνεται πιο εύκολη. Συχνά, με την βοήθεια αυτού του ιστορικού, οι γιατροί καταφέρνουν να αποτρέψουν πιθανές ασθένειες που θα μπορούσαν να προσβάλλουν τον οργανισμό του ασθενή. Προσφέρει καλύτερη οργάνωση του τρόπου με τον οποίο παρέχεται η ιατρική περίθαλψη και μπορεί να δημιουργηθεί μία παγκόσμια συλλογή στατιστικών δεδομένων για τις διάφορες ιατρικές διαταραχές που υπάρχουν [14].

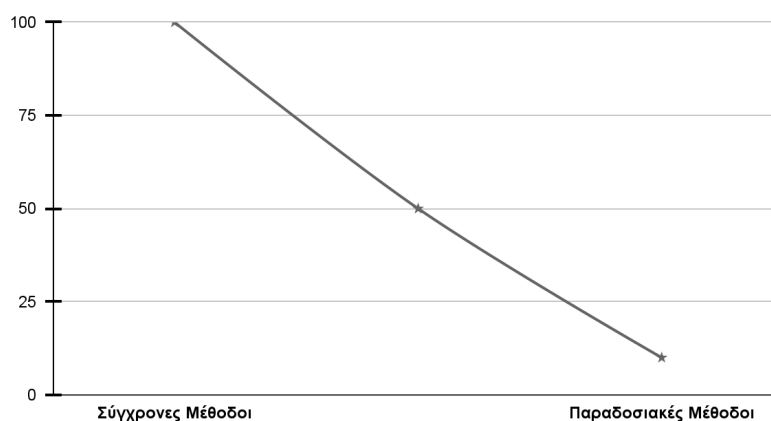
Βελτίωση Ιατρικών Διαγνώσεων



Διάγραμμα 3: Βελτίωση των ιατρικών διαγνώσεων με την χρήση του IoT [4].

6. Αποτελεσματική ιατροφαρμακευτική αγωγή: Τέλος, η τεχνολογία του IoT προσφέρει την δυνατότητα παροχής μιας πιο αποτελεσματικής ιατροφαρμακευτικής αγωγής. Επειδή ο τύπος του κάθε φαρμάκου αποτελεί ένα ευαίσθητο συστατικό σε κάθε ιατρική αγωγή, είναι πολύ σημαντικό να διασφαλιστεί ότι ο κάθε ασθενής λαμβάνει την σωστή φαρμακευτική ουσία για την δική του περίπτωση. Για τον λόγο αυτό, ο γιατρός πρέπει να έχει ξεκάθαρη εικόνα της κατάστασης του κάθε ασθενή ώστε να μπορεί να χορηγήσει την φαρμακευτική αγωγή που αρμόζει στην κάθε περίπτωση. Μόνο με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διασφαλιστεί ότι θα είναι και πιο αποτελεσματική για αυτούς. Σχετικές μελέτες που έχουν γίνει ανά καιρούς έδειξαν ότι η αποτελεσματικότητα των φαρμάκων για την αντιμετώπιση των διαφόρων ασθενειών αυξήθηκε έως και 10 φορές περισσότερο από τις προηγούμενες παραδοσιακές μεθόδους [48].

★ Αύξηση αποτελεσματικότητας φαρμάκων



Διάγραμμα 4: Αύξηση της αποτελεσματικότητας των φαρμάκων με την χρήση του IoT [3].

Στην Εικόνα 5 αναγράφονται με την μορφή τίτλου, εκτός από τα πλεονεκτήματα που αναπτύχθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο, και κάποια επιπλέον τα οποία θεωρούνται επίσης πολύ σημαντικά στον κλάδο της υγείας.



Εικόνα 5: Πλεονεκτήματα του IoT στον τομέα της υγείας [32].

Αν και η χρήση του IoT στον τομέα της υγείας έχει αρκετά πλεονεκτήματα και προσφέρει πολλά οφέλη στην ιατρική κοινότητα, η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα αποτελούν ακόμα ζητήματα που πρέπει να βελτιωθούν [31]. Η πλειονότητα των συσκευών IoT δεν συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές και τα πρότυπα για την ασφάλεια των δεδομένων για αυτό και δεν παρέχουν ένα πλήρως ασφαλές δίκτυο από άκρο σε άκρο στους χρήστες τους. Εξαιτίας αυτής της έλλειψης τα δεδομένα βρίσκονται πολύ πιο ευάλωτα στο ενδεχόμενο να παραβιαστούν από εγκληματίες του κυβερνοχώρου (cybercriminals), οι οποίοι έχουν στόχο να αποκτήσουν πρόσβαση στα προσωπικά δεδομένα των διάφορων ασθενών [32]. Η τεχνολογία συνεχίζει να αναδιαμορφώνει το τοπίο της υγειονομικής περίθαλψης, προσφέροντας πρωτοφανείς ευκαιρίες για τη βελτίωση της φροντίδας των ασθενών, τη βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας και την ανάπτυξη καινοτόμων θεραπειών [39].

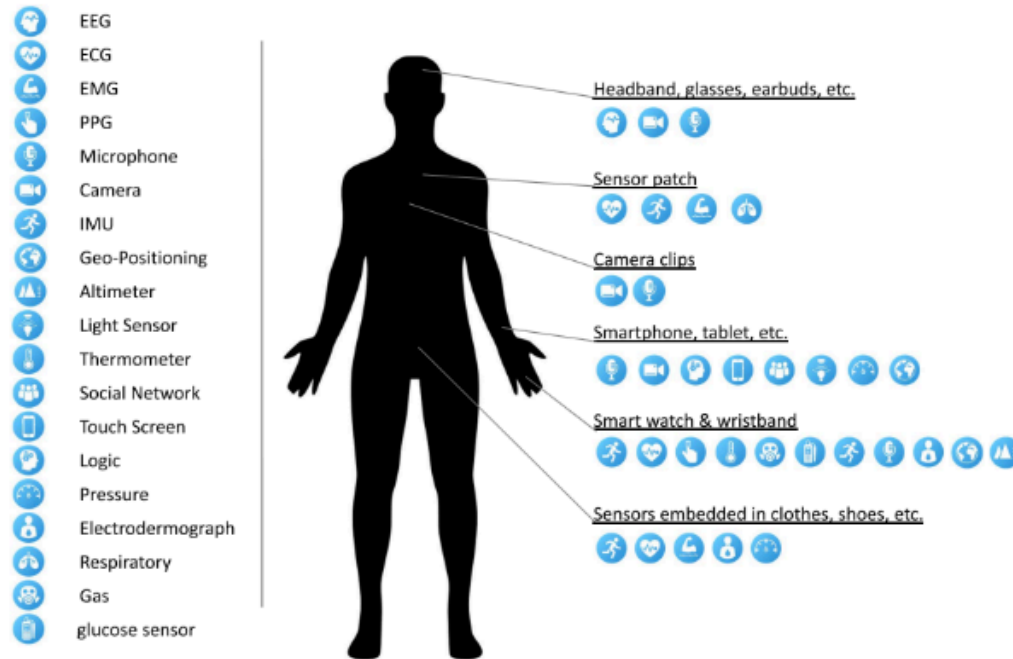
#### 1.4 Συσκευές IoT που χρησιμοποιούνται στον τομέα της υγείας

Οι συσκευές IoT προσφέρουν μία μεγάλη ποικιλία νέων επιλογών στους ανθρώπους που εργάζονται στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Πιο συγκεκριμένα, στις μεθόδους που διαθέτουν για να παρέχουν τις υπηρεσίες τους, καθώς και στους ίδιους τους ασθενείς ώστε να μπορούν να ελέγχουν μόνοι τους την κατάσταση της υγείας τους [54]. Κατά επέκταση, λοιπόν, οι πολυάριθμες κινητές συσκευές IoT προσφέρουν πλήθος από οφέλη αλλά και ταυτόχρονα δημιουργούν και αρκετά εμπόδια. Το γεγονός αυτό επηρεάζει τόσο τους ασθενείς όσο και τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Μερικά από τα εμπόδια αυτά παρουσιάζονται στην συνέχεια αυτού του κεφαλαίου [32]:

- A. Απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών: Η πιο διαδεδομένη χρήση των έξυπνων αντικειμένων στην βιομηχανία της υγείας είναι για την απομακρυσμένη παρακολούθηση των ασθενών. Τα διάφορα συνδεδεμένα συστήματα έχουν την δυνατότητα να συλλέγουν ζωτικής σημασίας πληροφορίες για τους γιατρούς οι οποίοι αδυνατούν να είναι δίπλα στους ασθενείς σε δημόσια νοσοκομεία. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν τους καρδιακούς παλμούς, την αρτηριακή πίεση την θερμοκρασία του σώματος και άλλες παρόμοιες διαδικασίες. Η απομακρυσμένη παρακολούθηση, λοιπόν, διευκολύνει τόσο τους εργαζόμενους του ιατρικού κλάδου όσο και τους ανθρώπους που έχουν προσβληθεί από κάποια ασθένεια και τους είναι εξαιρετικά δύσκολο να μεταφερθούν ώστε

να κάνουν τις ανάλογες εξετάσεις προκειμένου να μπορέσουν να συλλέξουν αυτές τις πληροφορίες [34]. Η διαδικασία που ακολουθείται λοιπόν είναι η εξής. Μόλις η συσκευή IoT λάβει πληροφορίες σχετικά με την υγεία του ασθενή, τις στέλνει με μορφή πακέτου λογισμικού ώστε να μπορούν να έχει πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες και οι δύο πλευρές [70].

- B. Παρακολούθηση των επιπέδων γλυκόζης: Η διαδικασία παρακολούθησης των επιπέδων γλυκόζης αποτελούσε μία πρόκληση για περισσότερους από 30 εκατομμύρια ανθρώπους που είχαν διαβήτη. Η διαδικασία αυτή ήταν πέρα από δύσκολη και πολύ απαιτητική, καθώς η καταγραφή έπρεπε να γίνει με πολύ προσεκτικό τρόπο. Επιπλέον, η καταγραφή αυτή αφορούσε την εκάστοτε χρονική στιγμή χωρίς να σημαίνει ότι το αποτέλεσμα της εξέτασης αφορούσε την γενικότερη εικόνα των επιπέδων σακχάρου του ασθενή. Στην περίπτωση όπου τα επίπεδα μεταβάλλονται συνεχώς, τα αποτελέσματα δεν μπορούν να θεωρηθούν ακριβή. Συγκεκριμένο ζήτημα μπορεί να ξεπεραστεί καθώς οι συσκευές IoT που είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο παρέχουν στον ασθενή συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή των επιπέδων γλυκόζης. Επιπλέον, οι συσκευές αυτές έχουν την δυνατότητα να στέλνουν ειδοποιήσεις στους ασθενείς όταν τα επίπεδα γλυκόζης βρίσκονται σε ακραίες τιμές, είτε υπερβολικά χαμηλές είτε υπερβολικά υψηλές [55].
- C. Παρακολούθηση των καρδιακών παλμών: Αν και η προηγούμενη διαδικασία φαίνεται να είναι πιο δύσκολη, η παρακολούθηση των καρδιακών παλμών αποτελεί μία εξίσου δύσκολη διαδικασία, ειδικά για τους ασθενείς, ακόμα και όταν βρίσκονται μέσα στις διάφορες εγκαταστάσεις παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Οι κλασσικοί υπολογιστές που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των καρδιακών παλμών απαιτούν την σύνδεση του ασθενή με το μηχάνημα μέσω καλωδίων, επομένως, περιορίζουν και την κινητικότητα του. Πλέον, οι ασθενείς έχουν την δυνατότητα να περπατάνε κατά την διάρκεια της εξέτασης χάρη στην μεγάλη ποικιλία ασύρματων συσκευών IoT που υπάρχουν για αυτό τον σκοπό. Η δυνατότητα παροχής απόλυτα ακριβών αποτελεσμάτων αποτελεί ακόμα μία πρόκληση, παρόλα αυτά οι ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες επιτυγχάνουν ποσοστά επιτυχίας τουλάχιστον 90% [33].
- D. Παρακολούθηση της υγιεινής των χεριών: Στο παρελθόν δεν υπήρχε κάποια έμπιστη μέθοδος η οποία θα επαλήθευε ότι οι εργαζόμενοι και οι ασθενείς είχαν πλύνει τα χέρια τους όσο βρίσκονταν μέσα στους χώρους των νοσοκομείων. Διάφορα συστήματα IoT έχουν αναπτυχθεί πλέον σε όλο και περισσότερα νοσοκομεία με σκοπό να στέλνουν ειδοποιήσεις στους ασθενείς και στους επισκέπτες να πλένουν τακτικά τα χέρια τους προκειμένου να μειωθούν οι πιθανότητες εξάπλωσης κάποιας ασθένειας [71]. Οι συγκεκριμένες συσκευές έχουν την δυνατότητα να παρέχουν συμβουλές σχετικά με τον πιο αποδοτικό τρόπο διατήρησης της υγιεινής τους. Βέβαια, το γεγονός ότι αυτές οι συσκευές IoT έχουν την δυνατότητα μόνο υπενθύμισης και όχι πραγματικής απολύμανσης αποτελεί ένα σημαντικό αρνητικό χαρακτηριστικό τους το οποίο χρειάζεται βελτίωση. Ωστόσο, παρότι υπάρχει αυτό το ελάττωμα, έρευνες έχουν αποδείξει ότι οι συσκευές αυτές μπορούν να εμποδίσουν μεγαλύτερο ποσοστό από το 60% των περιπτώσεων [57].



Εικόνα 6 : Πιο συχνά χρησιμοποιούμενες συσκευές IoT [16][51]

### 1.5 Προκλήσεις της χρήσης IoT στον τομέα της υγείας

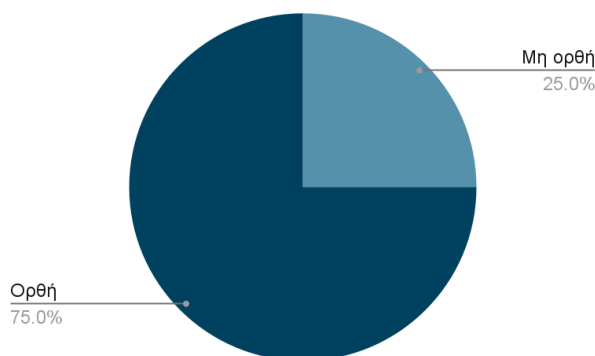
- Περιορισμένες υποδομές: Οι κοινωνίες, και ιδιαίτερα οι αναπτυσσόμενες, δεν διαθέτουν τις απαραίτητες υποδομές υγειονομικής περίθαλψης, όπως νοσοκομεία, κλινικές, για να μπορέσουν να υποστηρίξουν IoT συστήματα, τα οποία προσφέρουν την δυνατότητα επαρκής εξυπηρέτησης του υπάρχοντος πληθυσμού. Η έλλειψη αυτή μπορεί να οδηγήσει σε υπερπληθυσμό των υπαρχόντων ιατρικών κέντρων, μεγάλους χρόνους αναμονής και περιορισμένη πρόσβαση σε εξειδικευμένη περίθαλψη [37].
- Έλλειψη επαγγελματιών: Τα περισσότερα σύγχρονα κέντρα ιατρικής περίθαλψης δεν διαθέτουν ειδικά εκπαιδευμένο ιατρικό προσωπικό με γνώσεις που να τους επιτρέπουν την εύκολη διαχείριση των συστημάτων IoT. Η έλλειψη αυτή επιδεινώνεται από παράγοντες όπως οι περιορισμένες ευκαιρίες κατάρτισης και οι μειωμένες χρηματικές αμοιβές.
- Οικονομικοί περιορισμοί: Οι περιορισμένοι διαθέσιμοι οικονομικοί πόροι αποτελούν σημαντικό εμπόδιο για την υγειονομική περίθαλψη ώστε να υιοθετήσει το IoT. Οι κυβερνήσεις μπορεί να διαθέτουν ορισμένα κονδύλια για την ιατρική κοινότητα, αυτά όμως δεν αρκούν για να καλύψουν όλα τα έξοδα της και την συμπερίληψη των νέων τεχνολογιών IoT.
- Αντίσταση στις τεχνολογικές εξελίξεις: Ενώ η τεχνολογία του IoT προσφέρει πολύ δυνατές λύσεις, η υιοθέτηση της από τις σύγχρονες κοινωνίες μπορεί να παρεμποδιστεί από παράγοντες όπως η έλλειψη τεχνικής κατάρτισης και οι ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων των ασθενών.

## 1.6 Σύστημα iMedBox

Με την είσοδο της τεχνολογίας του IoT στον τομέα της υγείας, πλήθος αλλαγών προκλήθηκε τόσο για τους εργαζομένους του κλάδου της ιατρικής όσο και για τους ασθενείς. Η δυνατότητα παροχής ιατροφαρμακευτικής βοήθειας από το σπίτι, η δυνατότητα δημιουργίας εικονικών νοσοκομειακών εμπειριών, η δυνατότητα παροχής υπενθύμισης στον ασθενή για την τήρηση της τακτικής λήψης των φαρμάκων του και τέλος μόνο σε περίπτωση ανάγκης, η έγκαιρη ενημέρωση του γιατρού και της οικογένειας του ασθενή για την κατάσταση της υγείας του αποτελούν μερικά παραδείγματα των αλλαγών αυτών [3].

Με βάση το Διάγραμμα 1 φαίνεται ότι ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό ενήλικων ανθρώπων δεν λαμβάνουν σωστά την φαρμακευτική αγωγή που τους έδωσε ο γιατρός τους. Για να διευκολυνθεί η ιατρική κοινότητα και να γίνεται πιο εύκολα η παρακολούθηση των ασθενών όσον αφορά το ζήτημα αυτό, υλοποιήθηκε ένα σύστημα, το οποίο ονομάστηκε iMedBox [58]. Το iMedBox, με λίγα λόγια, είναι ένα έξυπνο κουτί φαρμάκων του οποίου η βασική χρήση περιορίζεται στην εκτέλεση τριών λειτουργιών. Συγκεκριμένα, το iMedBox παρέχει συνεχή παρακολούθηση της υγείας των ασθενών, το οποίο επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενός ειδικού βιοαισθητήρα, ο οποίος βρίσκεται τοποθετημένος πάνω στον ασθενή. Έχει την δυνατότητα ελέγχου της έγκαιρης λήψης φαρμάκων σε συγκεκριμένη ώρα της ημέρας και προειδοποίηση έκτακτης ανάγκης, καθώς και ειδοποίησης του ασθενή και του γιατρού σε περίπτωση λανθασμένης λήψης της φαρμακευτικής αγωγής [13].

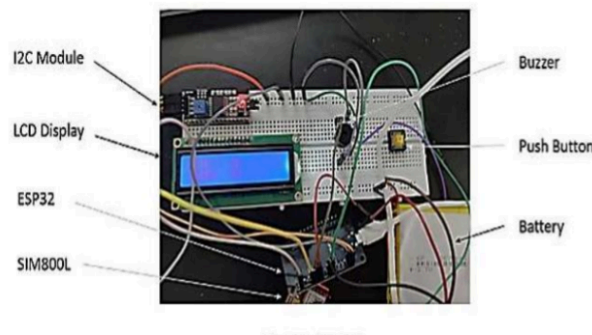
Αποτελέσματα Έρευνας Λήψης Φαρμακευτικής Αγωγής



Διάγραμμα 5: Αποτελέσματα Έρευνας Ορθής Λήψης Φαρμακευτικής Αγωγής [13]

Για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί το iMedBox σωστά τοποθετείται μία έξυπνη ταινία στο χέρι του ασθενούς. Η ταινία αυτή είναι υπεύθυνη για την συνεχή μέτρηση της θερμοκρασίας του σώματος, της αρτηριακής πίεσης, του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και των καρδιακών παλμών του ασθενή για κάθε λεπτό. Όλα αυτά τα δεδομένα που θα συλλεχθούν από αυτή την έξυπνη ταινία θα σταλούν στο iMedBox. Αυτό με την σειρά του, θα τα αναλύσει και θα εμφανίσει τα αποτελέσματα της ανάλυσης στην LCD οθόνη η οποία είναι τοποθετημένη πάνω στην κατασκευή. Σε περίπτωση που τα αποτελέσματα δεν είναι τα επιθυμητά, γίνεται άμεση επικοινωνία με τον γιατρό και τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας [3]. Το iMedBox είναι συνδεδεμένο με το διαδίκτυο και το γεγονός αυτό το κάνει αυτόματα υπερβολικά ευάλωτο σε επιθέσεις

κακόβουλων λογισμικών και phishing δεδομένων. Για μπορέσει να προστατευτεί χρησιμοποιεί μία ισχυρή μέθοδο κρυπτογράφησης, συνεπώς, ο γιατρός, αλλά και ο ασθενής, είναι αναγκασμένοι να επαληθεύουν την ταυτότητα τους κάθε φορά που επιθυμούν αποκτήσουν πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα. Ειδικά κέντρα δεδομένων χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών των δεδομένων των ασθενών και διατηρούνται εκεί ασφαλή για μελλοντική ιατρική διάγνωση και εύρεση πιθανής θεραπείας.



Εικόνα 7: Συσκευή iMedBox [13].

### 1.6.1 Αρχιτεκτονική συστήματος iMedBox

Η αρχιτεκτονική του συστήματος του iMedBox αποτελείται από τρία επίπεδα. Κάθε ένα από τα οποία ασχολείται με διαφορετική κατηγορία εργασιών. Συγκεκριμένα, είναι το επίπεδο του ασθενή, το επίπεδο του Smart Medicine Box και τέλος το επίπεδο του φροντιστή. Στην Εικόνα 8 παρουσιάζονται αυτά τα τρία επίπεδα

#### A. Επίπεδο ασθενή

Στο επίπεδο του ασθενή γίνεται κυρίως η συλλογή των δεδομένων. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με την βοήθεια ειδικών βιοαισθητήρων. Οι βιοαισθητήρες αυτοί τοποθετούνται επάνω στον ασθενή και είναι υπεύθυνοι για την συλλογή δεδομένων από το ηλεκτροκαρδιογράφημα του ασθενή. Με λίγα λόγια, επεξεργάζονται και αναλύουν το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγει η καρδιά, μετράνε το επίπεδο οξυγόνου, που υπάρχει στο αίμα, και τους χτύπους της καρδιάς του ανά λεπτό. Τέλος, όλα αυτά τα δεδομένα μεταφέρονται στο cloud με την βοήθεια μονάδων ασύρματης επικοινωνίας όπου και αποθηκεύονται για μελλοντική χρήση [59].

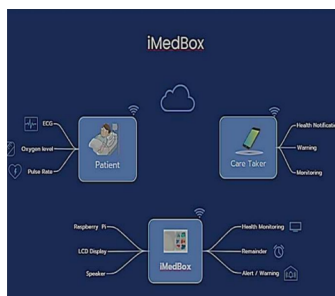
#### B. Επίπεδο Smart Medicine Box

Στο επίπεδο του Smart Medicine Box γίνεται η σύνδεση του ασθενή με το νοσοκομείο. Η σύνδεση αυτή πραγματοποιείται μέσω μιας κεντρικής μονάδας. Αυτή λαμβάνει τα δεδομένα που βρίσκονται στο cloud και τα εμφανίζει στην LCD οθόνη που διαθέτει. Η Εικόνα 4 δείχνει ένα Smart Medicine Box το οποίο περιλαμβάνει χώρους αποθήκευσης φαρμάκων, LSD οθόνη και βομβητή (buzzer). Το Smart Medicine Box

είναι μία στιβαρή και άκαμπτη κατασκευή για να μην μπορεί να μην μπορεί να καταστραφεί από πιθανές πτώσεις λόγω απροσεξίας είτε του ασθενή είτε οποιουδήποτε άλλου ανθρώπου που μπορεί να έρθει σε επαφή μαζί του [73].

### Γ. Επίπεδο CareTaker ( Επίπεδο Φροντιστή)

Το επίπεδο του Φροντιστή περιλαμβάνει τις ειδοποιήσεις του φροντιστή, τις προειδοποιήσεις και την παρακολούθηση του ασθενή. Πιο συγκεκριμένα, το Smart Medicine Box θα προειδοποιήσει τον ασθενή , μέσω του βομβητή, για την σωστή στιγμή λήψη του φαρμάκου του. Σε περίπτωση αποτυχίας θα ενημερωθεί ο φροντιστής του, δηλαδή ο γιατρός που έχει αναλάβει την παρακολούθηση του, προκειμένου να λάβει τα κατάλληλα μέτρα. Σε κάθε περίπτωση, διαθέσιμα θα βρίσκονται μόνο τα χάπια που έχουν συνταγογραφηθεί και πρέπει να γίνει η λήψη τους από τον ασθενή. Αυτό το μέτρο είναι εξαιρετικά χρήσιμο για ανθρώπους μεγάλης ηλικίας που πάσχουν από άνοια ή κάποια άλλη νόσο που επηρεάζει την ψυχική τους κατάσταση και αυξάνει την πιθανότητα παράλειψης ή λανθασμένης λήψης φαρμάκων. Για να μπορεί ο Φροντιστής, λοιπόν, να είναι σίγουρος ότι ο ασθενής λαμβάνει την εκάστοτε φαρμακευτική αγωγή σωστά, το Smart Medicine Box χρησιμοποιεί αισθητήρα βάρους ο οποίος μετράει το βάρος του κουτιού πριν και μετά από κάθε λήψη φαρμάκου. Έτσι προλαμβάνονται πιθανές περιπτώσεις υπερβολική ή μειωμένη λήψη φαρμάκων [59].



Εικόνα 8: Σχηματική περιγραφή του συστήματος iMedBox [13].

## 1.7 Wearable Gadget

Η ανάπτυξη ενός φορέσιμου gadget για την παρακολούθηση των ασθενών ήταν απαραίτητο. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε ένα ειδικό ρολόι. Το ρολόι αυτό αποτελείται από αισθητήρες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι να ελέγχουν την ευημερία του ατόμου που το φοράει τακτικά. Το συγκεκριμένο gadget έχει την δυνατότητα να παρακολουθεί τους ασθενείς με την χρήση GPS. Σε περίπτωση που ο ασθενής, για οποιονδήποτε λόγο, χαθεί ή χρειαστεί ιατρική βοήθεια στέλνεται ένα μήνυμα στον φροντιστή του αλλά και στους συγγενείς του σχετικά με την τοποθεσία του για να του δοθεί άμεσα βοήθεια. Αυτή η λειτουργία είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε άτομα που πάσχουν από ασθένειες, όπως το Αλτσχάιμερ, ή με σε άτομα με νοητική υστέρηση.

Ο ασθενής, από την πλευρά του, έχει την δυνατότητα να συνδέεται στο έξυπνο gadget που του δόθηκε για να μπορεί ανά πάσα στιγμή να έχει πρόσβαση στα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Αυτό αποτελείται από έναν αισθητήρα θερμοκρασίας, έναν αισθητήρα κλίσης, ο οποίος είναι με άλλα λόγια ένας αισθητήρας ανίχνευσης πτώσης του ασθενή και μία μονάδα GPS, η οποία παρέχει σε ζωντανή μετάδοση την τοποθεσία

του ασθενή και υπολογίζει το όριο γεωγραφικής περιφραξης το οποίο έχει οριστεί για τον συγκεκριμένο ασθενή. Στην περίπτωση που το όριο αυτό ξεπεραστεί, ενημερώνεται αυτόματα το πλησιέστερο νοσοκομείο καθώς και ο άνθρωπος που έχει οριστεί στο σύστημα ως κηδεμόνας του ασθενή [21].

Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται από το gadget του ασθενή αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων η οποία βρίσκεται Online. Για να συνδεθεί κάποιος σε αυτή την βάση πρέπει να χρησιμοποιήσει το όνομα που έχει καταχωρημένο στο σύστημα σε συνδυασμό με τον αντίστοιχο κωδικό πρόσβασης. Η σελίδα στην οποία θα πρέπει να καταχωρήσει τα δεδομένα αυτά θα είναι σαν την Εικόνα 9.



Εικόνα 9: Αρχική σελίδα σύνδεσης στα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από το gadget [21].

## 1.8 Επίλογος

Ανακεφαλαιώνοντας, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας του IoT στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης έχει προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στον, μέχρι στιγμής, παραδοσιακό τρόπο παροχής της, βελτιώνοντας την ποιότητα της φροντίδας που παρέχεται στους ασθενείς και την ακρίβεια στις διαγνώσεις των ειδικών, ενισχύοντας επιπλέον και την ανάπτυξη νέων καινοτόμων στρατηγικών και θεραπειών. Οι εφαρμογές του IoT, που παρουσιάστηκαν, παραδείγματα των οποίων αποτελούν η απομακρυσμένη παρακολούθηση των ασθενών, οι έξυπνοι διανομείς φαρμάκων iMedBox και άλλα φορητά gadget συμβάλλουν σημαντικά στην μείωση του κόστους και ταυτόχρονα στην αύξηση των επιπέδων της αποτελεσματικότητας των μεθόδων παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Παρά τα πλεονεκτήματα που έχει το IoT, υπάρχουν αρκετές προκλήσεις σχετικά με την ασφάλεια των ευαίσθητων δεδομένων που χρησιμοποιούνται από αυτά τα συστήματα και γενικότερα με την προστασία της ιδιωτικής ζωής των ασθενών, γεγονός που απαιτεί ισχυρές διασφαλίσεις σε πιθανές κακόβουλες επιθέσεις στον κυβερνοχώρο. Τέλος, γίνονται συνεχώς προσπάθειες για έρευνα και ενίσχυση των ήδη υπάρχοντων μέτρων ασφάλειας χωρίς όμως να έχει επιτευχθεί ακόμη το επιθυμητό επίπεδο.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: ΑΙ στον τομέα της υγείας

### 2.1 Εισαγωγή

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence | AI) με πολύ απλά λόγια είναι η προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης εφαρμοσμένη σε μηχανές. Η προσομοίωση επιτυγχάνεται με την βοήθεια του προγραμματισμού, ο οποίος δίνει την δυνατότητα στις μηχανές να συμπεριφέρονται σαν άνθρωποι και να αλληλοεπιδρούν μαζί τους [22]. Σύμφωνα με τον John McCarthy, το AI αποτελεί την ευφυΐα που επιδεικνύουν οι μηχανές [61]. Έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για την ιατρική καθώς έχει την δυνατότητα να βελτιώνει τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης που παρέχονται στους ασθενείς και κατ' επέκταση την υγεία τους καθώς μπορεί να διαγνώσει καλύτερα από τους ανθρώπους τις διάφορες ασθένειες. Όμως θα χρειαστεί να περάσει αρκετός καιρός ακόμα μέχρι το AI να αντικαταστήσει πλήρως την ανθρώπινη συμμετοχή σε αυτές τις διαδικασίες [27].

Η διαδικασία εύρεσης της πηγής από την οποία έχει προκληθεί μία μόλυνση σε κάποιο οργανισμό, η αναζήτηση της κατάλληλης θεραπείας και η βελτίωση της ποιότητας των φαρμάκων αλλά και των μεθόδων που χρησιμοποιούνται στον τομέα αυτό, αποτελούν ζητήματα τα οποία μπορεί να βελτιωθούν με την βοήθεια του AI. Με την χρήση του, μειώνεται ο χρόνος που απαιτείται για τον καθορισμό της ασθένειας από την οποία έχει προσβληθεί ένας οργανισμός και κατά συνέπεια μειώνεται ο χρόνος που απαιτείται για την θεραπεία του [11]. Επιπλέον, αυτοματοποιεί διάφορες ιατρικές διαδικασίες και δίνει την δυνατότητα επεξεργασίας τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων σε πολύ σύντομα χρονικά διαστήματα [35]. Παράδειγμα τέτοιων διαδικασιών αποτελεί η διάγνωση του Covid-19 με την χρήση ιατρικών εικόνων, όπως είναι η αξονική τομογραφία [7]. Η ανάλυση των ιατρικών εικόνων είναι ένα δύσκολο εγχείρημα καθώς συχνά αποτελούνται από περίπλοκες δομές σχημάτων, φόντων και ασαφών περιθωρίων. Όμως με την βοήθεια του AI η διαδικασία αυτή γίνεται πιο εύκολη [17].

Όπως φαίνεται, το AI παίζει κυρίαρχο ρόλο στις εφαρμογές ηλεκτρονικής υγείας, καθώς οι εφαρμογές της βελτιώνουν σε μεγάλο βαθμό τις συνθήκες διαβίωσης όπως και της ευημερίας της ανθρωπότητας. Η τεχνολογία του AI είναι ο μηχανισμός αυτοματισμού που χρησιμοποιείται πίσω από τις τεχνολογίες IoT [25]. Το AI είναι συστατικό αιχμής χάρη στις λύσεις που προσφέρει στον τομέα της υγείας. Στον τομέα της υγείας το AI εμφανίζεται σε τρία επίπεδα, στο εικονικό επίπεδο, στο φυσικό επίπεδο και στο υβριδικό επίπεδο [27].

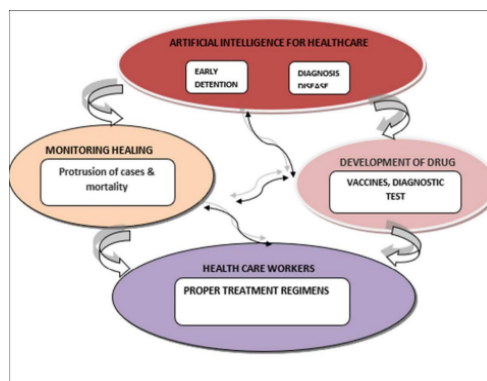


Εικόνα 10 : Ο ρόλος του AI στον τομέα της υγείας [27].

## 2.2 Πλεονεκτήματα ΑΙ

Η Εικόνα 11 παρουσιάζει συνοπτικά τα πλεονεκτήματα του ΑΙ στο τομέα την υγείας. Κάποια από αυτά τα πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- Με την βοήθεια του ΑΙ διευκολύνεται ο εντοπισμό του προβλήματος που έχει δημιουργηθεί και έτσι επιτυγχάνεται η έγκαιρη διάγνωση του.
- Με στόχο την αντιμετώπιση των ιών και γενικότερα των ασθενειών αναπτύσσονται νέοι, πιο σύγχρονοι μέθοδοι και φάρμακα. Νέα εμβόλια και νέα διαγνωστικά τεστ έρχονται να αντικαταστήσουν παλιότερα τα οποία έχουν πάψει πλέον να είναι το ίδιο αποτελεσματικά στην θεραπεία της ασθένειας σε σχέση με παλαιότερα χρόνια.
- Η διαδικασία παρακολούθησης της θεραπείας καθώς και η διαδικασία καταγραφής των κρουσμάτων γίνεται πιο εύκολη και γρήγορη χάρη στις νέες μεθόδους.
- Τέλος, με την βοήθεια του ΑΙ οι άνθρωποι που εργάζονται στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης θα έχουν ένα πιο ξεκάθαρο πλάνο, σύμφωνα με το οποίο θα πρέπει να κινηθούν για να επιτύχουν καλύτερα αποτελέσματα στις προκλήσεις που έχουν να αντιμετωπίσουν καθημερινά.



Εικόνα 11 : Εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης [11].

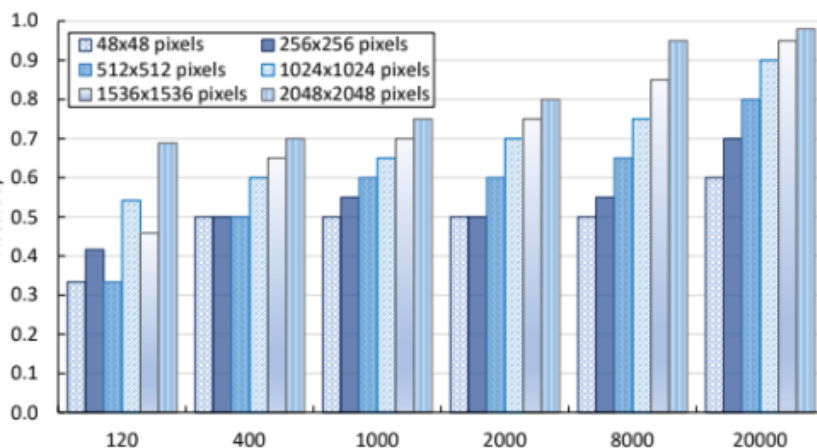
## 2.3 Χρήσεις του ΑΙ στον τομέα της υγείας

Τα τελευταία χρόνια οι εφαρμογές που βασίζονται στην τεχνολογία του ΑΙ έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται με πιο γρήγορους ρυθμούς από ποτέ. Για αυτόν τον λόγο και οι προσδοκίες των τελικών χρηστών και γενικότερα των πελατών έχουν αρχίσει να γίνονται υπερβολικά υψηλές. Οι εφαρμογές, λοιπόν, που αναπτύσσονται πρέπει να διαθέτουν ορισμένα απαραίτητα χαρακτηριστικά τα οποία είναι εξαιρετικά χρήσιμα για τους χρήστες. Μερικές από αυτές τις εφαρμογές παρουσιάζονται στην συνέχεια [22].

- Αναγνώριση Ομιλίας: Μία συσκευή που χρησιμοποιείται στον τομέα της υγείας μπορεί, με την χρήση του ΑΙ, να μετατρέπει την ομιλία που λαμβάνει μέσω αισθητήρων σε κείμενο και το

αντίστροφο. Η συγκεκριμένη λειτουργία είναι εξαιρετικά χρήσιμη στην ιατρική κοινότητα, ειδικά σε περιπτώσεις εξ αποστάσεως παρακολούθησης ή και καθοδήγησης εκπαιδευόμενων ιατρών. Επιπλέον, όταν οι γιατροί χρειάζονται συγκεκριμένες οδηγίες κατά την διάρκεια μιας χειρουργικής επέμβασης η συγκεκριμένη λειτουργία είναι επίσης πολύ χρήσιμη ώστε να αποφευχθούν πιθανά κρίσιμα ιατρικά λάθη.

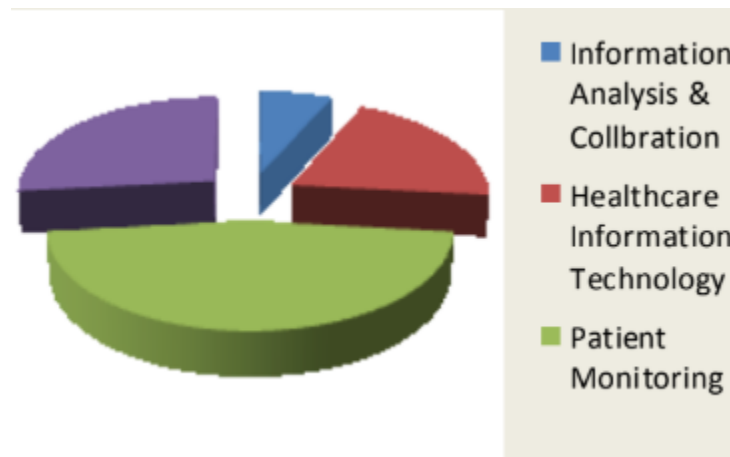
- Επεξεργαστής πολυμέσων (Media Processor): Με την βοήθεια του AI, διαδικασίες όπως η ανάλυση ιατρικών εικόνων γίνονται πιο εύκολες και τα αποτελέσματα είναι πιο στοχευμένα. Πιο αναλυτικά, ιατρικές εικόνες, όπως ακτινογραφίες και ηλεκτροκαρδιογραφήματα, μπορούν να διαβαστούν για την δημιουργία μιας αρχικής αναφοράς πριν από την τελική διάγνωση του γιατρού εξοικονομώντας σημαντικό χρόνο. Στην συνέχεια, ο γιατρός, έχοντας μία αρχική πρώτη εικόνα για την κατάσταση του ασθενή, μπορεί να προχωρήσει στις πιο απαραίτητες, για την διαδικασία θεραπείας του ασθενή, παρεμβάσεις. Με την χρήση του επεξεργαστή πολυμέσων μπορεί επιπλέον να γίνει εξαγωγή κειμένου, λήψη βίντεο και καταγραφή ανθρώπινων συναισθημάτων. Όμως, η πιο χρήσιμη λειτουργία που διαθέτει ένας επεξεργαστής πολυμέσων είναι ο ανιχνευτής ψεύδους, ο οποίος προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια στην διαδικασία ανάγνωσης ιατρικών εικόνων καθώς μπορεί να ανιληφθεί πιθανά σφάλματα [44]. Στο Διάγραμμα 2 φαίνεται η χρησιμότητα της ανάλυσης των ιατρικών εικόνων για την ορθή διάγνωση των ασθενών.



Διάγραμμα 6: Ανάλυση των ιατρικών εικόνων για επιτυχή ανάγνωση των ιατρικών εικόνων [17].

- Έξυπνη λήψη αποφάσεων: Το AI μπορεί να προβλέψει πολλές ανωμαλίες και να ενισχύσει την διαδικασία πρόληψης τους. Έχει την δυνατότητα, λοιπόν, να μειώνει τον κίνδυνο που μπορεί να αντιμετωπίσουν οι ασθενείς, σε αρκετά πρώιμο στάδιο της θεραπείας τους. Επιπροσθέτως, η χρήση δεδομένων από διαφορετικές πηγές μπορεί να βοηθήσει στην παροχή ακριβών, για την κάθε περίπτωση ασθενή, αποτελεσμάτων. Μία προσωπική διεπαφή χρήστη (User Interface | UI) η οποία έχει σχεδιαστεί με βάση τις απαιτήσεις του χρήστη, θα εμφανίζει περιεχόμενο σχετικό με την ιατρική κατάσταση του ώστε να παρέχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη βοήθεια και να μπορεί να λαμβάνει ελεύθερα έξυπνες αποφάσεις.
- Γλωσσική κατανόηση: Με την βοήθεια του AI δίνεται η δυνατότητα κατανόησης της γλώσσας που μιλάει ο χρήστης. Με αυτόν τον τρόπο, παρέχονται δεξιότητες ανάγνωσης, οι οποίες βοηθήσουν τον χρήστη να κατανοήσει πλήρως κάποιο κείμενο το οποίο δεν είναι γραμμένο στην δική του γλώσσα, μεταφράζοντας την. Καθώς, οι γλώσσες που χρησιμοποιούνται σε ολόκληρο τον

πλανήτη, μαζί με τις διαλέκτους τους, είναι πάρα πολλές, εφαρμογές όπως η Luis.ai services μπορούν να δώσουν λύση για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος. Η συγκεκριμένη εφαρμογή αποτελεί αποτέλεσμα της μηχανικής μάθησης σε συνδυασμό με το ΑΙ για την παροχή γλωσσικών υπηρεσιών σε άλλες εφαρμογές, με πολύ φυσικό τρόπο. Οποιαδήποτε πρόταση στον πυρήνα της ιατρικής κοινότητας θα μπορεί να μοιράζεται μεταξύ των ανθρώπων, άσχετα με την καταγωγή του γιατρού που την καταθέτει, ώστε να μπορούν να διατηρηθούν τα επίπεδα ευζωίας της ανθρωπότητας.



Διάγραμμα 7: Αξιοποίηση του ΑΙ στον τομέα της ιατρικής [36].

## 2.4 Εφαρμογές ΑΙ στον τομέα της υγείας

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η τεχνολογία του ΑΙ έχει ενταχθεί πολύ πρόσφατα στον κλάδο της ιατρικής. Ωστόσο το ενδιαφέρον για την χρήση του σε εφαρμογές της υγειονομικής περίθαλψης είναι μεγάλο. Έχουν ήδη αναπτυχθεί ορισμένες εφαρμογές, στόχος των οποίων είναι η βελτίωση τόσο της ποιότητας όσο και των μέσων που χρησιμοποιούνται σε αυτό τον τομέα. Στην συνέχεια αυτού του κεφαλαίου θα παρουσιαστούν κάποιες από αυτές τις εφαρμογές.

### 2.4.1 Υποστήριξη Ηλικιωμένων

Καθώς όλο και μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού γερνάει, οι κοινωνίες αντιμετωπίζουν όλο και σημαντικότερες απαιτήσεις στον τομέα της υγείας και της περίθαλψης. Η κοινωνική ομάδα των μεγάλων ηλικιακά ανθρώπων είναι και αυτή η οποία απασχολεί περισσότερο την ιατρική κοινότητα. Οι χρόνιες παθήσεις που ταλαιπωρούν τους ηλικιωμένους ταυτόχρονα με τις τεράστιες θυσίες των συγγενών τους κάνουν πολύ περίπλοκη την διαδικασία παροχής υγειονομικής περίθαλψης [41]. Οι άνθρωποι αυτοί χρειάζονται συνήθως 24ωρή παρακολούθηση καθώς μπορεί να βρεθούν σε κίνδυνο ανά πάσα ώρα. Για τον λόγο αυτό, χρειάζονται μεγάλες χρηματικές δαπάνες από την πλευρά του ασθενή, καθώς οι υπάρχουσες δημόσιες δομές δεν διαθέτουν τα κατάλληλα υλικά αλλά και το απαραίτητο ανθρώπινο δυναμικό για να καλύψουν τέτοιου είδους ανάγκες. Λύση σε αυτή την αδυναμία του δημόσιου τομέα αδυνατεί να δώσει ακόμα και ο ιδιωτικός τομέας αφού δεν μπορεί να παρέχει τόσο εξατομικευμένες

υπηρεσίες σε προσιτές, για όλους τους πολίτες, τιμές. Η παροχή συνοδείας σε ηλικιωμένους ανθρώπους περιλαμβάνει δραστηριότητες της καθημερινότητας, όπως είναι η βοήθεια στα ψώνια ή οι επισκέψεις στον γιατρό, όμως απαιτεί και απόλυτη αφοσίωση και εμπιστοσύνη [42]. Η συγκεκριμένη ανάγκη είναι πολλές φορές δύσκολο να καλυφθεί γιατί, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι ακριβή υπηρεσία και δεν υπάρχει και ο κατάλληλος άνθρωπος για να κάνει αυτή την δουλειά.

Το συγκεκριμένο πρόβλημα έρχεται να λύσει το ΑΙ αναπτύσσοντας μία εφαρμογή υποστήριξης των ηλικιωμένων στο σπίτι. Εισάγει την προφορική επικοινωνία με τις έξυπνες, πλέον, συσκευές όπως οι έξυπνοι βοηθοί, η Alexa της Amazon και το Google Home. Τέτοιες συσκευές συμβάλλουν σημαντικά στην προώθηση της ανεξαρτησίας των ηλικιωμένων μέσα στο σπίτι. Διαδικασίες όπως η παρακολούθηση της υγείας τους αλλά και η αξιολόγηση της κατάστασης της υγείας του σε καθημερινή βάση, από το σπίτι, διευκολύνονται από την χρήση τέτοιων συστημάτων. Παρά το αυξημένο ενδιαφέρον για έξυπνα συστήματα παρακολούθησης, εάν δεν γίνει με σωστό τρόπο η ανάπτυξη τους με την συμμετοχή του τελικού χρήστη, δηλαδή του ανθρώπου που θα το χρησιμοποιήσει, μπορεί να θεωρηθεί περίπλοκο και παρεμβατικό, δημιουργώντας ηθικές ανησυχίες σχετικά με την προστασία της ιδιωτικής ζωής των ανθρώπων αυτών.

Μία πολύ εξειδικευμένη έρευνα έγινε στην ιατρική κοινότητα ειδικά για τους ανθρώπους που πάσχουν από άνοια. Συγκεκριμένα, το κέντρο Dementia Research Institute Care Research and Technology (DRI-CR&T) της Αγγλίας ανέπτυξε μια ειδικά σχεδιασμένη δομή η οποία είχε σκοπό να συλλέγει δεδομένα από το περιβάλλον των νοικοκυριών των ανθρώπων που πάσχουν από αυτή την νόσο. Στόχος, λοιπόν, ήταν η αύξηση του βαθμού ανεξαρτησίας και ασφάλειας τους. Το DRI-CR&T είχε συγκεντρώσει μία ομάδα επιστημόνων η οποία αποτελούνταν από ειδικούς γιατρούς και μηχανικούς οι οποίοι είχαν αναλάβει να αναπτύξουν και να μελετήσουν τις νέες τεχνολογίες ώστε να γίνει πιο αποτελεσματική η χρήση τους μέσα σε έξυπνα σπίτια. Το περιβάλλον στο οποίο έγιναν οι δοκιμές αυτών των νέων τεχνολογιών ήταν απόλυτα ταυτόσημο με τον πραγματικό κόσμο. Οι δοκιμές αυτές επαναλήφθηκαν πολλές φορές ώστε τα αποτελέσματα που θα δοθούν τόσο στους ανθρώπους που πάσχουν από άνοια όσο και στους φροντιστές τους να είναι σωστά. Τα συστήματα που αναπτύχθηκαν για να παρακολουθούν την συμπεριφορά και την πορεία της υγείας του ηλικιωμένου ατόμου, είχε την δυνατότητα να προβλέψει τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσει με βάση την πορεία υγείας του και να προσφέρει εξατομικευμένες λύσεις παρέμβασης. Παράλληλα επέτρεπαν την συνεχή αλληλεπίδραση μεταξύ ασθενών και φροντιστών, γεγονός που έκανε αυτά τα συστήματα πολύ δημοφιλή στην συγκεκριμένη κοινότητα.

#### **2.4.1.1 Υλοποίηση της έρευνας**

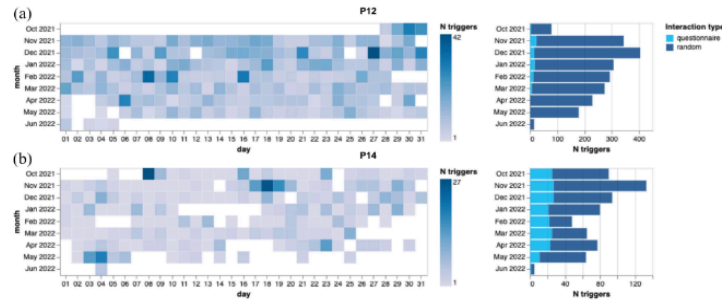
Για την υλοποίηση αυτής της έρευνας ορίζεται ένα γεγονός/συμβάν ως το γεγονός που καταγράφηκε μέσα από ένα έξυπνο σπίτι μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Κάθε γεγονός συμπεριφοράς υποδηλώνει μία δραστηριότητα. Παραδείγματα τέτοιων δραστηριοτήτων αποτελούν η κίνηση μέσα στο σπίτι, η λήψη ζωτικών σημείων και η αλληλεπίδραση με ένα φωνητικό βοηθό (για παράδειγμα την Alexa της Amazon). Η υλοποίηση της έρευνας έγινε σε διάρκεια 3103 ημερών κατά τις οποίες ο ασθενής αλληλοεπιδρούσε με τον έξυπνο βοηθό Alexa. Ταυτόχρονα, σημαντικά στοιχεία συλλέγουν άλλες IoT συσκευές οι οποίες ήταν επίσης τοποθετημένες μέσα στα νοικοκυριά. Για την εύρεση των τελικών αποτελεσμάτων, ερευνήθηκαν

τα δεδομένα δραστηριότητας που συλλέχθηκαν από 14 τυχαία νοικοκυριά. Συγκεκριμένα από κάθε νοικοκυριό επιλέχθηκαν τυχαία 13 συμβάντα συμπεριφοράς που καταγράφηκαν από το έξυπνο ηχείο της Alexa και από ειδικές συσκευές IoT απομακρυσμένης παρακολούθησης. Οι συσκευές αυτές ήταν παθητικοί αισθητήρες υπέρυθρων εγκατεστημένοι σε δωμάτια όπως οι κρεβατοκάμαρες, οι κουζίνες, τα μπάνια και οι διάδρομοι. Κατά την διάρκεια της έρευνας οι υπεύθυνοι έδιναν στους συμμετέχοντες να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο ευεξίας. Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο περιλάμβανε 6 ερωτήσεις, κάθε μία από τις οποίες αφορούσε ένα διαφορετικό κομμάτι της υγείας τους. Η υποκειμενική αντίληψη της διάθεσης, η διέγερση, το άγχος, η ποιότητα του ύπνου, η κούραση και τα σχέδια δραστηριοτήτων αποτελούν τα 6 θέματα υγείας του ασθενή με άνοια που ενδιαφέρουν την συγκεκριμένη έρευνα. Κατά την διάρκεια αλληλεπίδρασης των ατόμων αυτών με την Alexa, η επικοινωνία τους μαζί της διευρύνθηκε και σε ζητήματα εκτός της υγείας τους, όπως ο καιρός, οι ειδήσεις αλλά και ζητήματα σχετικά με την ψυχαγωγία τους.

#### 2.4.1.2 Αποτελέσματα της έρευνας

Συνολικά σε όλη την διάρκεια αυτής της έρευνας αναλύθηκαν πάνω από 1,5 εκατομμύρια γεγονότα που καταγράφηκαν από τις συσκευές IoT απομακρυσμένης παρακολούθησης της υγείας των ανθρώπων με άνοια αλλά και από τον έξυπνο βοηθό της εταιρείας Amazon, την Alexa, κατά την διάρκεια 3103 ημερών. Στόχος ήταν να εξεταστεί η χρήση της Alexa στα νοικοκυριά αυτών των ανθρώπων. Για τον σκοπό αυτό, αναλύθηκε ο εβδομαδιαίος μέσος αριθμός αλληλεπιδράσεων των ασθενών με τον έξυπνο βοηθό. Στα περισσότερα νοικοκυριά η Alexa ήταν τοποθετημένη στο σαλόνι και την κουζίνα. Στην Εικόνα 8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μέσων όρων εβδομαδιαίων αλληλεπιδράσεων με τον έξυπνο βοηθό, Alexa, μέσα σε ένα διάστημα εννιά μηνών, από τον Οκτώβριο του 2021 μέχρι τον Ιούνιο του 2022. Με ανοιχτό μπλε παρουσιάζεται το σύνολο των ερωτήσεων που έγιναν προς την Alexa στο διάστημα αυτό ενώ με σκούρο μπλε παρουσιάζονται όλες οι υπόλοιπες τυχαίες συνομιλίες με τον έξυπνο βοηθό. Παρά το μεγάλο εύρος δυνατοτήτων χρήσης της Alexa, οι χρήστες της κατέληξαν να χρησιμοποιούν ορισμένες από αυτές, τις πιο χρήσιμες για αυτούς. Παράλληλα, πολλοί χρήστες σταμάτησαν να την χρησιμοποιούν καθώς δεν εκπλήρωσε τις προσδοκίες τους.

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας έξυπνων βοηθών σε έξυπνα σπίτια ατόμων που πάσχουν από άνοια υπόσχεται πολλά. Για να μπορέσει, όμως, αυτή η τεχνολογία να δουλέψει σωστά χρειάζεται η ανάπτυξη ενός ΑΙ συστήματος το οποίο να έχει την δυνατότητα να προσαρμόζεται και να κατευθύνεται ανάλογα με τις συνομιλίες που γίνονται μεταξύ χρήστη και έξυπνου βοηθού. Σημαντικό ρόλο έχουν στις αποφάσεις αυτές και τα δεδομένα που συλλέγονται και από τις υπόλοιπες συσκευές IoT. Παρόμοια συστήματα με αυτό της Alexa που συζητήθηκε σε αυτό το κεφάλαιο θα μπορούσαν να ενθαρρύνουν τους χρήστες τους να εκφράζουν προφορικά περισσότερο τις μελλοντικές τους ανάγκες καθώς και να ενεργοποιούν πιο συχνά τις ειδικές ειδοποιήσεις οι οποίες θα ενημερώνουν τους επαγγελματίες υγείας και τους αρμόδιους φορείς ώστε να έχουν την δυνατότητα της έγκαιρης παρέμβασης σε περίπτωση ανάγκης.



Εικόνα 12: Αποτελέσματα έρευνας χρήσης του έξυπνου βοηθού Alexa [41].

## 2.4.2 Έξυπνο αναπηρικό αμαξίδιο

Μία δεύτερη εφαρμογή που αναπτύχθηκε για να διευκολύνει τους ηλικιωμένους αποτελεί το καινοτόμο και πρωτότυπο έξυπνο αναπηρικό αμαξίδιο. Σκοπός αυτού του αμαξιδίου ήταν η κάλυψη της αυξανόμενης ανάγκης για τεχνολογίες υποστήριξης των ηλικιωμένων ανθρώπων και ταυτόχρονα η ενίσχυση της παρακολούθησης της υγειονομικής περιθάλψης και της ανεξαρτησίας τους. Τα παραδοσιακά αναπηρικά αμαξίδια δεν έχουν την δυνατότητα να υποστηρίξουν επαρκώς τους ασθενείς με συνδυασμό σωματικών και νοητικών βλαβών περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ανεξαρτησία αλλά και τις κοινωνικές τους δραστηριότητες. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων στην συνέχεια αυτού του κεφαλαίου θα παρουσιαστεί η ανάπτυξη ενός έξυπνου αναπηρικού αμαξιδίου το οποίο είναι εξοπλισμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνει τον χρήστη του [74]. Συγκεκριμένα διαθέτει:

1. Βιοαισθητήρες IoT: Αυτοί οι βιοαισθητήρες βρίσκονται τοποθετημένοι στο τιμόνι του έξυπνου αμαξιδίου και έχουν ως σκοπό τους την συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο όπως η θερμοκρασία του σώματος, ο καρδιακός παλμός ή αρτηριακή πίεση του ατόμου που το ακουμπάει.
2. Δυνατότητα μετάδοσης και ανάλυσης δεδομένων: Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους βιοαισθητήρες του τιμονιού μπορούν να μεταδοθούν και να αναλυθούν σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή αμέσως μετά την συλλογή τους. Τα δεδομένα αυτά στην συνέχεια αποθηκεύονται στο cloud, και μέσω μιας διεπαφής χρήστη ο γιατρός έχει την δυνατότητα να έχει πρόσβαση σε αυτά, να τα οπτικοποιούν και να τα αναλύουν από απόσταση.
3. Σύστημα αποφυγής εμποδίων: Χρησιμοποιώντας ειδικούς αισθητήρες με λέιζερ, το έξυπνο αμαξίδιο έχει την δυνατότητα να ανιχνεύει τα εμπόδια που μπορεί να συναντήσει. Επιπλέον, έχει την δυνατότητα να ρυθμίζει την ταχύτητα με την οποία κινείται αλλά και σταματά. Όλες αυτές οι λειτουργίες αποσκοπούν στην αποτροπή των συγκρούσεων και στην εξασφάλιση της ασφάλειας του χρήστη.

Στόχος όλων αυτών των ειδικών λειτουργιών και χαρακτηριστικών του έξυπνου αναπηρικού αμαξιδίου είναι η παροχή μιας ολοκληρωμένης λύσης για την φροντίδα τόσο των ηλικιωμένων ανθρώπων αλλά και για τους ανθρώπους με μειωμένη κινητική ικανότητα προσφέροντας βελτιωμένη κινητικότητα, συνεχή παρακολούθηση της υγείας και μεγαλύτερη ασφάλεια στο άτομο που το χρησιμοποιεί.

### 2.4.2.1 Αρχιτεκτονική Έξυπνου Αμαξιδίου

Το έξυπνο αμαξίδιο αποτελείται από ένα τυπικό αναπηρικό αμαξίδιο το οποίο παρέχει στον χρήστη του την βασική δομή και τις βασικές λειτουργίες κινητικότητας. Περιλαμβάνει ένα σύστημα τροφοδοσίας, με άλλα λόγια ένα σύστημα παροχής ισχύος για να επιτρέψει την μηχανοκίνητη κίνηση, επιτρέποντας τόσο την χειροκίνητη όσο και την αυτόματη λειτουργία κίνησης. Όσον αφορά τον έλεγχο και την ανίχνευση του χώρου, διαθέτει ένα ειδικό σύστημα το οποίο αποτελείται από αισθητήρες, μία μονάδα συλλογής δεδομένων, ένα κουτί ελέγχου και την διεπαφή λογισμικού τα οποία είναι υπεύθυνα για την συλλογή, την επεξεργασία και την μετάδοση δεδομένων καθώς και τις ειδικές λειτουργίες ελέγχου. Όσον αφορά τα στοιχεία σχεδιασμού ενός έξυπνου αμαξιδίου πολύ σημαντική είναι η ενσωμάτωση ειδικών βιοαισθητήρων, συγκεκριμένα για την μέτρηση του παλμικού οξυγόνου, της αρτηριακής πίεσης και της θερμοκρασίας. Ένα ειδικό κιβώτιο ελέγχου βρίσκεται τοποθετημένο κάτω από το τιμόνι και μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένα τα εξής:

1. Μονάδα συλλογής δεδομένων με WiFi για άμεση επικοινωνία με το cloud
2. Μικροεπεξεργαστής για χειρισμό με joystick
3. Μηχανισμοί ελέγχου κινητήρα και ταχύτητας
4. Οθόνη διασύνδεσης για την εμφάνιση της προόδου και της συλλογής δεδομένων

Επιπλέον το έξυπνο αμαξίδιο επιτρέπει την χειροκίνητη λειτουργία μέσω ενός του joystick που αναφέρθηκε και προηγουμένως καθώς και την αυτόνομη πλοήγηση εντός μίας συγκεκριμένης περιοχής οποία έχει ήδη οριστεί με την βοήθεια της τεχνολογίας αποφυγής εμποδίων. Το συγκεκριμένο σύστημα διαθέτει δύο αισθητήρες λέιζερ, οι οποίοι επιλέχθηκαν λόγω της αποτελεσματικότητας. Βρίσκονται τοποθετημένοι στο μπροστά μέρος του αμαξιδίου και λειτουργούν σε συνδυασμό με το σύστημα ελέγχου για τον εντοπισμό εμποδίων και την αποφυγή συγκρούσεων. Γενικότερο, ο συνολικός σχεδιασμός του έξυπνου αναπηρικού αμαξιδίου εστιάζει στην ευχρηστία του αντικειμένου, την λειτουργικότητα και την ασφάλεια του χρήστη με στόχο την παροχή μιας ομαλής και αξιόπιστης λειτουργίας για τους ηλικιωμένους χρήστες. Παράλληλα όμως παρέχει στους γιατρούς την δυνατότητα παρακολούθησης της υγείας των ασθενών σε πραγματικό χρόνο.

## 2.5 Προκλήσεις και Μελλοντικές Προτάσεις για το ΑΙ

Οι προκλήσεις που έχει να αντιμετωπίσει ακόμα το ΑΙ στον τομέα της υγείας είναι αρκετές και σχετίζονται τόσο την πλευρά των εργαζόμενων του κλάδου όσο και την πλευρά των ασθενών. Μερικές από αυτές παρουσιάζονται παρακάτω. Πιο συγκεκριμένα,

- Τόσο οι επαγγελματίες του χώρου της υγείας όσο και οι ασθενείς δεν είναι ακόμα πλήρως εξοικειωμένοι με την τεχνολογία του ΑΙ. Για τον λόγο αυτό είναι πολύ σημαντικό να δοθούν κίνητρα και τρόποι προσέγγισης/δελεασμού στους ανθρώπους αυτούς ώστε να αρχίσουν να χρησιμοποιούν αυτή την νέα τεχνολογία του ΑΙ με περισσότερη ευκολία, τόσο στην καθημερινότητα τους όσο και στις διάφορες διαδικασίες που αφορούν τον κλάδο εργασίας τους.

- Ένα βασικό εμπόδιο στην χρήση της τεχνολογίας του AI είναι η ανάγκη για εξειδικευμένο εξοπλισμό ο οποίος κοστίζει αρκετά και τα νοσοκομεία δεν έχουν την δυνατότητα να διαθέσουν ένα τόσο μεγάλο χρηματικό ποσό, ειδικά για τις διαδικασίες υγειονομικής περίθαλψης χαμηλότερων επιπέδων, όπως είναι για παράδειγμα οι αιματολογικές εξετάσεις ή οι προληπτικοί ιατρικοί έλεγχοι. Σε αυτή την κατηγορία εξετάσεων οι ήδη υπάρχουσες διαδικασίες είναι, αν όχι απόλυτα, αρκετά ικανοποιητικές.
- Η χρήση του AI βασίζεται κυρίως στις επιδόσεις και την κωδικοποίηση του συστήματος. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μη ασφαλείς διαδικασίες ή ακόμα και σε δυσκολία πρόβλεψης σφαλμάτων. Έτσι αυξάνονται τα επίπεδα κινδύνου και η πιθανότητες αστοχίας στην παροχή ορθής ιατρικής θεραπείας στον ασθενή. Επιπλέον, οι ευαίσθητες πληροφορίες των ασθενών μπορεί να βρεθούν εκτεθειμένες σε πιθανές κακόβουλες επιθέσεις.

Όσον αφορά τις διαδικασίες της διάγνωσης και της θεραπείας κάποιας ασθένειας, η τεχνολογία του AI διαδραματίζει, και σε αυτή την περίπτωση, πολύ σημαντικό ρόλο καθώς προσφέρει λύσεις η οποίες τις διευκολύνουν. Οι μελλοντικές προτάσεις που έχουν διατυπωθεί, ανά καιρούς, για αυτή την τεχνολογία είναι αρκετές. Κάποιες από αυτές τις μελλοντικές προτάσεις θα παρουσιαστούν στην συνέχεια. Συγκεκριμένα,

- Η χρήση του AI στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης και της φαρμακευτικής αποτελεί πολύ κρίσιμο θέμα συζήτησης. Ειδικότερα σε αυτή την ψηφιακή εποχή που ζουν οι σημερινές κοινωνίες, χρειάζεται να χρησιμοποιούνται πρωτοποριακές τεχνολογίες ώστε να μειώνεται ικανοποιητικά το κόστος των διάφορων υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης και να παρέχονται πιο αποτελεσματικές θεραπείες σε, όσο το δυνατόν, συντομότερο χρονικό διάστημα. Έτσι, το AI θα μπορεί να παρέχει διάγνωση χαμηλού κόστους εντός του απαιτούμενου χρόνου καθώς και να προσφέρει ασφαλέστερη πρόσβαση σε ευαίσθητες πληροφορίες για τους ασθενείς.
- Η τεχνολογία του AI διευκολύνει ακόμα και τον εντοπισμό ασθενειών μέσα από ιατρικές εικόνες. Για παράδειγμα, σε περιπτώσεις αξονικών ακτινογραφιών των ασθενών, το AI μπορεί να αναγνωρίσει την ύπαρξη του ιού του Covid 19. Η λειτουργία αυτή αποτελεί ένα από τα πολύ μεγάλα οφέλη του AI για τον ιατρικό τομέα. Γενικότερα, τα πλεονεκτήματα που προσφέρει σε αυτόν τον τομέα αφορούν κυρίως τις αυτοματοποιήσεις των διάφορων διαδικασιών διάγνωσης και θεραπείας οι οποίες παλιότερα για να πραγματοποιηθούν χρειαζόταν περισσότερος χρόνος και κόστος.
- Ο ιατρικός εξοπλισμός με την βοήθεια του AI διευκολύνει τους γιατρούς στην ταξινόμηση των διάφορων ασθενειών από τις περισσότερες στις λιγότερες κρίσιμες. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται πιά εύκολη η διαδικασία αξιολόγησης της βαρύτητας τους. Ένας απλός ασθενής, λοιπόν, ο οποίος δεν διαθέτει εξειδικευμένες γνώσεις, μπορεί να λάβει εξατομικευμένες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του οι οποίες θα του είναι απόλυτα κατανοητές, χωρίς να χρειάζεται την επεξήγηση από κάποιον ειδικό γιατρό.

## 2.6 Εφαρμογή AI living Lab

Οι εγκαταστάσεις μακροχρόνιας φροντίδας απαιτούν πολυάριθμο προσωπικό, καθώς οι ασθενείς χρήζουν 24ωρης παρακολούθησης. Κυρίως γιατί οι άνθρωποι αυτοί μπορεί να χρειαστούν βοήθεια ανά πάσα στιγμή καθώς αδυνατούν να αυτοεξυπηρετηθούν ακόμα και για βασικές ανάγκες, όπως είναι η χρήση της τουαλέτας και σε περίπτωση πτώσης του ατόμου, η οποία θα προκαλέσει επιπλέον δυσκολία στην κίνηση

του ατόμου. Επιπλέον, το κόστος αυτού του είδους της φροντίδας αυξάνεται διαρκώς. Υπάρχουν πλέον ορισμένα κέντρα αποκατάστασης που στεγάζουν ασθενείς για 24ωρη παρακολούθηση. Με στόχο την καλύτερη δυνατή ποιότητα παροχής βοήθειας προς τους ανθρώπους που διαμένουν σε αυτές τις εγκαταστάσεις, το AI διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο. Ιδιαίτερα, στις εξειδικευμένες εφαρμογές ηλεκτρονικής υγείας. Για παράδειγμα, στην περίπτωση πτώσεων, που αναφέρθηκε προηγουμένως, μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό του ανθρώπου που χρήζει άμεσης βοήθειας και επομένως να επιταχυνθεί η διαδικασία παροχής της απαραίτητης βοήθειας [15].

Στο τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, η αυξανόμενη ανάγκη για εύρεση λύσεων οδήγησε στην ανάπτυξη της εφαρμογής AI Living Lab. Στόχος αυτής της εφαρμογής είναι η παροχή μεθόδων και εργαλείων λογισμικού για την ανάλυση της αξιοπιστίας του AI, εκτελώντας ψηφιακά δίδυμα (Digital Twins). Τα ψηφιακά δίδυμα αποτελούν αντίγραφα φυσικών αντικειμένων, με σκοπό να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την βελτίωση, την συντήρηση και την λήψη αποφάσεων. Το AI Living Lab, μέσω της διαδικασίας της προσομοίωσης των διάφορων λύσεων της ψηφιακής υγείας, σε επίπεδο λογισμικού αλλά και υλικού, ενσωματώνει στοιχεία AI. Για να γίνει πιο κατανοητή η χρήση του AI Living Lab θα χρησιμοποιηθεί παρακάτω ένα παράδειγμα.

Σε ένα σενάριο που βρίσκεται ακόμα σε δοκιμαστικό στάδιο, μία εταιρεία αναπτύσσει ένα πρότυπο έξυπνου ρολογιού για την ανίχνευση του επιπέδου γλυκόζης στο αίμα του ασθενή. Το ρολόι αυτό είναι υπεύθυνο για την αποστολή ειδοποίησης στον ασθενή είτε σε περίπτωση χαμηλών είτε υψηλών επιπέδων γλυκόζης στο αίμα. Σε περίπτωση συναγερμού, δηλαδή σε περίπτωση υπερβολικά ακραίων επιπέδων γλυκόζης, ο ασθενής θα λάβει ένα πιο αξιόπιστο σύστημα μέτρησης. Με την βοήθεια αυτού του συστήματος θα γίνει η διάγνωση του αν ο ασθενής θα πρέπει να κάνει χρήση ινσουλίνης ή όχι. Η ανάπτυξη του συγκεκριμένου παραδείγματος βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο. Για τον λόγο αυτό γίνεται και η συγκεκριμένη εναλλαγή ανάμεσα στα δύο συστήματα μετρήσεων. Καθώς το έξυπνο ρολόι βρίσκεται σε δοκιμαστικό επίπεδο, χρειάζεται οι μετρήσεις του να επιβεβαιωθούν από κάποιο άλλο πιο έμπιστο σύστημα. Για τον λόγο αυτό, οι εταιρείες που αναπτύσσουν παρόμοια συστήματα είναι συνήθως πολύ μεγάλες και μπορούν να υποστηρίξουν οικονομικά τα μεγάλα διαστήματα εκτεταμένων δοκιμών που χρειάζονται πριν βγει στην αγορά ένα τέτοιο προϊόν. Ένα τέτοιο έργο, λοιπόν, όχι μόνο θα επιτρέπει σε μικρές εταιρείες και νεοσύστατες επιχειρήσεις να δοκιμάσουν την εφαρμογή τους σε ένα ενδιάμεσο περιβάλλον, πριν φτάσει εξ ολοκλήρου στον ασθενή, αλλά και θα τους δώσει την ευκαιρία να έχουν πρόσβαση σε καλύτερες τεχνικές για την ανάπτυξη των εφαρμογών AI που αναπτύσσουν.

## 2.7 AI-based Exergame

Η Εργοθεραπεία και η Φυσικοθεραπεία είναι δύο κατευθύνσεις της υγειονομικής περίθαλψης που αντιμετωπίζουν πολλές προκλήσεις τα τελευταία χρόνια. Η μεγαλύτερη όμως πρόκληση είναι η μεγάλη έλλειψη προσωπικού. Για να αντιμετωπιστεί, λοιπόν, αυτή η έλλειψη αναπτύχθηκε ένα exergame το οποίο είναι βασισμένο στο AI. Με την προσθήκη της τεχνολογίας του AI βελτιώνεται η αποτελεσματικότητα του παιχνιδιού καθώς και η εμπειρία των θεραπειών μέσω της βελτίωσης των τεχνικών επίλυσης προβλημάτων, της ενίσχυσης του σχεδιασμού των θεραπειών και της βοήθειας στην καθοδήγηση των ασθενών κατά την διάρκεια της θεραπείας. Ο όρος exergame χρησιμοποιείται για παιχνίδια που περιέχουν και σωματική άσκηση (exercise game). Επομένως, ο ασθενής που θα χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο παιχνίδι όχι μόνο θα εξασκείται πνευματικά αλλά και σωματικά, χωρίς να

είναι απαραίτητη η παρουσία κάποιου εργαζόμενου. Το παιχνίδι προσφέρει μία πιο ελκυστική τεχνική για την θεραπεία των ασθενών για αυτό και η χρήση του είναι πιο δημοφιλής.

Η αποκατάσταση που λαμβάνουν οι ασθενείς από τις φυσικοθεραπείες είναι πολύ σημαντικές καθώς αποκαθιστούν τις ικανότητες τους και τους επιτρέπουν να επιστρέψουν στον προηγούμενο τρόπο ζωής τους. Ωστόσο, πολλές πτυχές της Φυσικοθεραπείας μπορούν να βελτιστοποιηθούν χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του ΑΙ. Μέσα από διάφορες έρευνες, εντοπίστηκαν οι εξής τρεις βασικοί τρόποι βελτίωσης της διαδικασίας αποκατάστασης των ασθενών. Συγκεκριμένα,

1. Με την χρήση του ΑΙ μειώνονται τα διαγνωστικά λάθη που γίνονται από φυσικά πρόσωπα. Έτσι αυξάνονται, πέρα από τα ποσοστά επιτυχίας της θεραπείας, και τα επίπεδα ικανοποίησης των ασθενών.
2. Με την ανάπτυξη πιο διασκεδαστικών και ευχάριστων τεχνικών θεραπειών αυξάνονται και τα κίνητρα που έχουν οι ασθενείς να συνεχίσουν την διαδικασία θεραπείας.
3. Με την ενίσχυση της ανάπτυξης των κινητικών δεξιοτήτων των ασθενών και την μείωση των λαθών που γίνονται κατά την διάρκεια της θεραπείας αυξάνεται και η θέληση του ασθενή να ολοκληρώσει με επιτυχία την θεραπεία που του έχει δοθεί να ακολουθήσει.

Σε αντίθεση με τους τρεις τρόπους βελτίωσης της διαδικασίας αποκατάστασης ο συγκεκριμένος κλάδος της ιατρικής αντιμετωπίζει και ορισμένα προβλήματα, τα οποία έχουν ταξινομηθεί σε τέσσερις κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής:

1. Έλλειψη προσωπικού: Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στις ΗΠΑ, ενεργοί στο επάγγελμα του εργοθεραπευτή ήταν 133.900 άτομα ενώ στην θέση του φυσικοθεραπευτή εργαζόταν 238.800 άνθρωποι μέχρι το 2021. Για να ανταπεξέλθουν αυτοί οι άνθρωποι στον φόρτο εργασίας τους, αναγκάζονταν να αναλάμβαναν πολλά περιστατικά ασθενών την ημέρα, περισσότερα από όσα πραγματικά μπορούσαν. Η απασχόληση τους προβλεπόταν ότι θα αυξηθεί κατά 14% για τους εργοθεραπευτές και κατά 17% για τους φυσικοθεραπευτές μέσα στο διάστημα 2021 με 2031 για να καταφέρουν να απορροφήσουν στο σύνολο του τον αυξανόμενο φόρτο υποθέσεων.
2. Ομαδική θεραπεία (group therapy): Η διαδικασία που μπορεί να ακολουθήσει για την θεραπεία του ένας ασθενής είναι είτε σε ατομικό επίπεδο με τον θεραπευτή του είτε σε ομαδικό επίπεδο μαζί με άλλους ασθενείς. Και οι δύο περιπτώσεις έχουν εξίσου θετικά και αρνητικά. Η ατομική θεραπεία παρέχει όλη την προσοχή του θεραπευτή πάνω σε έναν ασθενή και δημιουργεί μεγαλύτερη εμπιστοσύνη μεταξύ τους. Επιπλέον, η θεραπεία προσαρμόζεται στον ρυθμό αυτού του ασθενή. Όμως, η ατομική θεραπεία είναι πιο ακριβή και απαιτεί μεγαλύτερο αριθμό θεραπευτών για την κάλυψη των αναγκών που υπάρχουν. Από την άλλη πλευρά, στην περίπτωση της ομαδικής θεραπείας, κάποιος από τους ασθενείς μπορεί να χρειαστεί μεγαλύτερη προσοχή και επομένως η ομαδική θεραπεία να διαρκέσει χρονικά περισσότερο. Όμως είναι πιο οικονομική λύση.
3. Υπερβολικός χρόνος διακοπής ανάμεσα στις θεραπείες: Σε περιπτώσεις όπου οι ασθενείς έχουν ενταχθεί σε κάποιο ίδρυμα εσωτερικής φροντίδας, ο διαθέσιμος χρόνος που διαθέτουν για να εργαστούν με τους θεραπευτές τους είναι τρεις ώρες την εβδομάδα. Αυτός ο χρόνος μοιράζεται ανάμεσα στους εργοθεραπευτές και τους φυσικοθεραπευτές ανάλογα με την κατάσταση του

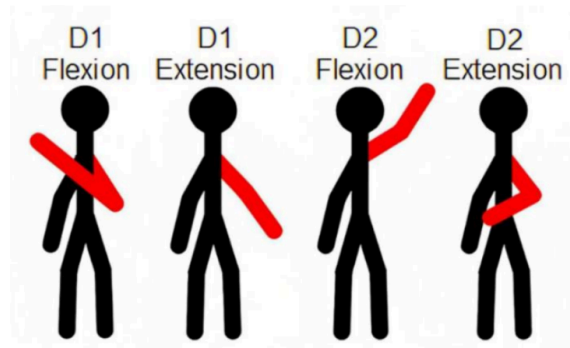
ασθενή. Με αποτέλεσμα, οι ασθενείς να έχουν μεγάλα κενά ανάμεσα στις συνεδρίες τους με τους θεραπευτές αυξάνοντας έτσι το απαιτούμενο χρόνο θεραπείας τους.

4. Κίνητρα ασθενών στο σπίτι: Συνήθης μέθοδος που ακολουθούν οι εργοθεραπευτές και οι φυσιοθεραπευτές είναι η ανάθεση ασκήσεων στους ασθενείς τις οποίες πρέπει ο να τις κάνει στο σπίτι για να επιτύχουν τα επιθυμητά επίπεδα αποκατάστασης της υγείας τους. Αυτή η τακτική βοηθούν τους ασθενείς να κρατάνε επαφή με την διαδικασία θεραπείας τους χωρίς την συμμετοχή του θεραπευτή του.

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα που υπάρχουν, ο τομέας της Εργοθεραπείας και της Φυσικοθεραπείας δεν έχει αντιμετωπίσει μεγάλη έκθεση στο ΑΙ. Ένα πολύ μικρό ποσοστό θεραπειών έχει αναφέρει ότι έχει έρθει σε επαφή με εφαρμογές ΑΙ κατά την εργασία του. Επομένως, χρειάζεται κι άλλος χρόνος ώστε να μπει εξ ολοκλήρου η τεχνολογία του ΑΙ και σε αυτόν τον τομέα. Όμως έχει γίνει η προσπάθεια ανάπτυξης ενός παιχνιδιού το οποίο θα περιγραφεί στην συνέχεια αυτού του κεφαλαίου.

### 2.7.1 Υλοποίηση του παιχνιδιού

Στόχος του παιχνιδιού είναι να καταφέρει ο παίκτης να μπλοκάρει μία μπάλα ποδοσφαίρου με ένα γάντι τερματοφύλακα το οποίο ελέγχεται από τον ίδιο μέσω των κινήσεων D1 και D2, όπως φαίνονται στην Εικόνα 13. Το εκπαιδευμένο μοντέλο ΑΙ έχει τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες κινήσεων. Κάθε μία από αυτές αποτελείται από 200 εναλλακτικές της κάθε κίνησης. Το μοντέλο ΑΙ που χρησιμοποιήθηκε εκπαιδεύτηκε από έναν υπολογιστή σε 14 λεπτά και 47 δευτερόλεπτα. Η εξάσκηση αυτών των τεσσάρων κινήσεων προσφέρει στον ασθενή αύξηση της μυϊκής δύναμης, της ισορροπίας και βελτιώνει τις λειτουργικές καθημερινές κινήσεις τις οποίες και αναπαριστούν. Η διεπαφή του παιχνιδιού δημιουργήθηκε με την χρήση του Scratch, ενός διαδικτυακού εκπαιδευτικού εργαλείου προγραμματισμού. Το Scratch περιέχει ένα παράθυρο που εμφανίζει ένα τέρμα ποδοσφαίρου. Οι κανονισμοί του παιχνιδιού είναι απλοί. Ο κάθε παίκτης έχει στην διάθεση του 16 προσπάθειες με στόχο να κλωτσήσει την μπάλα στο τέρμα. Η μπάλα βρίσκεται τοποθετημένη στο σημείο όπου πραγματοποιούνται τα πέναλτι. Τυχαία μια μπάλα πετάει προς κάποια γωνία του τέρματος. Κάθε γωνία αντιστοιχεί σε μία από τις τέσσερις πιθανές κινήσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Το ΑΙ αναγνωρίζει ποια κίνηση κάνει ο χρήστης του παιχνιδιού και μετακινεί ανάλογα τον τερματοφύλακα στις αντίστοιχες γωνίες. Ένα κίτρινο 'X' θα εμφανιστεί για να δείξει στον παίκτη σε ποια γωνία κατευθύνεται η μπάλα ώστε να μπορέσει να αντιδράσει ανάλογα. Εάν ο ασθενής καταφέρει και κάνει την σωστή διάταξη τότε ο στόχος αποτρέπεται. Το παιχνίδι ενημερώνει τον ασθενή για την χρήση ήχων και πολύχρωμων εικόνων για να το παρακινήσει να συνεχίσει και να καταφέρει να ολοκληρώσει την θεραπεία του.



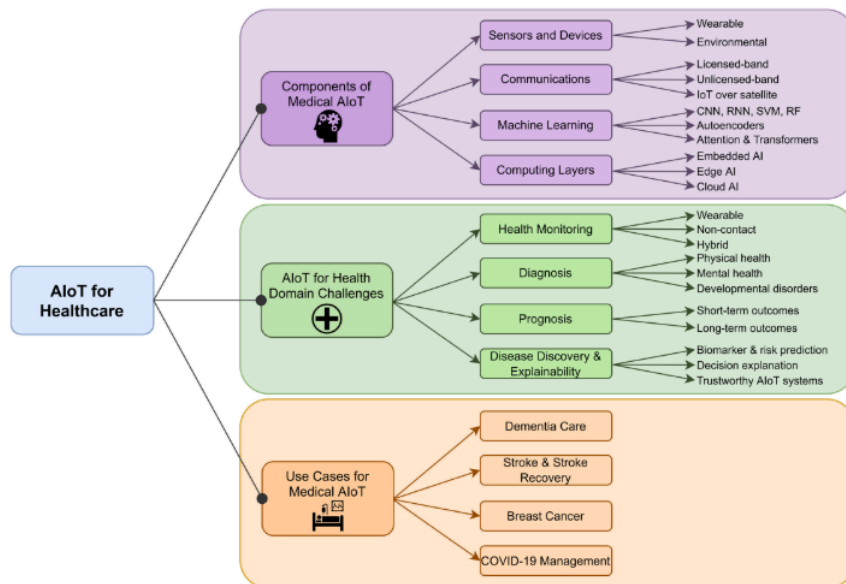
Εικόνα 13: Κινήσεις που αναγνωρίζει το AI κατά την διάρκεια του διαδραστικού παιχνιδιού [20].

## 2.8 Επίλογος

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκε η χρήση της τεχνολογίας του AI καθώς και οι δυνατότητες που έχει να προσφέρει στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Συγκεκριμένα, δίνεται μεγάλη έμφαση στην ικανότητα της τεχνολογίας αυτής να προκαλέσει επανάσταση στις διαδικασίες της διάγνωσης, της θεραπείας αλλά και της φροντίδας των ασθενών. Επιπλέον, αναπτύχθηκαν εφαρμογές AI οι οποίες βοηθούν την απομακρυσμένη παρακολούθηση, την χειρουργική καθοδήγηση καθώς και μέσω ανάλυσης ιατρικών εικόνων με στόχο την εξοικονόμηση χρόνου και την βελτίωση της ακρίβειας στις διάφορες ιατρικές διαγνώσεις. Το AI έχει την ικανότητα να προβλέπει πιθανά προβλήματα υγείας, δίνοντας στους ειδικούς του τομέα την δυνατότητα λήψης προληπτικών μέτρων και εξατομικευμένης φροντίδας για τους ασθενείς. Εξετάζονται επιπλέον, και συγκεκριμένα συστήματα AI για την παροχή ιατρικής φροντίδας σε ηλικιωμένους ανθρώπους, ιδιαίτερα για εκείνους που πάσχουν από χρόνιες παθήσεις, υπενθυμίζοντας λήψης φαρμάκων αλλά και λειτουργίες όπως η παρακολούθηση της υγείας τους και η επικοινωνία με τους γιατρούς. Πλατφόρμες όπως το AI Living Lab έχουν σχεδιαστεί για να επικυρώνουν την αξιοπιστία της χρήσης των λύσεων που προσφέρει το AI για την υγειονομική περίθαλψη. Τέλος, παρουσιάστηκε το AI-based Exergame το οποίο χρησιμοποιείται στον τομέα της Φυσιοθεραπείας και της Εργοθεραπείας για την αντιμετώπιση της έλλειψης θεραπειών και την προαγωγή της σωματικής αλλά και της γνωστικής λειτουργίας των ασθενών.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Artificial Intelligence of Things - AIoT

Τα τελευταία χρόνια, στον τομέα της υγείας δίνεται μεγάλη έμφαση στην ικανοποίηση των ασθενών. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος χρειάζεται να γίνουν ορισμένες αλλαγές αλλά και αναβαθμίσεις στις τεχνολογίες που ήδη χρησιμοποιούνται. Οι τεχνολογίες του IoT και του AI είναι οι κατάλληλες τεχνολογίες για να γίνουν αυτές οι αλλαγές, πόσο μάλλον ο συνδυασμός τους. Οι εφαρμογές IoT είναι κατάλληλες για την παρακολούθηση των εφαρμογών και τον χειρισμό φυσικών περιβαλλόντων. Παραδείγματα χρήσης συστημάτων IoT αποτελούν η παρακολούθηση ζώων και η συντήρηση εξοπλισμού κτιρίων. Πολλές από αυτές τις εφαρμογές όμως απαιτούν και την χρήση εξελιγμένων δυνατοτήτων που προσφέρει το AI, όπως είναι η ανάλυση εικόνας, ήχου και βίντεο [43]. Το AIoT ίσως να είναι η καλύτερη και η πιο χρήσιμη τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ικανοποίηση των ασθενών καθώς συνδυάζει όλα τα θετικά στοιχεία των δύο αυτών τεχνολογιών που προαναφέρθηκαν [6]. Λόγω του υπερβολικά μεγάλου όγκου δεδομένων που συλλέγονται καθημερινά από τις δισεκατομμύρια συσκευές που είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους σε ένα δίκτυο IoT έγινε εμφανής η ανάγκη ένταξης της τεχνολογίας του AI. Συγκεκριμένα, τα μεγάλα δεδομένα απαιτούν την χρήση του AI για να μπορέσει να τα ερμηνεύει, να τα κατανοεί και να λαμβάνει τις βέλτιστες αποφάσεις για κάθε περίπτωση [28].



Εικόνα 14 : Το AIoT στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης [28].

Από την άλλη πλευρά, το AIoT είναι και εξαιρετικά αποτελεσματικό στην διαδικασία διάγνωσης ιών. Έχει αποδειχθεί ότι το AIoT καθιστά την συγκεκριμένη διαδικασία πολύ πιο εύκολη και γρήγορη. Το AI έχει την δυνατότητα να κάνει τις συσκευές που συνδέονται μεταξύ τους μέσα σε ένα δίκτυο IoT να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για τις ανάγκες των χρηστών [5]. Επομένως, ο όγκος των δεδομένων που συλλέγονται είναι τόσο μεγάλος απαραίτητη η ανάγκη χρήσης AI πέρα από την ανθρώπινη εργασία. Η κατάληξη, λοιπόν, στην χρήση της τεχνολογίας του AIoT ήταν μονόδρομος. Το AIoT αποτελεί μία νέα εποχή συστημάτων IoT που ενισχύονται με την χρήση του AI, η οποία είναι η κινητήρια δύναμη για μετάβαση από την εποχή του HealthCare 4.0 στην εποχή του HealthCare 5.0 [28].

Η τεχνολογία του ΑΙοΤ στον τομέα της υγείας εφαρμόζεται σε τρία στάδια. Το πρώτο και πιο σημαντικό στάδιο είναι αυτό της παρακολούθησης της υγείας του ασθενή. Το δεύτερο στάδιο αποτελεί η διάγνωση και το τρίτο και τελευταίο η αξιολόγηση της κατάστασης της υγείας του ασθενή.

- A. Παρακολούθηση της υγείας: Η πιο σημαντική εφαρμογή της τεχνολογίας του ΑΙοΤ αποτελεί η παρακολούθηση των διάφορων παραμέτρων υγείας, τόσο για τα γενικά θέματα που αφορούν την υγεία όσο και για πιο εξειδικευμένα ζητήματα. Ένα τυπικό σύστημα παρακολούθησης ΑΙοΤ χρησιμοποιεί συσκευές ή και περιβαλλοντικούς αισθητήρες για την λήψη δεδομένων από τους ασθενείς. Χωρίς το στάδιο της παρακολούθησης τα δύο επόμενα στάδια, δηλαδή της διάγνωσης και της αξιολόγησης, δεν θα μπορούσαν να υπάρξουν. Με την χρήση του ΑΙοΤ ενισχύει την διαδικασία της παρακολούθησης με μη επεμβατικούς τρόπους.
- B. Διάγνωση: Η διαδικασία παρακολούθησης της κατάστασης της υγείας ενός ασθενή είναι πολύ σημαντική καθώς παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με αυτόν κάθε δεδομένη χρονική στιγμή. Ωστόσο, από μόνο του αυτό δεν αρκεί καθώς δεν επιτρέπει την διάγνωση καταστάσεων οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν την υγεία των ασθενών. Επομένως, το στάδιο της διάγνωσης αποτελεί την λύση κλειδί για την τεχνολογία του ΑΙοΤ στον τομέα της υγείας καθώς σε πολλές περιπτώσεις, ειδικότερα σε περιπτώσεις όπου γίνεται χρήση χαμηλών πόρων χωρίς την βοήθεια εξειδικευμένου εξοπλισμού και κλινικών ιατρών.
- C. Αξιολόγηση: Η διαδικασία της διάγνωσης, η οποία αναπτύχθηκε προηγουμένως, είναι σημαντική για να μπορέσει να γίνει έγκαιρα η οποιαδήποτε παρέμβαση. Όμως πρέπει κανείς να γνωρίζει την σοβαρότητα οποιασδήποτε έκβασης αυτής της κατάστασης.

### 3.1 Προκλήσεις και Οφέλη του ΑΙοΤ για τον τομέα της υγείας

Με την συνεχή ανάπτυξη των τεχνολογιών του ΑΙοΤ γίνεται όλο και πιο ξεκάθαρο το γεγονός ότι υπάρχει ακόμα πλήθος προκλήσεων που πρέπει να αντιμετωπίσει. Ταυτόχρονα, όμως, έχει ήδη προσφέρει πλήθος από οφέλη στον κλάδο της ιατρικής. Πρώτα θα παρουσιαστούν τα οφέλη του συνδυασμού των τεχνολογιών αυτών και στην συνέχεια θα ακολουθήσουν και οι προκλήσεις.

#### 3.1.1 Οφέλη

1. Βελτίωση των μεθόδων παρακολούθησης της υγείας των ασθενών: Η τεχνολογία του ΑΙοΤ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη συστημάτων που παρέχουν συνεχή και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο την έγκαιρη ανίχνευση πιθανών προβλημάτων υγείας δίνοντας κατά επέκταση την δυνατότητα έγκαιρης παρέμβασης [36].
2. Βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας: Με την βοήθεια του ΑΙοΤ γίνεται πολύ πιο εύκολη η διαδικασία ανάλυσης μεγάλου πλήθους των δεδομένων των ασθενών, συμπεριλαμβανομένων και ιατρικών εικόνων, δεδομένων αισθητήρων και ηλεκτρονικών φακέλων υγείας, για να υποστηρίξουν τους κλινικούς γιατρούς στην διαδικασία λήψης ακριβέστερων διαγνώσεων [40].
3. Εξατομικευμένα σχέδια θεραπείας: Αξιοποιώντας τα δεδομένα των ασθενών με την βοήθεια του ΑΙοΤ, οι διάφορες πλατφόρμες τηλεϊατρικής έχουν πλέον την δυνατότητα να παρέχουν εξατομικευμένες προτάσεις θεραπείας, οι οποίες όχι μόνο βελτιώνουν τα αποτελέσματα τους αλλά και αυξάνουν τον βαθμό ικανοποίησης και των ασθενών [36][40].
4. Αυξημένη προσβασιμότητα: Με την βοήθεια του ΑΙοΤ στην η παροχή υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης με την μορφή της τηλεϊατρικής επεκτείνεται. Δίνεται η δυνατότητα σε πληθυσμούς που

βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, γεφυρώνοντας με αυτόν τον τρόπο το χάσμα στην πρόσβαση σε ποιοτική υγειονομικής περίθαλψη για όλους τους ανθρώπους χωρίς εξαιρέσεις [40].

5. Μείωση των δαπανών υγειονομικής περίθαλψης: Η τηλεϊατρική με την βοήθεια του AIoT μπορεί να ερμηνεύσει με ορθό τρόπο τις λειτουργίες της υγειονομικής περίθαλψης, να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα και ενδεχομένως να μειώσει το κόστος που αφορά στις επισκέψεις αλλά και τη διαμονή στα νοσοκομεία [36].

### 3.1.2 Προκλήσεις

Αν και τα οφέλη της χρήσης της τεχνολογίας του AIoT στον τομέα της υγείας είναι αρκετά, υπάρχουν εξίσου αρκετές προκλήσεις που χρειάζεται να αντιμετωπιστούν ώστε να διασφαλιστεί η επιτυχής και ταυτόχρονα ηθική εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών. Οι προκλήσεις αυτές αναλύονται στην συνέχεια αυτού του κεφαλαίου [36].

1. Διασφάλιση της ασφάλειας και της προστασίας της ιδιωτικής ζωής: Η χρήση της τεχνολογίας του AIoT στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης συνεπάγεται με την συλλογή, διαβίβαση και αποθήκευση μεγάλου όγκου ευαίσθητων δεδομένων που ανήκουν στους διάφορους ασθενείς, γεγονός που δημιουργεί σημαντικές ανησυχίες για την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικής τους ζωής. Η προστασία των προσωπικών δεδομένων των ασθενών από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, παραβιάσεις και κατάχρηση είναι υψίστης σημασίας. Διαδικασίες όπως χρήση ισχυρών πρωτοκόλλων ασφαλείας, τεχνικών κρυπτογράφησης και μηχανισμών ελέγχου πρόσβασης είναι κάποιες από τις προτεινόμενες λύσεις για την διατήρηση του απορρήτου των ασθενών [56].
2. Διαλειτουργικότητα και τυποποίηση: Η έλλειψη τυποποίησης στα πρωτόκολλα συσκευών και στις μορφές δεδομένων στις διάφορες πλατφόρμες που χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες του AIoT μπορεί να εμποδίσει την ανεμπόδιστη ενσωμάτωση και ανάλυση δεδομένων. Η καθιέρωση προτύπων διαλειτουργικότητας είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι οι διαφορετικές συσκευές και συστήματα θα έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν αποτελεσματικά και να μοιράζονται δεδομένα χωρίς να υπάρχουν προβλήματα συμβατότητας μεταξύ τους. Αυτή η λειτουργία θα διευκολύνει την ανάπτυξη ολοκληρωμένων πλατφορμών τηλεϊατρικής που θα μπορούν να αξιοποιούν δεδομένα από πολλαπλές πηγές για να παρέχουν μία ολοκληρωμένη εικόνα για τη υγεία των ασθενών.
3. Τεχνική εμπειρογνωμοσύνη και υποδομή: Η εφαρμογή και η συντήρηση συστημάτων AIoT στην υγειονομική περίθαλψη απαιτεί εξειδικευμένη τεχνική εμπειρογνωμοσύνη και ισχυρή υποδομή. Οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης, λοιπόν, χρειάζεται να επενδύσουν στην εκπαίδευση του εργατικού δυναμικού ώστε να έχουν τις απαραίτητες γνώσεις και κατ' επέκταση τις ικανότητες για να κατανοούν και να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά αυτές τις τεχνολογίες. Η δημιουργία και η διατήρηση της απαραίτητης υποδομής IT για την υποστήριξη των διαδικασιών της αποθήκευσης, της επεξεργασίας και της ασφάλειας των δεδομένων μπορεί επίσης να δημιουργήσει σημαντικές προκλήσεις, ιδιαίτερα στους μικρότερους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης ή ακόμα και για αυτούς που βρίσκονται σε περιβάλλοντα με περιορισμένους πόρους [62].
4. Δεοντολογικά ζητήματα: Η χρήση της τεχνολογίας του AIoT στην υγειονομική περίθαλψη εγείρει ηθικές ανησυχίες σχετικά με την διαφάνεια και τη λογοδοσία. Η διασφάλιση ότι οι αλγόριθμοι AI που χρησιμοποιούνται εκπαιδεύονται μέσα από μία μεγάλη ποικιλία αντιπροσωπευτικών δεδομένων για να εμποδίσουν ανακριβείς ή άδικες διαγνώσεις ή συστάσεις θεραπείας είναι ζωτικής

σημασίας. Η διαφάνεια στον τρόπο με τον οποίο οι αλγόριθμοι ΑΙ λαμβάνουν αποφάσεις είναι απαραίτητη για την δημιουργία μιας σχέσης εμπιστοσύνης μεταξύ των ασθενών και των επαγγελματιών υγείας [64].

5. Χρηματικές αποδόσεις και προκλήσεις επίβλεψης: Τα τρέχοντα μοντέλα υπολογισμού των χρηματικών αποδόσεων στην υγειονομική περίθαλψη ενδέχεται να μην καλύπτουν επαρκώς τις υπηρεσίες τηλεϊατρικής, αποτελώντας οικονομικό εμπόδιο για την ευρύτερη υιοθέτηση της. Ο καθορισμός σαφών κατευθυντήριων γραμμών χρηματικών αποδόσεων για τις υπηρεσίες της τηλεϊατρικής, αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την ευρύτερη υιοθέτηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Επίσης, η περιπλοκότητα που υπάρχει γύρω από το κομμάτι της προστασίας των δεδομένων και τις εγκρίσεις των ιατρικών συσκευών αποτέλεσε πρόκληση για τους προγραμματιστές και τους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης [63].

Η ενσωμάτωση, λοιπόν, της τεχνολογίας του ΑΙoT στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης υπόσχεται πολλά για την διαμόρφωση του τρόπου με τον οποίο θα γίνεται η παροχή αυτής της, κατά τα άλλα υποχρεωτικής, υπηρεσίας. Είναι πολλά υποσχόμενη για την βελτίωση της πρόσβασης των ασθενών σε αυτή, την ενίσχυση της ακρίβειας στην διαδικασία διάγνωσης, την εύρεση της κατάλληλης θεραπείας και την βελτιστοποίηση του τρόπου χρήσης των διαθέσιμων πόρων. Ωστόσο, η υλοποίηση όσον αναφέρθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο απαιτούν μία πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση που να αντιμετωπίζει τις προκλήσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια των δεδομένων, τη διαλειτουργικότητα, την τεχνική εμπειρογνομοσύνη, την δεοντολογία και τις χρηματικές αποδόσεις. Εάν ξεπεραστούν αυτές οι προκλήσεις θα ανοίξει ο δρόμος ώστε η τεχνολογία του ΑΙoT να δώσει στους επαγγελματίες της υγειονομικής περίθαλψης την δυνατότητα να παρέχουν πιο αποτελεσματική, ασθενοκεντρική και προσβάσιμη περίθαλψη για ολόκληρη την κοινωνία.

### 3.2 Health 4.0

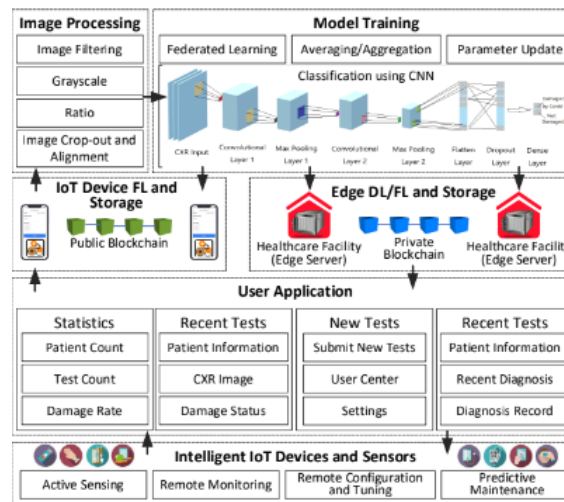
Στο πλαίσιο του Health 4.0 οι επιστήμονες οραματιζόταν μία αυτοματοποιημένη και ψηφιοποιημένη υγειονομική περίθαλψη. Η αυτοματοποίηση στον τομέα της υγείας γίνεται, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, με την βοήθεια του ΑΙ. Η τεχνολογία του ΑΙ, εξάλλου, έχει ήδη προσφέρει πολλά στον κλάδο της υγείας. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται να γίνουν διαγνώσεις για την υγεία των ασθενών. Το πλαίσιο, το οποίο παρουσιάζεται στην Εικόνα 15, δίνει στους ασθενείς την δυνατότητα πρόσβασης στα ιατρικά τους αρχεία, στα αποτελέσματα διάφορων δοκιμών και στα στατιστικά δεδομένα που συλλέγονται από τις διάφορες συσκευές ΙoT με απόλυτη ασφάλεια. Επιπλέον, οι ασθενείς έχουν την δυνατότητα να υποβάλλουν νέα αιτήματα για δοκιμές καθώς και την ελευθερία να διαμορφώνουν τις ρυθμίσεις όπως αυτοί επιθυμούν [17].

Τα δεδομένα των ασθενών αποθηκεύονται σε ένα ειδικά σχεδιασμένο blockchain. Το blockchain αποτελεί μία τεχνολογία αποθήκευσης δεδομένων σε αριθμημένα χρονικά τμήματα, τα οποία ονομάζονται blocks. Δεδομένου ότι τα αρχεία υγείας απαιτούν σημαντικό όγκο δεδομένων, η διαχείριση τους γίνεται στην άκρη του δικτύου εντός της εγκατάστασης υγειονομικής περίθαλψης. Οι τελικές συσκευές ΙoT των ασθενών δεν χρησιμοποιούν μέρος του αποθηκευτικού χώρου της συνολικής εγκατάστασης. Αλλά λειτουργούν ως αυτόνομες συσκευές τοπικής αποθήκευσης για να έχει η κάθε μία τον έλεγχο των δεδομένων της [60]. Η κάθε συσκευή ΙoT έχει την δυνατότητα να πραγματοποιεί τοπικά ενημερώσεις και εκπαιδεύσεις χρησιμοποιώντας με ορθό τρόπο τα τοπικά αλλά και τα κοινόχρηστα δεδομένα που συλλέγονται από τον κάθε ασθενή.

Από την άλλη πλευρά, και οι ασθενείς έχουν την δυνατότητα να ανταλλάσσουν μεταξύ τους τα δεδομένα που έχουν συλλέξει. Για παράδειγμα, από διαδικασίες όπως η ανάλυση του αίματος κατ' οίκων ή και από τις υγειονομικές εγκαταστάσεις, όπως νοσοκομεία, γίνεται εφικτή η συλλογή τέτοιων δεδομένων, και με την βοήθεια πάντα ειδικών συσκευών IoT η ανταλλαγή τους. Οι ασθενείς, μέσω μιας διαδικτυακής εφαρμογής η οποία είναι εγκατεστημένη στις διάφορες συσκευές IoT που χρησιμοποιούν, μπορούν να ανακτούν, να μοιράζονται και να εισάγουν δείγματα και δεδομένα που έχουν συλλεχθεί προηγουμένως [69].

Οι συσκευές AIoT, όπως όλα τα συστήματα που χρησιμοποιούν την τεχνολογία του AI, χρειάζονται εκπαίδευση. Οι συσκευές που εκτελούν αυτή την εκπαίδευση υποστηρίζονται από έναν μηχανισμό εκπαίδευσης μοντέλων AI plug-and-play (PnP-AI), μία επαναστατική πλατφόρμα η οποία ενσωματώνει το AI. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, λοιπόν, επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος εκπαίδευσης, ανάλογα πάντα και με τον τομέα στον οποίο ανήκει το εκάστοτε πρόβλημα. Τέλος, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκπαίδευση, που προηγήθηκε, συλλέγονται και παρουσιάζονται στον ασθενή μέσω της εφαρμογής χρήστη.

Το Health 4.0 με την δυνατότητα AI μπορεί να ενσωματώνει ταυτόχρονα λειτουργίες όπως η επεξεργασία και η αποθήκευση. Το συγκεκριμένο πλαίσιο επιτρέπει σε συσκευές και αισθητήρες IoT να συλλέγουν δεδομένα ώστε να καταστήσει δυνατή την διάγνωση των ασθενειών. Το πλαίσιο αυτό εισήγαγε μια εξαιρετικά συνδεδεμένη, με επίκεντρο τον ασθενή, φροντίδα η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το IoT. Ωστόσο, αυτά τα συστήματα δεν περιέχουν έξυπνη ή συναισθηματική διαχείριση υγείας και εξατομικευμένη φροντίδα [28].



Εικόνα 15: Προτεινόμενο πλαίσιο Health 4.0

### 3.3 Διαδραστικό Σύστημα HealthCare Prognosis

Το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι ήδη υπάρχουσες εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης είναι η εξάρτηση που έχουν από τις διαγνώσεις των γιατρών και γενικότερα τις ιατρικές τους γνώσεις. Σε περίπτωση απουσίας του γιατρού, λοιπόν, οι εφαρμογές αυτές δεν μπορούν να λειτουργήσουν. Το πρόβλημα αυτό έρχεται να αντιμετωπίσει το HealthCare Prognosis, το οποίο είναι εργαλείο του AIoT το

οποίο χρησιμοποιεί δεδομένα και ειδικούς αλγορίθμους για να προβλέπει πιθανές αλλαγές στην υγεία των ασθενών. Σκοπός της δημιουργίας του ήταν να ξεπεράσει τον παντογνώστη γιατρό με την χρήση chatbot, το οποίο θα βασίζεται σε ΑΙ και σε μία εφαρμογή διασύνδεσης, η οποία θα παρέχει, με την σειρά της, αποτελεσματικά μέσα συγκέντρωσης πληροφοριών και απαντήσεων σε γενικού τύπου ιατρικά ερωτήματα. Επιπλέον, θα δίνει στους χρήστες εξειδικευμένη βοήθεια σχετικά με τα προσωπικά τους ιατρικά προβλήματα και θα τους ενημερώνει για την σωστή λήψη της ιατροφαρμακευτικής τους αγωγής. Το σύστημα HealthCare Prognosis παρέχει ακριβείς απαντήσεις για το 90% των ερωτημάτων που κάνουν οι χρήστες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους παρακάτω σκοπούς [19]:

1. Ενημέρωση για αποφάσεις θεραπείας των ασθενών: Με την δυνατότητα πρόβλεψης των πιθανών αποτελεσμάτων των διάφορων θεραπειών, οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης έχουν την δυνατότητα να λαμβάνουν πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος να δράσουν ανάλογα πάντα με τον κάθε ασθενή.
2. Εξατομίκευση της φροντίδας: Το συγκεκριμένο σύστημα πρόγνωσης μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό ασθενών που ενδέχεται να διατρέχουν υψηλό κίνδυνο ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων των θεραπειών, επιτρέποντας με αυτό το τρόπο τις πιο στοχευμένες, για την κάθε περίπτωση, παρεμβάσεις αλλά και την καλύτερη δυνατή παρακολούθηση.
3. Βελτίωση των ιατρικών αποτελεσμάτων των ασθενών: Το συγκεκριμένο σύστημα πρόγνωσης μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση των ιατρικών αποτελεσμάτων των ασθενών, διασφαλίζοντας ότι θα λαμβάνουν την σωστή ιατρική φροντίδα.

Είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι το σύστημα HealthCare Prognosis είναι ένα βοηθητικό εργαλείο για τον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης και όχι υποκατάστατο της κλινικής κρίσης των γιατρό για την κατάσταση της υγείας των ασθενών. Για τον λόγο αυτό η χρήση του πρέπει απαραίτητα να γίνεται σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, όπως είναι για παράδειγμα οι προτιμήσεις των ασθενών και οι κλινικές γνώσεις που υπάρχουν, για την λήψη επιστημονικά ορθών αποφάσεων.

### 3.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του Συστήματος HealthCare Prognosis

Σε ένα τέτοιο σύστημα παρακολούθησης της κατάστασης της υγείας των ασθενών είναι προφανές ότι έχει αρκετά πλεονεκτήματα όπως και μειονεκτήματα τόσο για τους ασθενείς όσο και για τους εργαζόμενους του κλάδου υγείας. Μερικά από αυτά θα αναλυθούν στα επόμενα υποκεφάλαια.

#### 3.4.1 Πλεονεκτήματα

1. Βελτιωμένη διαδικασία λήψης αποφάσεων: Το σύστημα πρόγνωσης της υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να βοηθήσει τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να λαμβάνουν πιο σωστές αποφάσεις σχετικά με τις θεραπείες που πρόκειται να ακολουθήσουν για την θεραπεία κάποιου ασθενή, για την πιο ορθή κατανομή των διαθέσιμων πόρων και την διαχείριση των ασθενών [65].
2. Παροχή εξατομικευμένης φροντίδας: Το σύστημα μπορεί να εντοπίσει πιθανές ανεπιθύμητες επιπλοκές κατά την διάρκεια της θεραπείας των ασθενών και επιτρέπει την στοχευμένη

παρέμβαση. Επιπλέον, δίνει την δυνατότητα παροχής πιο εξατομικευμένης φροντίδας στον ασθενή.

3. Καλύτερα αποτελέσματα των ασθενών: Ο έγκαιρος εντοπισμός των πιθανών προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν οδηγεί σε έγκαιρες παρεμβάσεις, βελτιώνοντας τα αποτελέσματα των ασθενών των ασθενών και μειώνοντας σημαντικά τα ποσοστά αποτυχίας της θεραπείας, και σε πιο σοβαρές καταστάσεις τα ποσοστά θνησιμότητας.
4. Αποτελεσματικότερη κατανομή των διαθέσιμων πόρων: Με την πρόβλεψη των αναγκών των ασθενών, το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να κατανέμει τους διαθέσιμους πόρους καλύτερα, πιο αποτελεσματικά, μειώνοντας τις περιττές δαπάνες και βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση του.
5. Έρευνα και ανάπτυξη: Το σύστημα αυτό έχει την δυνατότητα να παράγει και να συλλέγει πολύτιμα δεδομένα, τα οποία μπορούν να φανούν πολύ χρήσιμα σε μελλοντικές έρευνες, συμβάλλοντας στον εντοπισμό νέων στρατηγικών θεραπείας και να βελτιώσουν τα επίπεδα κατανόησης που διαθέτουν οι εργαζόμενοι της υγείας πάνω στις εξελίξεις κάποιας νόσου.

### 3.4.2 Μειονεκτήματα

1. Ποιότητα δεδομένων και μεροληψία: Η ακρίβεια των προβλέψεων εξαρτάται απόλυτα από την ποιότητα και την πληρότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση του συστήματος. Επιπλέον, οι στρεβλώσεις στα δεδομένα αυτά μπορεί να αποπροσανατολίσουν τους γιατρούς και να οδηγήσουν σε ανακριβείς προβλέψεις για την υγεία των ασθενών.
2. Πολυπλοκότητα και κόστος: Η ανάπτυξη και η διατήρηση ενός τέτοιου ισχυρού συστήματος μπορεί να είναι πολύπλοκη και δαπανηρή διαδικασία καθώς απαιτεί σημαντικές επενδύσεις όσον αφορά τις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν και την τεχνογνωσία που πρέπει να διαθέτουν οι άνθρωποι που θα το χρησιμοποιήσουν.
3. Ηθικές ανησυχίες: Όσον αφορά τις ηθικές ανησυχίες είναι λογικό να υπάρχουν σε ένα τέτοιο σύστημα εφόσον χρησιμοποιεί πολλά προσωπικά δεδομένα των ασθενών. Επομένως, οι ανησυχίες αυτές αφορούν κυρίως την χρήση αυτών των δεδομένων, την προστασία της ιδιωτικής ζωής τους και το ενδεχόμενο της δημιουργίας διακρίσεων με βάση τα αναμενόμενα αποτελέσματα.
4. Περιορισμένη προγνωστική ισχύς: Ενώ τα συστήματα πρόγνωσης μπορεί να είναι χρήσιμα, δεν είναι τέλεια. Είναι πολύ πιθανό να μην καταφέρουν να προβλέψουν με ακρίβεια τα προσωπικά αποτελέσματα των ασθενών σε μία εξέταση, γεγονός που θα οδηγήσει σε αβεβαιότητα και πιθανό αγχος, κυρίως από την πλευρά του ασθενή.
5. Υπερβολική εξάρτηση από την τεχνολογία: Η υπερβολική εξάρτηση από την τεχνολογία μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης και της ενσυναίσθησης, τα οποία αποτελούν δύο πολύ κρίσιμες συνιστώσες της υγειονομικής περίθαλψης.

### 3.5 Επίλογος

Στο παρόν κεφάλαιο, εξετάζεται ο συνδυασμός των τεχνολογιών του ΑΙ με το ΙοΤ στον τομέα της υγειονομική περίθαλψης δημιουργώντας πλέον τον όρο του ΑΙοΤ, ο οποίος διαμορφώνει το μέλλον της παροχής της υγειονομικής περίθαλψης. Όπως αναφέρθηκε στην διάρκεια του κεφαλαίου, το ΑΙοΤ μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την φροντίδα που παρέχεται στους ασθενείς, επιτρέποντας την συνεχή παρακολούθηση, βελτιώνοντας την ακρίβεια των ιατρικών διαγνώσεων και διευκολύνοντας την δημιουργία εξατομικευμένων θεραπειών για τον κάθε ασθενή. Όλα αυτά επιτυγχάνονται μέσω της συλλογής μεγάλων

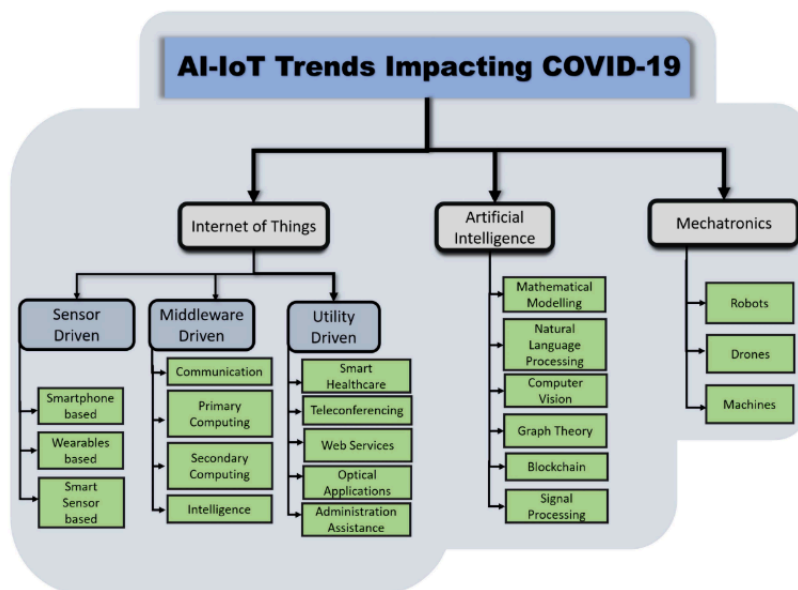
ποσοτήτων ιατρικών δεδομένων. Σημαντική βαρύτητα δίνεται στα τρία στάδια της εφαρμογής του ΑΙοΤ στην υγειονομική περίθαλψη, δηλαδή της παρακολούθησης, της διάγνωσης και της αξιολόγησης. Τονίστηκε σημασία της χρήσης του ΑΙ για την ανάλυση του μεγάλου όγκου δεδομένων που παράγεται από τις συνδεδεμένες, μεταξύ τους, συσκευές ΙοΤ, διευκολύνοντας την λήψη πιο σωστά τεκμηριωμένων αποφάσεων από τους επαγγελματίες του τομέα. Ταυτόχρονα, πραγματοποιείται ορισμένες προκλήσεις που σχετίζονται με το ΑΙ και την διασφάλιση της ασφάλειας των ιδιωτικών δεδομένων των ασθενών. Πέρα όμως από αυτό το **εμπόδιο(?)** διατηρείται μία αισιόδοξη στάση σχετικά με τις δυνατότητες του ΑΙοΤ, καθώς έχει την απαραίτητα εφόδια να δώσει στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης την δύναμη να παρέχουν πιο αποτελεσματική με κέντρο τον ασθενή υγειονομική φροντίδα σε όλους. Παρουσιάστηκαν συστήματα ΑΙοΤ όπως το HealthCare Prognosis για την λήψη εξατομικευμένων αποφάσεων θεραπείας και στρατηγικών φροντίδας. Τέλος, τονίστηκε η ανάγκη ανάπτυξης μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης, η οποία θα μπορεί να αντιμετωπίζει τις πολύπλευρες προκλήσεις που συνδέονται με την εφαρμογή της τεχνολογίας του ΑΙοΤ στον τομέα της υγείας.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>:Χρήση του ΑΙοΤ στην αντιμετώπιση σύγχρονων ασθενειών

Ο συνδυασμός των τεχνολογιών του ΙοΤ με τις δυνατότητες του ΑΙ έχει προκαλέσει επανάσταση στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, ειδικά για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που δημιουργούν οι διάφορες ασθένειες που ταλαιπωρούν τις σύγχρονες κοινωνίες. Το παγκόσμιο τοπίο επιβαρύνεται συνεχώς από την αύξηση τόσο των χρόνιων ασθενειών αλλά και από την εμφάνιση των νέων απειλών της υγείας των ανθρώπων, όπως είναι ο covid 19, μία πολύ πρόσφατη ασθένεια που απασχόλησε ολόκληρο τον πλανήτη. Τα παραδοσιακά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης που χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα, συχνά δυσκολεύονται να ανταπεξέλθουν στην ζήτηση που υπάρχει για αποτελεσματική και ακριβή διάγνωση, παρακολούθηση αλλά και θεραπεία, ειδικά σε περιβάλλοντα με περιορισμένους νοσοκομειακούς πόρους. Η τεχνολογία του ΑΙοΤ προσφέρει μία πολύ ισχυρή λύση ενσωματώνοντας σύγχρονους και ευφυείς αλγόριθμους με συνδεδεμένες συσκευές για να βελτιώσει την ανίχνευση των ασθενειών, να επιτρέψει την καλύτερη παρακολούθηση των ασθενών από απόσταση και να διευκολύνει τις έγκαιρες παρεμβάσεις των ειδικών ιατρών. Στην συνέχεια, λοιπόν, αυτού του κεφαλαίου θα γίνει μια εμβάθυνση στις εφαρμογές του για την καταπολέμηση του Covid 19 αλλά και της φυματίωσης. Επιπλέον, θα παρουσιαστούν ορισμένα πλεονεκτήματα της χρήσης της τεχνολογίας του ΑΙοΤ καθώς και ορισμένες προκλήσεις που σχετίζονται με αυτή την τεχνολογία σε ολόκληρη την πορεία θεραπείας αυτών των δύο ασθενειών.

### 4.1 Covid-19

Η πανδημία του Covid 19 έφερε μεγάλες αλλαγές αλλά και καινοτομίες σε πολλές ψηφιακές τεχνολογίες από τον πρώτο κιόλας καιρό της εμφάνισης της. Ακόμα και μετά την πρόοδο των προσπαθειών εμβολιασμού σε όλο τον κόσμο, η πλήρης εξάλειψη της εξακολουθεί να ανήκει στο μακρινό μέλλον. Αυτό οφείλεται στις διάφορες παραλλαγές του ιού, οι οποίες εμφανίζονται η μία μετά την άλλη. Από την αρχή της πανδημίας του Covid 19, προτεραιότητα ήταν ο έλεγχος και ο περιορισμός του, με την επιβολή της κοινωνικής απόστασης και της καραντίνας [25]. Η οποιαδήποτε αποτυχία λήψης επιτυχών μέτρων θα μπορούσε να οδηγήσει σε υπερβολική έξαρση των κρουσμάτων. Η περίπτωση αυτή θα προκαλούσε υπερφόρτωση των νοσοκομείων και θα γινόταν ακόμα πιο δύσκολη η προσπάθεια των εργαζομένων του ιατρικού κλάδου. Ο ταχύτατος ρυθμός με τον οποίο εξαπλώθηκε ο ιός προκάλεσε επιπλέον πολλά οικονομικά προβλήματα [66]. Πολλές επιχειρήσεις αναγκάστηκαν να αναστείλουν την λειτουργία τους, λόγω της κοινωνικής απομόνωσης που επιβλήθηκε, χάνοντας με αυτόν τον τρόπο μεγάλα χρηματικά κεφάλαια. Επιπλέον, πολλοί άνθρωποι έχασαν τις δουλειές τους, καθώς δεν ήταν πλέον απαραίτητοι αλλά και επειδή αντικαταστάθηκαν από μηχανές ή από άλλους εναλλακτικούς τρόπους, που βρέθηκαν, ώστε να μπορέσει να παραχθεί η εργασία τους. Γενικώς, κατά την περίοδο εμφάνισης του Covid 19 ήρθαν πολλές αλλαγές σε πολλά επίπεδα της ζωής των ανθρώπων [51]. Αν και οι προσπάθειες για εμβολιασμό των κοινωνιών υπήρξαν καρποφόρες, ο ρυθμός μετάδοσης του ιού παρέμεινε ο ίδιος [25]. Η πανδημία του Covid 19 έχει καταφέρει πλέον να αντιμετωπιστεί στον βαθμό που έχει αντιμετωπιστεί και με την βοήθεια του ΑΙ [27]. Όμως εξακολουθεί να αποτελεί σοβαρή απειλή για την υγεία των ανθρώπων καθώς έφερε στην επιφάνεια την ανάγκη για γρήγορη, ολοκληρωμένη και με ακρίβεια ηλεκτρονική περίθαλψη [2].



Εικόνα 16: Προσφορά του AIoT στην υγεία [25].

#### 4.1.1 Η αρχή της πανδημίας

Ο ιός Covid 19, ο οποίος συχνά αναφέρεται στην βιβλιογραφία και ως SARS-COV-2, άρχισε να απασχολεί την ανθρωπότητα για πρώτη φορά στα τέλη του 2019. Η επιδημία που προκλήθηκε από αυτόν τον ιό ξεκίνησε στην Γουχάν, μία πόλη της κεντρικής Κίνας [27]. Οι αρχικοί φορείς του Covid 19 φαίνεται να ήταν οι νυχτερίδες. Επομένως, ο ιός αυτός φαίνεται να μεταφέρθηκε από τα ζώα στους ανθρώπους εξ αιτίας της κατανάλωσης τους, ως τροφή. Δεδομένου ότι αυτός ο ιός ήταν καινούργιος, η ιατρική κοινότητα, οι ερευνητές αλλά και οι κυβερνήσεις δεν μπορούσαν να κατανοήσουν αρχικά την φύση του. Για τον λόγο αυτό δεν κατάφεραν και να τον περιορίσουν έγκαιρα. Έτσι, έπαψε να αποτελεί μία επιδημία και μετατράπηκε σε πανδημία η οποία απασχόλησε τελικά ολόκληρο τον πλανήτη [25]. Δεδομένα που συγκεντρώθηκαν φανερώνουν ότι από τις 22 Οκτωβρίου 2020 καταγράφηκαν πάνω από 41.000.000 διαγνωσμένα κρούσματα Covid 19, ένας πολύ μεγάλος αριθμός έχοντας ως δεδομένο ότι η εξάπλωση του ξεκίνησε μόλις το 2019. Για την καταπολέμηση του ιού χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία του AI, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Το AI όχι μόνο κατάφερε να βοηθήσει στον περιορισμό των κρουσμάτων, αλλά βοήθησε και στην εύρεση εμβολίων και φαρμάκων, τα οποία ήταν απαραίτητα για τον περιορισμό της εξάπλωσης του ιού καθώς και για την μελλοντική εξάλειψη του. Για να καταφέρουν να το κάνουν αυτό χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι προσομοίωσης όπως και διάφορα μοντέλα υπολογιστών [7]. Διάφοροι επιστήμονες του χώρου της ιατρικής υποστηρίζουν ότι τα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης δυσκολεύονται να αντιμετωπίσουν τον συγκεκριμένο ιό αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο τον αριθμό των θανάτων που προκαλούνται από τον covid 19. Για αυτό χρειάζεται να καθιερωθεί μία νέα, πιο αποτελεσματική στρατηγική τόσο για την παρακολούθηση της υγείας των ασθενών όσο και για την διαδικασία θεραπείας του [72].

#### 4.1.2 Χρήση ΑΙοΤ για την καταπολέμηση του Covid 19

Η εμφάνιση του Covid 19 προκάλεσε μεγάλες αναταραχές σε όλες τις πτυχές της ανθρώπινης ζωής. Συγκεκριμένα, οδήγησε σε πολύ υψηλό κορεσμό των νοσοκομείων και γενικότερα των εγκαταστάσεων υγείας, καθώς ο ιός αυτός προκάλεσε μεγάλα προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα όσον ανθρώπων νόσησαν από τον ιό του Covid 19 [29]. Επιπλέον, εξαιτίας της ταχύτητας με την οποία μεταδιδόταν ο συγκεκριμένος ιός, η ιατρική κοινότητα αναγκάστηκε να αξιολογεί την σοβαρότητα της κατάστασης του κάθε ασθενή, για να μπορέσει να δώσει προτεραιότητα και να αντιμετωπίσει καλύτερα τα πιο κρίσιμα και επείγοντα περιστατικά. Η επιβολή της κοινωνικής απόστασης, ή με αγγλικούς όρους, όπως συχνά αναφερόταν από τα μέσα ενημέρωσης, lock down, κατά την διάρκεια της ακόμα ενεργής πανδημίας δημιούργησε το έδαφος για την ανάπτυξη της τηλευγείας ή διαφορετικά της ηλεκτρονικής υγείας και της έξυπνης υγειονομικής περιθαλψής. Με αυτόν τον τρόπο κατάφεραν να μειώσουν τις επισκέψεις στα νοσοκομεία και ταυτόχρονα να ενισχύσουν τους ήδη επιβαρυσμένους νοσοκομειακούς πόρους και την παροχή της έγκαιρης και πλέον απομακρυσμένης φροντίδας [25]. Η χρήση της τεχνολογίας του ΑΙοΤ, όπως προαναφέρθηκε, αποτέλεσε ένα ισχυρό εργαλείο στον αγώνα για την καταπολέμηση του Covid 19. Σημαντικό χαρακτηριστικό του είναι ότι είναι πολύ επιρρεπής στις μεταλλάξεις. Το γεγονός αυτό αποτελεί μεγάλο εμπόδιο για τα εμβόλια γιατί καθώς ο ιός μεταλλάσσεται και τα εμβόλια παύουν να προσφέρουν την επιθυμητή προστασία, την οποία όμως είχαν πριν την μετάλλαξη. Ακόμα και τα πολλά υποσχόμενα εμβόλια, όπως αυτά των εταιρειών της Pfizer και της Moderna, τα οποία βασίζονται στο mRNA, φτάνουν το ποσοστό επιτυχίας του 95% αφήνοντας έτσι ένα 5% του εμβολιασμένου κόσμου να παραμένει επιρρεπής στην μόλυνση. Ενώ η ωρίμανση των φαρμάκων και των εμβολίων ευρέος φάσματος βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη, η μέγιστη χρησιμότητα των σημερινών τεχνολογικών εργαλείων βασίζεται στην μεγάλη ανάγκη για χρόνο [27]. Η χρήση της τεχνολογίας του ΑΙοΤ για την αντιμετώπιση του Covid 19 έγινε πιο εμφανής όταν πολλοί ασθενείς, οι οποίοι είχαν νοσήσει από τον συγκεκριμένο ιό, λόγω έλλειψης χώρου ή και πληροφόρησης των ιατρικών κέντρων, αναγκάστηκαν να νοσηλευτούν σε πρόχειρες εγκαταστάσεις ή με την βοήθεια της τηλε-υγείας.

Κατά την περίοδο του Covid 19 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε ένα γενικό πλαίσιο για την αξιόπιστη χρήση των συστημάτων ΑΙοΤ το οποίο βασίστηκε σε τρεις ηθικές αρχές, οι οποίες ήταν προσανατολισμένες σύμφωνα με ορισμένα θεμελιώδη δικαιώματα [29]. Οι αρχές αυτές ήταν η δίκαιη κατανομή των διαθέσιμων πόρων, λήψη δίκαιων μέτρων για την δημόσια υγεία με σεβασμό στα ατομικά δικαιώματα και τέλος, η διανομή των εμβολίων σε όλο τον πληθυσμό χωρίς καμία διάκριση. Με βάση αυτές τις τρεις ηθικές αρχές προτάθηκαν επτά απαιτήσεις για να καταφέρουν αυτές οι αρχές να γίνουν λειτουργικές. Συγκεκριμένα,

1. Ισότητα στην διανομή των εμβολίων
2. Ηθικές ερευνητικές πρακτικές
3. Ενημέρωση, συναίνεση και αυτονομία των ασθενών
4. Διαφανή και δίκαιη κατανομή των πόρων
5. Συνεργασία και αλληλεγγύη
6. Ηθικές παρεμβάσεις και συλλογική ευθύνη της δημόσιας υγείας
7. Συνεχής ηθικός προβληματισμός και μάθηση

### 4.1.3 Μέθοδοι αντιμετώπισης του Covid 19

Ενώ οι τεχνολογικές καινοτομίες ήταν πολύ σημαντικές για την αντιμετώπιση της πανδημίας του Covid 19, έγινε γρήγορα αντιληπτό ότι χρειαζόταν και άλλες πιο πρακτικές τακτικές για τον περιορισμό της εξάπλωσης του ιού. Για τον λόγο αυτό οι κοινωνίες έλαβαν τρία βασικά μέτρα, τα οποία θα αναπτυχθούν στην συνέχεια αυτού του κεφαλαίου [68].

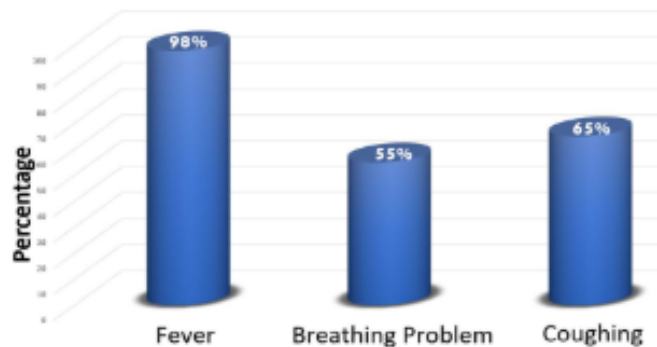
1. Έλεγχος παραβίασης της κοινωνικής απόστασης: Η διατήρηση της κοινωνικής απόστασης που είχε επιβληθεί σε όλους τους πολίτες έπρεπε να διατηρηθεί. Όμως σε περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα οι ρεσεψιόν ξενοδοχείων, τα εμπορικά κέντρα ή και οι τοπικοί αγορές τροφίμων, οι ασφάλεια τόσο των εργαζομένων όσο και των πελατών δεν ήταν εύκολο να διασφαλιστεί καθώς απαιτείται η άμεση και στενή επαφή του εργαζόμενου με τον πελάτη. Έτσι πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι με την βοήθεια καμερών αλλά και ειδικών αλγορίθμων οι οποίοι βασίζονται σε συστήματα ΑΙoT για την καλύτερη διασφάλιση της.
2. Φορητό εξοπλισμό ελέγχου για την παρακολούθηση ζωτικών ενδείξεων: Η χρήση φορητού εξοπλισμού για την διαδικασία της παρακολούθησης των ζωτικών ενδείξεων των ανθρώπων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την διαχείριση των κρουσμάτων του Covid 19, ιδίως σε περιόδους υψηλών ποσοστών μολύνσεων σε συνδυασμό με τους περιορισμένους διαθέσιμους νοσοκομειακούς πόρους. Με την βοήθεια, λοιπόν, αυτού του φορητού εξοπλισμού, πολυσύχναστα μέρη αλλά και ιδιωτικές κατοικίες είχαν την δυνατότητα να πραγματοποιούν μετρήσεις για την παρακολούθηση των ζωτικών λειτουργιών των ανθρώπων. Με αυτόν τον τρόπο ήταν πλέον εφικτό να γνωρίζουν ακριβώς την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η υγεία του κάθε ανθρώπου ξεχωριστά χωρίς να χρειάζεται η ύπαρξη κάποιου ειδικού γιατρού.
3. Σύστημα έξυπνης κάμερας για τον εντοπισμό ακατάλληλα φορεμένη μάσκα προστασίας: Τα συστήματα ΑΙoT που διαθέτουν και έξυπνες κάμερες μπορούν πολύ εύκολα να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό ακατάλληλα φορεμένων προστατευτικών масκών, παράδειγμα τέτοιων αποτελούν οι μάσκες τύπου FFP2. Τα συστήματα αυτά κάνουν χρήση ειδικών αλγορίθμων υπολογιστικής όρασης και ΑΙ για τον εντοπισμό λανθασμένης τοποθέτησης ιατρικής μάσκας προστασίας. Σε περίπτωση που το άτομο δεν καλύπτει την μύτη ή το στόμα, έχει τραβηχτεί κάτω από το πηγούνι ή την φοράει με οποιονδήποτε άλλο μη ορθό τρόπο, γίνεται επίπληξη από ένα αρμόδιο άτομο για την διασφάλιση της συνολικής ασφάλειας όλων των ανθρώπων που βρίσκονται στον ίδιο χώρο. Η εφαρμογή αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε εισόδους μαγαζιών αλλά και άλλων κλειστών εσωτερικών χώρων.

### 4.1.4 Πλεονεκτήματα χρήσης του ΑΙoT για την καταπολέμηση του Covid 19

Η έξαρση της πανδημίας του Covid 19 αποτελεί ένα παράδειγμα σύγχρονων και απρόβλεπτων σεναρίων που προκάλεσαν μεγάλες αλλαγές στον παραδοσιακό τρόπο με τον οποίο συνήθιζε να λειτουργεί ο τομέας της υγείας, ειδικότερα μετά τον πρωτοφανή κορεσμό των εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης. Η επανάσταση που έφερε στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης η εμφάνιση των τεχνολογιών του ΑΙoT ήταν πολλές. Συγκεκριμένα όμως, δημιούργησε νέες ευκαιρίες και είχε πολλά πλεονεκτήματα να προσφέρει. Πιο αναλυτικά, αύξησε την διαθεσιμότητα και την προσβασιμότητα σε διαγνώσεις και θεραπείες. Μείωσε την συχνότητα επισκεψιμότητας των ανθρώπων στα νοσοκομεία και συνεπώς την κόπωση των εργαζομένων στον συγκεκριμένο κλάδο. Επιπλέον, ελάττωσε τις πιθανότητες μόλυνσης του ιατρικού προσωπικού. Τέλος, η εφαρμογή των τεχνολογιών του ΑΙoT προσέφερε μείωση του κόστους

παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Οι τέσσερις από τις κύριες φάσεις στις οποίες χωρίζονται οι εφαρμογές αυτές για την πανδημία του Covid 19 είναι οι εξής [51]:

1. Ανίχνευση επαφών: Για την αντιμετώπιση της πανδημίας του Covid 19 ήταν πολύ σημαντικός ο περιορισμός των ανθρώπινων επαφών. Όμως, στην περίπτωση που ένα άτομο ήταν φορέας του ιού είναι απαραίτητο να υπάρχει η δυνατότητα να εντοπιστούν οι επαφές του. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι τεχνολογίες του ΑΙοΤ οι οποίες διευκολύνουν την διαδικασία αυτή.
2. Ταχεία εξέταση και έγκαιρη διάγνωση: Ο γρήγορος έλεγχος και η γρήγορη διάγνωση είναι το κλειδί για την πρόληψη της εξάπλωσης του Covid 19. Η τεχνολογία του ΑΙοΤ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομακρυσμένη παρακολούθηση και κατανόηση των αντίστοιχων συμπτωμάτων. Με άλλα λόγια να γίνεται αντιληπτή η συγκεκριμένη ασθένεια μόνο από τα συμπτώματα που εμφανίζει ο ασθενής. Παράδειγμα τέτοιων συμπτωμάτων είναι γενικά ο ξηρός βήχας, ο πυρετός, η κούραση και πιο ειδικά η απώλεια γεύσης ή όσφρησης. Μερικά πιο σπάνια συμπτώματα αποτελούν τα δερματικά εξανθήματα και ο αποχρωματισμός των άκρων του ασθενή.



Διάγραμμα 5: Συμπτώματα Covid 19 [25].

3. Απομακρυσμένη παρακολούθηση: Η απομακρυσμένη παρακολούθηση χρησιμοποιείται για την συλλογή ιατρικών δεδομένων από βιοαισθητήρες ή άλλες συσκευές ΙοΤ όταν ο ασθενής βρίσκεται έξω από το περιβάλλον παροχής ιατρικής βοήθειας. Έτσι δεν χρειάζεται ο ασθενής να βρίσκεται στον χώρο του νοσοκομείου για να συλλεχθούν κάποια δεδομένα που είναι απαραίτητα για τους γιατρούς.



Εικόνα 17: Απομακρυσμένη παρακολούθηση [36].

4. Ειδοποιήσεις: Μέσω των διάφορων συσκευών ΑΙοΤ δίνεται η δυνατότητα αποστολής ειδοποιήσεων σχετικά με την κατάσταση της υγείας του ασθενή. Έτσι, σε περιπτώσεις ανάγκης, αποστέλλονται ειδοποιήσεις στις αρχές, στους διάφορους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης και στην οικογένεια του ασθενή. Στόχος αυτών των ειδοποιήσεων είναι η όσο το δυνατόν πιο άμεση παροχή βοήθειας στο άτομο το οποίο χρήζει άμεσης βοήθειας.

#### 4.1.5 Εφαρμογές ΑΙοΤ για την καταπολέμηση του Covid 19

Με βάση τα πλεονεκτήματα του ΑΙοΤ για τον τομέα της υγείας που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, έχουν γίνει ορισμένες προσπάθειες για την ανάπτυξη ειδικών εφαρμογών για τη καταπολέμηση αυτού του ιού. Οι εφαρμογές αυτές θα περιλαμβάνουν την χρήση των εργαλείων τα οποία προσφέρει η τεχνολογία του ΑΙοΤ για τον ιό του Covid 19. Συνοπτικά, οι σημαντικότερες από αυτές αναλύονται στην συνέχεια αυτού του κεφαλαίου [5].

1. Έξυπνο σύστημα παρακολούθησης άκρων: Ο σκοπός ανάπτυξης της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι σχετικά απλός. Έξυπνοι αισθητήρες τοποθετούνται στα χέρια και στα πόδια του ασθενή για να συλλέγουν δεδομένα. Με βάση αυτά τα δεδομένα οι γιατροί έχουν την δυνατότητα να δημιουργούν μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την κατάσταση της υγείας του ασθενή και έτσι με την βοήθεια αυτών των αισθητήρων να είναι πλέον εφικτό να εντοπιστεί εάν υπάρχει ο ιός του Covid 19 στο ανθρώπινο σώμα.
2. Σύστημα απομακρυσμένης τηλεϊατρικής: Η απομακρυσμένη παροχή ιατρικής βοήθειας άνθισε κατά την περίοδο του Covid 19. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν τα συστήματα αυτά με την βοήθεια της τεχνολογίας του ΑΙοΤ. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών για απομακρυσμένη τηλεϊατρική αποτελούν τα drones. Τα drones χρησιμοποιήθηκαν για την μεταφορά, την ανταλλαγή αλλά και την χρήση ιατρικών προμηθειών χωρίς να υπάρχει ανθρώπινη επαφή. Με αυτό τον τρόπο μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό ο κίνδυνος διάδοσης του συγκεκριμένου ιού.
3. Αυτοματοποιημένο σύστημα παραλαβής φαρμάκων: Ο συνδυασμός των γραμμωτών κωδικών (barcode) με την τεχνολογία του cloud έδωσε την δυνατότητα στους ασθενείς να λαμβάνουν ιατρικές πληροφορίες. Πιο συγκεκριμένα, σαρώνοντας τον γραμμωτό κωδικό που έχουν λάβει από τον γιατρό τους ενημερώνονται σχετικά για όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται, για κάποιο φάρμακο ή για τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να λάβουν κάποια φαρμακευτική αγωγή. Με την βοήθεια του συγκεκριμένου συστήματος παραλαβής φαρμάκων μειώνεται ο χρόνος αναμονής των ασθενών στα νοσοκομεία ή στα φαρμακεία, όπως και η πιθανότητα παραλαβής λανθασμένου φαρμακευτικού σκευάσματος.

#### 4.2 Φυματίωση και ΑΙοΤ

Μια από τις πιο κοινές αιτίες θανάτου παγκοσμίως αποτελεί η φυματίωση. Η συγκεκριμένη ασθένεια είναι μία εξαιρετικά λοιμώδης πνευμονική νόσος η οποία αποτελεί συχνή αιτία θνησιμότητας σε παγκόσμιο επίπεδο. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, το 95% των ανθρώπων που νοσούν από αυτή ζουν σε υποανάπτυκτες χώρες με ανεπαρκείς πόρους υγειονομικής περίθαλψης και ιατρικές υποδομές. Όμως, μεγάλο ποσοστό των νέων κρουσμάτων που εμφανίζονται, συγκεκριμένα τα 2/3, αφορούν αναπτυσσόμενες χώρες. Τα συστήματα ανίχνευσης με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, CAD (Computer Aided Design) όπως ονομάζονται, τα οποία ήταν ήδη διαθέσιμα στην συγκεκριμένη

επιστημονική κοινότητα για την ανίχνευση της φυματίωσης, βασίζονται σε αλγόριθμους, οι οποίοι στηρίζονται με την σειρά τους σε ειδικούς κανόνες για τον εντοπισμό και την εξαγωγή σχετικών παθογόνων χαρακτηριστικών μέσα από ιατρικές εικόνες, ώστε να μπορούν να λάβουν σημαντικές ποσοτικές πληροφορίες στα αρχικά ακόμα στάδια της ασθένειας. Ωστόσο αυτές οι διαδικασίες είναι χρονοβόρες, καθώς βασίζονται κυρίως στην τεχνητή εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών. Όμως μέχρι στιγμής τα συστήματα CAD έχουν πετύχει την ανίχνευση ιατρικών ασθενειών παράγοντας μία ποικιλία διαγνωστικών λύσεων υψηλής ποιότητας ενώ επισημαίνουν προβληματικά χαρακτηριστικά των ασθενειών αυτών. Τα πιο σύγχρονα συστήματα ανίχνευσης χρησιμοποιούν τον αλγόριθμο CNN (Convolutional Neural Network), ο οποίος χρησιμοποιείται ειδικά για την ανάλυση οπτικών εικόνων, όπως είναι για παράδειγμα οι ακτινογραφίες. Συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος αυτός προτιμάται ιδιαίτερα για τον χειρισμό περίπλοκων ιατρικών ζητημάτων λόγω της εξαιρετικής ικανότητας του να εξάγει σχετικές λειτουργίες από μοναδικά χαρακτηριστικά δεδομένων στα οποία μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση οι άνθρωποι μέσω της τεχνολογίας του ΙοΤ. Πιο συγκεκριμένα, συνδέοντας μεταξύ τους τα περισσότερα αντικείμενα που βρίσκονται σε έναν χώρο με το Διαδίκτυο, η τεχνολογία του ΑΙοΤ επιτρέπει την ανίχνευση της φυματίωσης μειώνοντας την ανθρώπινη επαφή [49].

#### 4.2.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της χρήσης του ΑΙοΤ στην διάγνωση της Φυματίωσης

Τα πλεονεκτήματα που έχει η χρήση των συστημάτων ΑΙοΤ για την διαδικασία διάγνωσης της φυματίωσης είναι αρκετά καθώς προσφέρουν πιο σύγχρονες λύσεις και μεθόδους. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν και μειονεκτήματα στην χρήση τους. Στην συνέχεια αυτού του κεφαλαίου θα παρουσιαστούν τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα αυτής της χρήσης [49].

##### 4.2.1.1 Πλεονεκτήματα

1. Έγκαιρη ανίχνευση: Οι συσκευές ΑΙοΤ που χρησιμοποιούνται στην διάγνωση της φυματίωσης έχουν την δυνατότητα να μπορούν να ανιχνεύουν πρώιμα συμπτώματα όπως ο βήχας, ο πυρετός και η κόπωση, επιτρέποντας την έγκαιρη παρέμβαση των γιατρών αλλά και την θεραπεία της ασθένειας.
2. Βελτιωμένη διαγνωστική ακρίβεια: Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να αναλύουν ακτινογραφίες θώρακος αλλά και άλλες ιατρικές εικόνες με μεγάλη ακρίβεια, ανιχνεύοντας βλάβες σχετικές με την φυματίωση οι οποίες μπορούν να μην εντοπιστούν από την ανθρώπινη παρατήρηση.
3. Εξατομικευμένη θεραπεία: Τα συστήματα ΑΙοΤ παρέχουν πιο εξατομικευμένες θεραπείες στους ασθενείς μειώνοντας τις παρενέργειες και βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της θεραπείας.
4. Απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών: Μέσω της απομακρυσμένης παρακολούθησης των ασθενών διασφαλίζεται η ορθή λήψη των φαρμάκων τους, ακολουθώντας πάντα τις οδηγίες του γιατρού του ασθενή και προλαμβάνουν οποιαδήποτε πιθανή αντίσταση των ασθενών στην διαδικασία λήψης τους.

5. Ταχύτερη ανακάλυψη νέων φαρμάκων: Με την βοήθεια του ΑΙοΤ η διαδικασία εύρεσης νέων πιο σύγχρονων και αποδοτικών φαρμάκων διευκολύνεται κατά πολύ. Το ΑΙ, συγκεκριμένα, μπορεί να αναλύσει τεράστιες ποσότητες βιολογικών δεδομένων σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα επιτυγχάνοντας έτσι την ταχύτερη ανάπτυξη νέων θεραπειών για την ασθένεια της φυματίωσης.

#### 4.1.1.2 Μειονεκτήματα

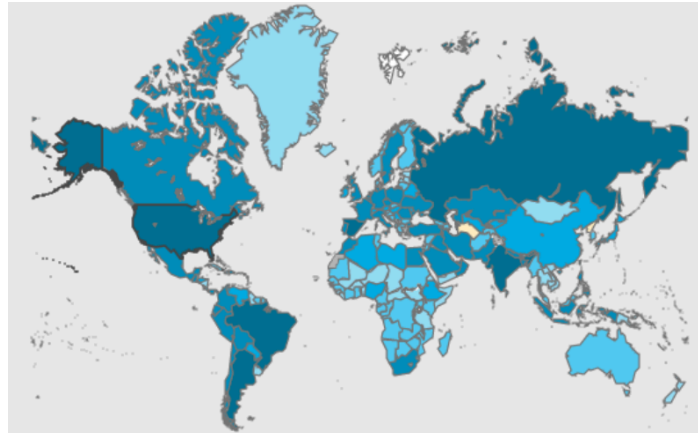
1. Ιδιωτικότητα και ασφάλεια δεδομένων: Η προστασία των ευαίσθητων δεδομένων των ασθενών είναι ζωτικής σημασίας. Για αυτό και πρέπει να διατηρηθεί η ιδιωτικότητα τους όσο το δυνατόν περισσότερο. Οι μηχανισμοί όμως που έχουν αναπτυχθεί μέχρι στιγμής δεν εξασφαλίζουν στον επιθυμητό βαθμό την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα των δεδομένων των ασθενών.
2. Δεοντολογικά ζητήματα: Είναι πολύ σημαντικό για τον τομέα της ιατρικής η διασφάλιση ότι οι αλγόριθμοι ΑΙ που χρησιμοποιούνται είναι απόλυτα αμερόληπτοι και δίκαιοι.
3. Υποδομή και συνδεσιμότητα: Η διασφάλιση αξιόπιστων υποδομών και συνδεσιμότητας των έξυπνων συσκευών που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση της φυματίωσης είναι απαραίτητα στοιχεία για τις εφαρμογές ΑΙοΤ στην υγειονομική περίθαλψη για αυτό και αποτελεί προς το παρόν μειονέκτημα.
4. Υψηλό αρχικό κόστος: Η ενσωμάτωση λύσεων ΑΙοΤ για την αντιμετώπιση των ζητημάτων που δημιουργούνται κατά την διάρκεια της θεραπείας της φυματίωσης μπορεί να είναι πολύ δαπανηρή, ιδίως σε περιβάλλοντα πολύ περιορισμένων ιατρικών πόρων.
5. Πιθανότητα λανθασμένης διάγνωσης: Οι αλγόριθμοι ΑΙ που χρησιμοποιούνται για την διάγνωση και στην θεραπεία της φυματίωσης εξαρτώνται απόλυτα από δεδομένα που δέχονται. Αυτά χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση τους και επομένως όσο καλύτερα και πιο στοχευμένα είναι αυτά τα δεδομένα τόσο καλύτερα εκπαιδεύονται και τα συστήματα ΑΙ. Εάν τα δεδομένα είναι αλλοιωμένα ή ελλιπή τότε το ΑΙ μπορεί να καταλήξει σε ανακριβής και λανθασμένες διαγνώσεις και συμπεράσματα.

Συνεπώς, η τεχνολογία του ΑΙοΤ έχει την δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά τον τρόπο διάγνωσης, θεραπείας και πρόληψης της ασθένειας της φυματίωσης. Η ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας δίνει στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης τη δυνατότητα λήψης πιο σωστά τεκμηριωμένων αποφάσεων και επιπλέον βελτιωμένα αποτελέσματα ασθενών. Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή του ΑΙοΤ στην αντιμετώπιση της φυματίωσης εξαρτάται άμεσα από την αντιμετώπιση των κρίσιμων προκλήσεων που αντιμετωπίζει ο τομέας της ιατρικής. Η προστασία της ιδιωτικής ζωής και η ασφάλεια των δεδομένων τους πρέπει να αποτελούν προτεραιότητα των γιατρών. Αφού ξεπεραστούν τα εμπόδια αυτά μπορεί η ιατρική με την βοήθεια του ΑΙοΤ να οδηγήσει σε ένα μέλλον όπου η φυματίωση θα αποτελεί πλέον παρελθόν και δεν θα είναι απειλή.

#### 4.3 Επίλογος

Μετά το ξέσπασμα της πανδημίας του Covid-19, έγινε ξεκάθαρο το ότι τα παραδοσιακά μέσα και οι υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης δεν είναι πλέον αποτελεσματικά. Έχει καταστεί σαφής η αναγκαιότητα βελτίωσης του επιπέδου αυτοματοποίησης και της απόδοσης των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης

[17]. Ο Covid 19 προκάλεσε υψηλό κορεσμό στις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης και σημαντικό ποσοστό αναπνευστικών επιπλοκών. Στην Εικόνα 18 φαίνεται ο παγκόσμιος χάρτης χρωματισμένος με διαφορετικές αποχρώσεις του μπλε. Όσο πιο σκούρη είναι η απόχρωση του μπλε τόσο μεγαλύτερο είναι και το ικό φορτίο εκείνης της περιοχής του χάρτη. Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες περιοχές που έχουν πιο ανοιχτές αποχρώσεις, οι οποίες σημαίνουν μικρότερο ικό φορτίο.



Εικόνα 18: Παγκόσμιος χάρτης εξάπλωσης του covid-19 [7].

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάστηκαν οι σημαντικές δυνατότητες της τεχνολογίας του ΑΙoT στον εκσυγχρονισμό της υγειονομικής περίθαλψης, ειδικά όσον αφορά την αντιμετώπιση των προκλήσεων που προκάλεσε η εμφάνιση του covid 19 αλλά και της φυματίωσης. Η τεχνολογία αυτή ενίσχυσε τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης με βελτιωμένες δυνατότητες ανίχνευσης ασθενειών, απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών και δίνουν την δυνατότητα έγκαιρης παρέμβασης των ειδικών σε περιπτώσεις ανάγκης. Η τεχνολογία του ΑΙoT διαθέτει όλα τα μέσα για να βελτιώσει την ζωή των ανθρώπων στις σύγχρονες κοινωνίες. Όσον αφορά την φυματίωση, η τεχνολογία αυτή προσφέρει ακριβή και αποτελεσματική διάγνωση, τονίζοντας την σημασία της διαφάνειας και της εμπιστοσύνης της υγειονομικής περίθαλψης για τις λύσεις που προσφέρει η τεχνολογία του ΑΙoT. Ενώ οι προκλήσεις για ζητήματα όπως η προστασία των προσωπικών δεδομένων παραμένουν αρκετά στον τομέα της υγείας, οι διαρκείς εξελίξεις του ΑΙoT προσφέρουν πολλά υποσχόμενες προοπτικές για το μέλλον της ώστε να είναι να μπορέσει να είναι περισσότερο προληπτική, εξατομικευμένη και προσβάσιμη σε όλους.

## Συμπεράσματα

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξέτασε δύο πολύ σημαντικές τεχνολογίες για την υγειονομική περίθαλψη. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων ή, όπως αναφέρεται κατά την διάρκεια της, IoT και της Τεχνητής Νοημοσύνης ή αλλιώς AI. Έγινε πολύ γρήγορα αντιληπτή η χρησιμότητα τους στον τομέα της υγείας, τόσο ξεχωριστά όσο και ως συνδυασμός, ο οποίος ονομάζεται Artificial Intelligence of Thing ή AIoT. Το AIoT, λοιπόν, φάνηκε ότι έχει τεράστιες δυνατότητες να προκαλέσει μεγάλη επανάσταση καθώς συνδυάζει τις δυνατότητες συλλογής δεδομένων του IoT και την δυνατότητα ανάλυσης του AI. Επιπλέον, η τεχνολογία αυτή είναι πιο αποτελεσματική σε δραστηριότητες όπως η ανίχνευση ασθενειών, η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών και η διευκόλυνση των έγκαιρων παρεμβάσεων από τους ειδικούς γιατρούς του χώρου αυτού. Παραδείγματα όπως το iMedBox, το οποίο περιγράφηκε κατά την διάρκεια αυτής της εργασίας έδειξε ότι το IoT έχει την δυνατότητα να βελτιώσει την λήψη φαρμακευτικής αγωγής των ασθενών. Επιπλέον, η τεχνολογία του AIoT έχει πολύ σημαντική θέση στην αντιμετώπιση αλλά και στην θεραπεία ασθενειών όπως ο covid 19 και η φυματίωση. Αναγνωρίστηκε έντονα σε όλη την διάρκεια αυτής της εργασίας ότι η ευρεία υιοθέτηση της τεχνολογίας αυτής εξαρτάται από την αντιμετώπιση κρίσιμων προκλήσεων όπως η ασφάλεια των δεδομένων και η προστασία της προσωπικής ζωής των ασθενών καθώς και των ηθικών προβληματισμών που υπάρχουν γύρω από αυτή. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη βιβλιογραφική εργασία διατηρεί σε όλη την διάρκεια της μία αισιόδοξη προσέγγιση για το μέλλον της χρήσης του AIoT στην υγειονομική περίθαλψη, δίνοντας μεγάλη έμφαση στην ικανότητα της να ενισχύσει τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης ώστε να προσφέρουν πιο αποτελεσματική, με κέντρο τον ασθενή και προσβάσιμη προς όλους περίθαλψη. Συνολικά, η παρούσα εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το AIoT αποτελεί μία δυνατή για την υγειονομική περίθαλψη τεχνολογία, η οποία έχει την δυνατότητα να διαμορφώσει ένα μέλλον στο οποίο θα είναι περισσότερο προληπτική, προσωποποιημένη και προσιτή σε όλους. Ωστόσο, η πραγματοποίηση αυτού του οράματος απαιτεί μία ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αντιμετώπιση των πολύπλευρων προκλήσεων που συνδέονται με την εφαρμογή της τεχνολογίας του AIoT στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

## Μελλοντική εργασία

Το μέλλον, λοιπόν, της χρήσης του ΑΙοΤ στον τομέα της υγείας είναι γεμάτο δυνατότητες με τις εξελίξεις όμως να επικεντρώνονται σε κάποιους βασικούς τομείς. Συγκεκριμένα, καθώς οι συσκευές ΑΙοΤ προβλέπεται ότι θα προχωρήσουν πέρα από την απλή συλλογή δεδομένων για την πρόβλεψη πιθανών προβλημάτων υγείας, επιτρέποντας τις προληπτικές επεμβάσεις των ειδικών γιατρών και μειώνοντας τις εισαγωγές στα νοσοκομεία και στα υπόλοιπα ιατρικά κέντρα. Με την βοήθεια του, θα ενισχυθεί ακόμα περισσότερο η εξ αποστάσεως ιατρικές συνεδρίες επιτρέποντας πιο ρεαλιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ ασθενών και γιατρών. Τα έξυπνα wearable gadgets προβλέπεται ότι θα έχουν την δυνατότητα να παρέχουν ακόμα πιο προσωποποιημένες πληροφορίες για τους χρήστες τους και ίσως να μπορέσουν να χορηγήσουν κάποια στιγμή ακόμα και φάρμακα. Με την χρήση του ΑΙοΤ στην υγεία θα γίνεται πιο ορθή κατανομή των διαθέσιμων ιατρικών πόρων και με αυτόν τον τρόπο θα βελτιωθεί και η αποδοτικότητα τους. Με λίγα λόγια, για το μέλλον του ΑΙοΤ στον τομέα της υγείας ζητούμενο αποτελεί η διασφάλιση της απρόσκοπτης ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των διαφόρων έξυπνων συσκευών το οποίο αποτελεί χαρακτηριστικό ζωτικής σημασίας για την αξιοποίηση του πλήρους δυναμικού αυτής τεχνολογίας. Το μέλλον υπόσχεται να μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο θα προλαμβάνονται, θα διαγιγνώσκονται και θα θεραπεύονται οι ασθένειες, οδηγώντας τελικά σε ένα καλύτερο μέλλον τόσο για την υγεία όλων των ατόμων αλλά και της υγειονομικής κοινότητας σε παγκόσμιο επίπεδο.

## BIBΛIOΓPAΦIA

- [1] R. C. Schank , “What Is AI, Anyway? ,” *AI Magazine Volume 8 Number 4*.
- [2]F. Alshehri and G. Muhammad, “A Comprehensive Survey of the Internet of Things (IoT) and AI-Based Smart Healthcare,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 3660–3678, 2021, doi: [10.1109/ACCESS.2020.3047960](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3047960).
- [3] W.-J. Chang, L.-B. Chen, C.-H. Hsu, C.-P. Lin, and T.-C. Yang, “A Deep Learning-Based Intelligent Medicine Recognition System for Chronic Patients,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 44441–44458, 2019, doi: [10.1109/ACCESS.2019.2908843](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2908843).
- [4] J.-H. Huh, “A framework and test bed for the single-living senior citizens care: Access and grave site monitorings,” in *2016 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, Gyeongju, South Korea: IEEE, Oct. 2016, pp. 512–517. doi: [10.1109/ICCAS.2016.7832368](https://doi.org/10.1109/ICCAS.2016.7832368).
- [5] J. Chang, H. Ong, T. Wang, and H.-H. Chen, “A Fully Automated Intelligent Medicine Dispensary System Based on AIoT,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 9, no. 23, pp. 23954–23966, Dec. 2022, doi: [10.1109/JIOT.2022.3188552](https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3188552).
- [6] J. Naveen Ananda Kumar and S. Suresh, “A Proposal of smart hospital management using hybrid Cloud, IoT, ML, and AI,” in *2019 International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, Coimbatore, India: IEEE, Jul. 2019, pp. 1082–1085. doi: [10.1109/ICCES45898.2019.9002098](https://doi.org/10.1109/ICCES45898.2019.9002098).
- [7] O. Nadeem, M. S. Saeed, M. A. Tahir, and R. Mumtaz, “A Survey of Artificial Intelligence and Internet of Things (IoT) based approaches against Covid-19,” in *2020 IEEE 17th International Conference on Smart Communities: Improving Quality of Life Using ICT, IoT and AI (HONET)*, Charlotte, NC, USA: IEEE, Dec. 2020, pp. 214–218. doi: [10.1109/HONET50430.2020.9322829](https://doi.org/10.1109/HONET50430.2020.9322829).
- [8] I. Buleje *et al.*, “A Versatile Data Fabric for Advanced IoT-Based Remote Health Monitoring,” in *2023 IEEE International Conference on Digital Health (ICDH)*, Chicago, IL, USA: IEEE, Jul. 2023, pp. 88–90. doi: [10.1109/ICDH60066.2023.00021](https://doi.org/10.1109/ICDH60066.2023.00021).
- [9] S. S. Arumugam *et al.*, “Accelerating Industrial IoT Application Deployment through Reusable AI Components,” in *2019 Global IoT Summit (GIOTS)*, Aarhus, Denmark: IEEE, Jun. 2019, pp. 1–4. doi: [10.1109/GIOTS.2019.8766398](https://doi.org/10.1109/GIOTS.2019.8766398).

- [10] I. Chiuchisan, H.-N. Costin, and O. Geman, “Adopting the Internet of Things technologies in health care systems,” in *2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)*, Iasi, Romania: IEEE, Oct. 2014, pp. 532–535. doi: [10.1109/ICEPE.2014.6969965](https://doi.org/10.1109/ICEPE.2014.6969965).
- [11] S. Pandey, A. K. Dixit, R. Bahuguna, S. V. Akram, V. Pandey, and S. Kathuria, “AI and IoT Enabled Technologies for Monitoring the Right to Health of Disabled People,” in *2022 5th International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*, Uttar Pradesh, India: IEEE, Dec. 2022, pp. 2227–2231. doi: [10.1109/IC3I56241.2022.10073046](https://doi.org/10.1109/IC3I56241.2022.10073046).
- [12] M. V. Monisha Valli and S. Sudha, “AI Based Smart Stretcher With Remote Knowledge Communication Via IoT,” in *2023 11th International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology - Signal and Information Processing (ICETET - SIP)*, Nagpur, India: IEEE, Apr. 2023, pp. 1–6. doi: [10.1109/ICETET-SIP58143.2023.10151576](https://doi.org/10.1109/ICETET-SIP58143.2023.10151576).
- [13] A. K. S, N. V, P. S, S. P, and R. R, “AI Health – IoT based Smart Medicine Box,” in *2023 2nd International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA)*, Coimbatore, India: IEEE, Jun. 2023, pp. 1–5. doi: [10.1109/ICAECA56562.2023.10200103](https://doi.org/10.1109/ICAECA56562.2023.10200103).
- [14] B. J, S. Kumar, M. Deepa, P. G, and V. Anandkumar, “AI Innovations in IoT and Machine Learning for Health Prediction Systems,” in *2023 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, Lalitpur, Nepal: IEEE, Apr. 2023, pp. 1432–1435. doi: [10.1109/ICICT57646.2023.10134238](https://doi.org/10.1109/ICICT57646.2023.10134238).
- [15] V. Lenarduzzi and M. Isomursu, “AI Living Lab: Quality Assurance for AI-based Health systems,” in *2023 IEEE/ACM 2nd International Conference on AI Engineering – Software Engineering for AI (CAIN)*, Melbourne, Australia: IEEE, May 2023, pp. 86–87. doi: [10.1109/CAIN58948.2023.00018](https://doi.org/10.1109/CAIN58948.2023.00018).
- [16] F. Firouzi, B. Farahani, M. Barzegari, and M. Daneshmand, “AI-Driven Data Monetization: The Other Face of Data in IoT-Based Smart and Connected Health,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 9, no. 8, pp. 5581–5599, Apr. 2022, doi: [10.1109/JIOT.2020.3027971](https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3027971).
- [17] X. Song, W. Pan, I. A. Ridhawi, A. Abbas, and S. Otoum, “AI-Enabled Health 4.0: An IoT-Based COVID-19 Diagnosis Use-Case,” in *GLOBECOM 2022 - 2022 IEEE Global Communications Conference*, Rio de Janeiro, Brazil: IEEE, Dec. 2022, pp. 6224–6229. doi: [10.1109/GLOBECOM48099.2022.10001016](https://doi.org/10.1109/GLOBECOM48099.2022.10001016).

- [18] I. Alvarado, “AI-enabled IoT, Network Complexity and 5G,” in *2019 IEEE Green Energy and Smart Systems Conference (IGESSC)*, Long Beach, CA, USA: IEEE, Nov. 2019, pp. 1–6. doi: [10.1109/IGESSC47875.2019.9042388](https://doi.org/10.1109/IGESSC47875.2019.9042388).
- [19] J. E. Pedi Reddy, C. N. Bhuwaneshwar, S. Palakurthi, and A. Chavan, “AI-IoT based Healthcare Prognosis Interactive System,” in *2020 IEEE International Conference for Innovation in Technology (INOCON)*, Bangluru, India: IEEE, Nov. 2020, pp. 1–5. doi: [10.1109/INOCON50539.2020.9298232](https://doi.org/10.1109/INOCON50539.2020.9298232).
- [20] C. Pattison, A. Steffen, and M. Roopaei, “An AI-Based Exergame to Assist Occupational and Physical Therapy,” in *2023 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT)*, Seattle, WA, USA: IEEE, Jun. 2023, pp. 0804–0807. doi: [10.1109/AIIoT58121.2023.10174489](https://doi.org/10.1109/AIIoT58121.2023.10174489).
- [21] R. Banu, A. Taranum, D. Kirti, M. Jagadeesh, K. S. Nagaranjini, and N. Thejaswini, “An Iot Enabled Smart Health Care Kit for Expedite Living,” in *2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS)*, Madurai, India: IEEE, May 2019, pp. 1200–1204. doi: [10.1109/ICCS45141.2019.9065329](https://doi.org/10.1109/ICCS45141.2019.9065329).
- [22] S. D. Raj and Karthiban, “Applications of Artificial Intelligence in Healthcare,” in *2022 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, Coimbatore, India: IEEE, Jan. 2022, pp. 1–2. doi: [10.1109/ICCCI54379.2022.9741057](https://doi.org/10.1109/ICCCI54379.2022.9741057).
- [23] Vasudevan. B, V. Karuppasamy. D. M, and Uppuliappan. M, “Artificial Intelligence (AI) Based Interactive Smart Robot for Elderly People Health Monitoring System,” in *2023 International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics (ACCAI)*, Chennai, India: IEEE, May 2023, pp. 1–7. doi: [10.1109/ACCAI58221.2023.10201135](https://doi.org/10.1109/ACCAI58221.2023.10201135).
- [24] R. Kejriwal and Mohana, “Artificial Intelligence (AI) in Medicine and Modern Healthcare Systems,” in *2022 International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS)*, Trichy, India: IEEE, Nov. 2022, pp. 25–31. doi: [10.1109/ICAISS55157.2022.10010939](https://doi.org/10.1109/ICAISS55157.2022.10010939).
- [25] J. I. Khan, J. Khan, F. Ali, F. Ullah, J. Bacha, and S. Lee, “Artificial Intelligence and Internet of Things (AI-IoT) Technologies in Response to COVID-19 Pandemic: A Systematic Review,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 62613–62660, 2022, doi: [10.1109/ACCESS.2022.3181605](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3181605).

- [26] M. V. S. Reddy, R. S. Prasad, R. S. Jagan, and M. Selvi, “Artificial intelligence for IoT-based Healthcare System,” in *2023 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, Coimbatore, India: IEEE, Jan. 2023, pp. 1–5. doi: [10.1109/ICCCI56745.2023.10128392](https://doi.org/10.1109/ICCCI56745.2023.10128392).
- [27] A. Sharma and R. Kumar, “Artificial Intelligence in Health Care Sector and Future Scope,” in *2023 International Conference on Innovative Data Communication Technologies and Application (ICIDCA)*, Uttarakhand, India: IEEE, Mar. 2023, pp. 210–214. doi: [10.1109/ICIDCA56705.2023.10100220](https://doi.org/10.1109/ICIDCA56705.2023.10100220).
- [28] S. Baker and W. Xiang, “Artificial Intelligence of Things for Smarter Healthcare: A Survey of Advancements, Challenges, and Opportunities,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 25, no. 2, pp. 1261–1293, 2023, doi: [10.1109/COMST.2023.3256323](https://doi.org/10.1109/COMST.2023.3256323).
- [29] H. Allahabadi *et al.*, “Assessing Trustworthy AI in Times of COVID-19: Deep Learning for Predicting a Multiregional Score Conveying the Degree of Lung Compromise in COVID-19 Patients,” *IEEE Trans. Technol. Soc.*, vol. 3, no. 4, pp. 272–289, Dec. 2022, doi: [10.1109/TTS.2022.3195114](https://doi.org/10.1109/TTS.2022.3195114).
- [30] A. Sheth, U. Jaimini, K. Thirunarayan, and T. Banerjee, “Augmented personalized health: How smart data with IoTs and AI is about to change healthcare,” in *2017 IEEE 3rd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI)*, Modena: IEEE, Sep. 2017, pp. 1–6. doi: [10.1109/RTSI.2017.8065963](https://doi.org/10.1109/RTSI.2017.8065963).
- [31] C. Bandara, A. D. Sandanayake, Y. Kodithuwakku, and V. Logeeshan, “Automated Medicinal-Pill Dispenser with Cellular and Wi-Fi IoT Integration,” in *2022 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT)*, Seattle, WA, USA: IEEE, Jun. 2022, pp. 01–07. doi: [10.1109/AIIoT54504.2022.9817226](https://doi.org/10.1109/AIIoT54504.2022.9817226).
- [32] R. Salama, F. Al-Turjman, P. Chaudhary, and S. P. Yadav, “(Benefits of Internet of Things (IoT) Applications in Health care - An Overview),” in *2023 International Conference on Computational Intelligence, Communication Technology and Networking (CICTN)*, Ghaziabad, India: IEEE, Apr. 2023, pp. 778–784. doi: [10.1109/CICTN57981.2023.10141452](https://doi.org/10.1109/CICTN57981.2023.10141452).

- [33] P. Dineshkumar, R. SenthilKumar, K. Sujatha, R. S. Ponmagal, and V. N. Rajavarman, “Big data analytics of IoT based Health care monitoring system,” in *2016 IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Computer and Electronics Engineering (UPCON)*, Varanasi, India: IEEE, 2016, pp. 55–60. doi: [10.1109/UPCON.2016.7894624](https://doi.org/10.1109/UPCON.2016.7894624).
- [34] S. Arora, B. Garg, and A. Sharma, “Cloud-IoT Based ‘Multi-Disease Health Care System’ for Multiple-Users Using Prediction Approach on Edge Devices,” in *2022 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCCom/Cy55231.2022.9927885)*, Falerna, Italy: IEEE, Sep. 2022, pp. 1–6. doi: [10.1109/DASC/PiCom/CBDCCom/Cy55231.2022.9927885](https://doi.org/10.1109/DASC/PiCom/CBDCCom/Cy55231.2022.9927885).
- [35] L. Gupta, “Collaborative Edge-Cloud AI for IoT Driven Secure Healthcare System,” in *2023 IEEE International Systems Conference (SysCon)*, Vancouver, BC, Canada: IEEE, Apr. 2023, pp. 1–8. doi: [10.1109/SysCon53073.2023.10131082](https://doi.org/10.1109/SysCon53073.2023.10131082).
- [36] A. Kadu and M. Singh, “Comparative Analysis of e-Health Care Telemedicine System Based on Internet of Medical Things and Artificial Intelligence,” in *2021 2nd International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*, Trichy, India: IEEE, Oct. 2021, pp. 1768–1775. doi: [10.1109/ICOSEC51865.2021.9591941](https://doi.org/10.1109/ICOSEC51865.2021.9591941).
- [37] C. Vuppalapati, A. Ilapakurthi, S. Kedari, J. Vuppalapati, S. Kedari, and R. Vuppalapati, “Democratization of AI, Albeit Constrained IoT Devices & Tiny ML, for Creating a Sustainable Food Future,” in *2020 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT)*, San Jose, CA, USA: IEEE, Mar. 2020, pp. 525–530. doi: [10.1109/ICICT50521.2020.00089](https://doi.org/10.1109/ICICT50521.2020.00089).
- [38] G. A. R, Y. P. Singh, and N. S. Narawade, “Design Of Fog Computing System For Health Care Applications Based On IoT,” in *2022 3rd International Conference for Emerging Technology (INCET)*, Belgaum, India: IEEE, May 2022, pp. 1–4. doi: [10.1109/INCET54531.2022.9825347](https://doi.org/10.1109/INCET54531.2022.9825347).
- [39] J. V. Alamelu and A. Mythili, “Design of IoT based generic health care system,” in *2017 International conference on Microelectronic Devices, Circuits and Systems (ICMDCS)*, Vellore: IEEE, Aug. 2017, pp. 1–4. doi: [10.1109/ICMDCS.2017.8211698](https://doi.org/10.1109/ICMDCS.2017.8211698).

- [40] H. M. Ishtiaq Salehin, Q. R. Anjum Joy, F. T. Zuhra Aparna, A. T. Ridwan, and R. Khan, “Development of an IoT based Smart Baby Monitoring System with Face Recognition,” in *2021 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT)*, Seattle, WA, USA: IEEE, May 2021, pp. 0292–0296. doi: [10.1109/AIIoT52608.2021.9454187](https://doi.org/10.1109/AIIoT52608.2021.9454187).
- [41] M. R. Lima *et al.*, “Discovering Behavioral Patterns Using Conversational Technology for In-Home Health and Well-Being Monitoring,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 10, no. 21, pp. 18537–18552, Nov. 2023, doi: [10.1109/JIOT.2023.3290833](https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3290833).
- [42] F. M. Pérez, I. L. Fonseca, J. V. B. Martínez, and A. Maciá-Fiteni, “Distributed Architecture for an Elderly Accompaniment Service Based on IoT Devices, AI, and Cloud Services,” *IEEE MultiMedia*, vol. 30, no. 1, pp. 17–27, Jan. 2023, doi: [10.1109/MMUL.2022.3206398](https://doi.org/10.1109/MMUL.2022.3206398).
- [43] S. B. Calo, M. Touna, D. C. Verma, and A. Cullen, “Edge computing architecture for applying AI to IoT,” in *2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, Boston, MA: IEEE, Dec. 2017, pp. 3012–3016. doi: [10.1109/BigData.2017.8258272](https://doi.org/10.1109/BigData.2017.8258272).
- [44] J. P. Queralta, T. N. Gia, H. Tenhunen, and T. Westerlund, “Edge-AI in LoRa-based Health Monitoring: Fall Detection System with Fog Computing and LSTM Recurrent Neural Networks,” in *2019 42nd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, Budapest, Hungary: IEEE, Jul. 2019, pp. 601–604. doi: [10.1109/TSP.2019.8768883](https://doi.org/10.1109/TSP.2019.8768883).
- [45] N. Ahmad, R. P. George, and R. Jahan, “Emerging trends in IoT for categorized health care,” 2019.
- [46] C.-C. Wei, C.-W. Chen, and L.-C. Hung, “Establish a smart healthcare system with AIIoT for Chinese Medicine,” in *2022 10th International Conference on Orange Technology (ICOT)*, Shanghai, China: IEEE, Nov. 2022, pp. 1–5. doi: [10.1109/ICOT56925.2022.10008112](https://doi.org/10.1109/ICOT56925.2022.10008112).
- [47] A. O. Ugwu, X. Gao, J. O. Ugwu, and V. Chang, “Ethical Implications of AI in Healthcare Data: A Case Study Using Healthcare Data Breaches from the US Department of Health and Human Services Breach Portal between 2009-2021,” in *2022 International Conference on Industrial IoT, Big Data and Supply Chain (IIoTBDSC)*, Beijing, China: IEEE, Sep. 2022, pp. 343–349. doi: [10.1109/IIoTBDSC57192.2022.00070](https://doi.org/10.1109/IIoTBDSC57192.2022.00070).

- [48] A. Rahman and Md. G. Rabiul Alam, “Explainable AI based Maternal Health Risk Prediction using Machine Learning and Deep Learning,” in *2023 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT)*, Seattle, WA, USA: IEEE, Jun. 2023, pp. 0013–0018. doi: [10.1109/AIIoT58121.2023.10174540](https://doi.org/10.1109/AIIoT58121.2023.10174540).
- [49] Z. S. Ameen, A. Saleh Mubarak, C. Altrjman, S. Alturjman, and R. A. Abdulkadir, “Explainable Residual Network for Tuberculosis Classification in the IoT Era,” in *2021 International Conference on Forthcoming Networks and Sustainability in AIoT Era (FoNeS-AIoT)*, Nicosia, Turkey: IEEE, Dec. 2021, pp. 9–12. doi: [10.1109/FoNeS-AIoT54873.2021.00012](https://doi.org/10.1109/FoNeS-AIoT54873.2021.00012).
- [50] S. M. A. A. Abir, M. Abuibaid, J. S. Huang, and Y. Hong, “Harnessing 5G Networks for Health Care: Challenges and Potential Applications,” in *2023 International Conference on Smart Applications, Communications and Networking (SmartNets)*, Istanbul, Turkiye: IEEE, Jul. 2023, pp. 1–6. doi: [10.1109/SmartNets58706.2023.10215757](https://doi.org/10.1109/SmartNets58706.2023.10215757).
- [51] F. Firouzi *et al.*, “Harnessing the Power of Smart and Connected Health to Tackle COVID-19: IoT, AI, Robotics, and Blockchain for a Better World,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 16, pp. 12826–12846, Aug. 2021, doi: [10.1109/JIOT.2021.3073904](https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3073904).
- [52] R. K. Mallidi, M. Sharma, and S. P. Mallidi, “Health Care Monitoring Application using IoT Devices,” in *2022 4th International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N)*, Greater Noida, India: IEEE, Dec. 2022, pp. 2413–2417. doi: [10.1109/ICAC3N56670.2022.10074172](https://doi.org/10.1109/ICAC3N56670.2022.10074172).
- [53] B. Wen *et al.*, “Health Guardian Platform: A technology stack to accelerate discovery in Digital Health research,” in *2022 IEEE International Conference on Digital Health (ICDH)*, Barcelona, Spain: IEEE, Jul. 2022, pp. 40–46. doi: [10.1109/ICDH55609.2022.00015](https://doi.org/10.1109/ICDH55609.2022.00015).
- [54] V. S. Siu *et al.*, “Health Guardian: Using Multi-modal Data to Understand Individual Health,” in *2023 IEEE International Conference on Digital Health (ICDH)*, Chicago, IL, USA: IEEE, Jul. 2023, pp. 65–74. doi: [10.1109/ICDH60066.2023.00019](https://doi.org/10.1109/ICDH60066.2023.00019).

- [55] G. Ji, C. Msigwa, D. Bernard, G. Lee, J. Woo, and J. Yun, “Health24: Health-related Data Collection from Wearable and Mobile Devices in Everyday Lives,” in *2023 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)*, Jeju, Korea, Republic of: IEEE, Feb. 2023, pp. 336–337. doi: [10.1109/BigComp57234.2023.00074](https://doi.org/10.1109/BigComp57234.2023.00074).
- [56] C. Raj, C. Jain, and W. Arif, “HEMAN: Health monitoring and nous: An IoT based e-health care system for remote telemedicine,” in *2017 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, Chennai: IEEE, Mar. 2017, pp. 2115–2119. doi: [10.1109/WiSPNET.2017.8300134](https://doi.org/10.1109/WiSPNET.2017.8300134).
- [57] J. U. Knickerbocker *et al.*, “Heterogeneous Integration Technology Demonstrations for Future Healthcare, IoT, and AI Computing Solutions,” in *2018 IEEE 68th Electronic Components and Technology Conference (ECTC)*, San Diego, CA: IEEE, May 2018, pp. 1519–1528. doi: [10.1109/ECTC.2018.00231](https://doi.org/10.1109/ECTC.2018.00231).
- [58] I. Garcia-Magarino, R. Muttukrishnan, and J. Lloret, “Human-Centric AI for Trustworthy IoT Systems With Explainable Multilayer Perceptrons,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 125562–125574, 2019, doi: [10.1109/ACCESS.2019.2937521](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2937521).
- [59] K. Sundaramoorthy, G. Senthilkumar, P. V, V. Shanmugasundaram, T. Karthikeyan, and S. Pundir, “Hybrid Smart Home based on AI and IoT with Complex Interwoven Activities for Cognitive Health Assessment and Monitoring,” in *2022 5th International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*, Uttar Pradesh, India: IEEE, Dec. 2022, pp. 2044–2048. doi: [10.1109/IC3I56241.2022.10072505](https://doi.org/10.1109/IC3I56241.2022.10072505).
- [60] D. Hua, N. Petrina, N. Young, J.-G. Cho, and S. K. Poon, “Implementing AI-based Computer-Aided Diagnosis for Radiological Detection of Tuberculosis: A Multi-Stage Health Technology Assessment,” in *2023 IEEE International Conference on Digital Health (ICDH)*, Chicago, IL, USA: IEEE, Jul. 2023, pp. 353–355. doi: [10.1109/ICDH60066.2023.00059](https://doi.org/10.1109/ICDH60066.2023.00059).
- [61] K. Kumar, S. Chaudhary, H. Anandaram, R. Kumar, A. Gupta, and K. Joshi, “Industry 4.0 and Health Care System with special reference to Mental Health,” in *2023 1st International Conference on Intelligent Computing and Research Trends (ICRT)*, Roorkee, India: IEEE, Feb. 2023, pp. 1–5. doi: [10.1109/ICRT57042.2023.10146640](https://doi.org/10.1109/ICRT57042.2023.10146640).

- [62] J.-C. Liao and C.-Y. Ho, "Intelligence IoT(Internal of Things) Telemedicine Health Care Space System for the Elderly Living Alone," in *2019 IEEE Eurasia Conference on Biomedical Engineering, Healthcare and Sustainability (ECBIOS)*, Okinawa, Japan: IEEE, May 2019, pp. 13–14. doi: [10.1109/ECBIOS.2019.8807821](https://doi.org/10.1109/ECBIOS.2019.8807821).
- [63] S. K. Dhar, S. S. Bhunia, and N. Mukherjee, "Interference Aware Scheduling of Sensors in IoT Enabled Health-Care Monitoring System," in *2014 Fourth International Conference of Emerging Applications of Information Technology*, Kolkata, India: IEEE, Dec. 2014, pp. 152–157. doi: [10.1109/EAIT.2014.50](https://doi.org/10.1109/EAIT.2014.50).
- [64] O. Al-Mahmud, K. Khan, R. Roy, and F. Mashuque Alamgir, "Internet of Things (IoT) Based Smart Health Care Medical Box for Elderly People," in *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)*, Belgaum, India: IEEE, Jun. 2020, pp. 1–6. doi: [10.1109/INCET49848.2020.9153994](https://doi.org/10.1109/INCET49848.2020.9153994).
- [65] M. Dhinakaran, P. Deepthi, A. Kalpana, A. Gehlot, A. Asiya, and B. Swathi, "Internet of Things-Based Sensible Health Nursing Care Facility for Emergency Medical Care," in *2023 3rd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)*, Greater Noida, India: IEEE, May 2023, pp. 1302–1306. doi: [10.1109/ICACITE57410.2023.10182769](https://doi.org/10.1109/ICACITE57410.2023.10182769).
- [66] L. A. Tawalbeh, H. Tawalbeh, H. Song, and Y. Jararweh, "Intrusion and attacks over mobile networks and cloud health systems," in *2017 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)*, Atlanta, GA: IEEE, May 2017, pp. 13–17. doi: [10.1109/INFCOMW.2017.8116345](https://doi.org/10.1109/INFCOMW.2017.8116345).
- [67] M. Naveed, S. M. Usman, M. I. Satti, S. Aleshaiker, and A. Anwar, "Intrusion Detection in Smart IoT Devices for People with Disabilities," in *2022 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*, Pafos, Cyprus: IEEE, Sep. 2022, pp. 1–5. doi: [10.1109/ISC255366.2022.9921991](https://doi.org/10.1109/ISC255366.2022.9921991).
- [68] T. Evariste, K. Mtonga, K. Jayavel, P. Bamurigire, and W. Kasakula, "IoT and AI Technological Empowered Covid-19 Control Approaches," in *2023 International Conference on*

*Computational Intelligence and Sustainable Engineering Solutions (CISES)*, Greater Noida, India: IEEE, Apr. 2023, pp. 716–721. doi: [10.1109/CISES58720.2023.10183448](https://doi.org/10.1109/CISES58720.2023.10183448).

[69] D. Bandhana and N. A. Sharma, “IoT and its Significance on Smart Technologies in the Health Sector - An Extensive Review,” in *2022 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE)*, Gold Coast, Australia: IEEE, Dec. 2022, pp. 1–8. doi: [10.1109/CSDE56538.2022.10089253](https://doi.org/10.1109/CSDE56538.2022.10089253).

[70] A. Shrivastava, D. Chauhan, P. Negi, N. Jain, H. Chauhan, and S. Singh, “IOT Based Clinical Data Set Formation Model for Smart Health Care Application,” in *2022 3rd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*, London, United Kingdom: IEEE, Apr. 2022, pp. 605–609. doi: [10.1109/ICIEM54221.2022.9853184](https://doi.org/10.1109/ICIEM54221.2022.9853184).

[71] T. Parbat, R. S. Benhal, and H. Jain, “IoT Based Health Care Data Monitoring Using Machine Learning,” in *2022 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS)*, Erode, India: IEEE, Apr. 2022, pp. 282–286. doi: [10.1109/ICSCDS53736.2022.9760770](https://doi.org/10.1109/ICSCDS53736.2022.9760770).

[72] M. M. S. Choyon, M. Rahman, Md. M. Kabir, and M. F. Mridha, “IoT based Health Monitoring & Automated Predictive System to Confront COVID-19,” in *2020 IEEE 17th International Conference on Smart Communities: Improving Quality of Life Using ICT, IoT and AI (HONET)*, Charlotte, NC, USA: IEEE, Dec. 2020, pp. 189–193. doi: [10.1109/HONET50430.2020.9322811](https://doi.org/10.1109/HONET50430.2020.9322811).

[73] Y. Kodithuwakku, A. D. Sandanayake, C. Bandara, and V. Logeeshan, “IoT Based Healthcare Kit for Domestic Usage,” in *2022 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT)*, Seattle, WA, USA: IEEE, Jun. 2022, pp. 760–765. doi: [10.1109/AIIoT54504.2022.9817235](https://doi.org/10.1109/AIIoT54504.2022.9817235).

[74] L. Hou, J. Latif, P. Mehryar, A. Zulfiqur, S. Withers, and A. Plastropoulos, “IoT Based Smart Wheelchair for Elderly Healthcare Monitoring,” in *2021 IEEE 6th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS)*, Chengdu, China: IEEE, Apr. 2021, pp. 917–921. doi: [10.1109/ICCCS52626.2021.9449273](https://doi.org/10.1109/ICCCS52626.2021.9449273).