



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΝΟΜΙΚΗΣ

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΔΙΚΑΙΟ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

**SMART HEALTH/HOSPITAL ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ (AI)**

Διπλωματική Εργασία

του

Κωνσταντίνου Σωτηρίου Πετρά

Θεσσαλονίκη, 03/2024

Κωνσταντίνος Σωτήριος Πετράς

**SMART HEALTH/HOSPITAL ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ (ΑΙ)**

Κωνσταντίνος Σωτήριος Πετράς

Πτυχίο Νομικής Plovdiv University Paisii Hilendarski, 2017

Διπλωματική Εργασία

υποβαλλόμενη για τη μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΑΙΟ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ**

Επιβλέπων Καθηγητής:  
Κωνσταντίνος Ψάννης

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 04/03/2024

Κωνσταντίνος Ψάννης

Μιχάλης Μαντάς

Στέλιος Ξυνόγαλος

.....

.....

.....

Κωνσταντίνος Σωτήριος Πετράς



## Περίληψη

Με την παρούσα εργασία προτείνεται ένα "μοντέλο υπηρεσιών" με την χρήση του smart technology και συγκεκριμένα του Internet of Things (IoT), του δικτύου 5G και της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) με την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων και συστημάτων ελέγχου, τα οποία βασίζονται σε "clouds", προς όφελος των ασθενών αλλά και εκτενέστερα (δυναμικά) όλου του συστήματος υγείας. Αυτό το "μοντέλο υπηρεσιών" μέσω του Internet of Things (IoT), του δικτύου 5G και της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) μπορεί να είναι μια καλή αντικατάσταση του συμβατικού συστήματος που καθορίζει την σημερινή εποχή της υγείας με σύγχρονες μεθόδους.

*Λέξεις κλειδιά: 5G, IoT, Εφαρμογές, Telemedicine, Διαδίκτυο των πραγμάτων, Εφαρμογές IoT, Προκλήσεις IoT. μελλοντικές τεχνολογίες, Έξυπνες πόλεις. έξυπνο περιβάλλον, έξυπνη γεωργία, έξυπνη διαβίωση, 5G, millimeter wave (mmW), μαζική πολλαπλή είσοδος και πολλαπλή έξοδος (MIMO), μικρή κυψέλη, φορητός υπολογισμός άκρων (MEC), διαμόρφωση δέσμης, μηχανική μάθηση, Τεχνητή νοημοσύνη, Επιστήμη δεδομένων, Προηγμένη ανάλυση, Ευφυής Υπολογισμός, Αυτοματισμός, Έξυπνα συστήματα, Εφαρμογές βιομηχανίας 4.0*

## Abstract

This paper proposes a "service model" using smart technology, specifically the Internet of Things (IoT), the 5G network and the Artificial Intelligence (AI) with the development of database management systems and control systems, which are based in "clouds", for the benefit of patients but also more extensively (potentially) of the entire health system. This "service model" through the Internet of Things (IoT), the 5G network and the Artificial Intelligence (AI) can be a good replacement of the conventional system that defines today's era of health with modern methods.

**Keywords: 5G, IoT, Applications, Telemedicine, Internet of Things, IoT Applications, IoT Challenges. future technologies, Smart cities. smart environment, smart agriculture, smart living, 5G, millimeter wave (mmW), massive multiple input multiple output (MIMO), small cell, portable edge computing (MEC), beamforming, machine learning, artificial intelligence, data science, advanced analytics, Intelligent Computing, Automation, Intelligent systems, Industry 4.0 applications**



## **Ευχαριστίες**














Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους διδάσκοντες καθηγητές μου τόσο για τις γνώσεις που μου εμφύσησαν, όσο και για τα ερεθίσματα που μου προσέφεραν στη διαδρομή των μεταπτυχιακών σπουδών μου στο Δίκαιο και Πληροφορική.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Ψάννη για το ερέθισμα που μου έδωσε ώστε να επιλέξω το θέμα της Διπλωματικής μου εργασίας, την καθοδήγηση και τις συμβουλές κατά τη διάρκεια της συγγραφής της, μέχρι και την ολοκλήρωση της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθειά τους σε όλο αυτό το ταξίδι των Μεταπτυχιακών σπουδών μου.

## Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή.....	8
2 Internet of Things (IOT): Προκλήσεις έρευνας και μελλοντικές εφαρμογές.....	9
2.1 Εισαγωγή.....	9
2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΙοΤ.....	10
2.2.1 Έξυπνες πόλεις.....	10
2.2.2 Υγειονομική περίθαλψη.....	11
2.2.3 Έξυπνη Γεωργία και Διαχείριση Υδάτων.....	12
2.2.4 Έξυπνη Διαβίωση.....	13
2.3 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΙΟΤ.....	13
2.3.1 Απόρρητο και ασφάλεια.....	13
2.3.2 Επεξεργασία, Ανάλυση και Διαχείριση Δεδομένων.....	14
2.3.3 Πρωτόκολλα επικοινωνίας και επικοινωνίας M2M (από μηχανή σε μηχανή).....	15
2.3.4 Διαλειτουργικότητα.....	15
2.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	16
3. ΔΙΚΤΥΑ 5G.....	16
3.1 Περίληψη.....	16
3.2 Εισαγωγή – Δίκτυα 5G.....	17
3.3 Εξέλιξη από 1G σε 5G.....	17
3.4 Εφαρμογές 5G.....	21
3.4.1 Ψυχαγωγία και πολυμέσα:.....	22
3.4.2 Internet of Things.....	23
3.4.3 Έξυπνα σπίτια.....	23
3.4.4 Έξυπνες πόλεις:.....	23
3.4.5 Βιομηχανικό ΙοΤ:.....	23
3.4.6 Έξυπνη γεωργία:.....	23
3.4.7 Αυτόνομη οδήγηση:.....	23
3.4.8 Υγειονομική περίθαλψη και κρίσιμες εφαρμογές:.....	24
3.4.9 Δορυφορικό Διαδίκτυο:.....	24
3.5 Τι είναι το 5G.....	24
 Μεγαλύτερη χωρητικότητα.....	25
 Χαμηλότερη καθυστέρηση.....	25

 Υψηλότερη συχνότητα.....	26
 Network Slicing .....	26
 Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT).....	26
3.6 Ιστορική Αναδρομή του δικτύου 5G.....	27
3.7 Millimeter Wave .....	28
 Πολυμορφική μετάδοση (Massive MIMO) .....	28
<input type="checkbox"/> Ενσωμάτωση Cloud-Service .....	29
 Προηγμένη Διαμόρφωση .....	29
 Προηγμένες πρωτοβουλίες ασφάλειας .....	30
 Μηχανική Μάθηση & Τεχνητή Νοημοσύνη .....	31
 Καλύτερη επικοινωνία .....	31
 Βιομηχανικός Αυτοματισμός.....	31
 Εργασία από απόσταση .....	31
 Ψηφιακή Καινοτομία.....	31
 Προηγμένα Analytics.....	32
 Βελτιωμένη ασφάλεια και πρόληψη απάτης.....	32
3.8 Το μέλλον του 5G & η άνοδος του 6G.....	32
4. ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ- ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) .....	34
4.1 Περίληψη.....	34
4.2 Εισαγωγή.....	34
4.3 Η επανάσταση της τεχνητής νοημοσύνης .....	37
4.4 Κατανόηση διαφόρων τύπων τεχνητής νοημοσύνης.....	38
4.5 Η σχέση του AI με το ML και το DL .....	39
4.6 Ιστορική Αναδρομή.....	41
4.7 Data driven AI.....	43
4.8 Ο βασικός πυλώνας του machine learning .....	44
4.9 Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης με βάση τα δεδομένα .....	45
4.10 Περιορισμοί της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	45
4.11 Strong AI.....	45
4.12 Προκλήσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	46
5. AI στην Υγεία.....	47
5.1 Μηχανική Μάθηση.....	48
5.2 Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας.....	49
5.3 Εμπειρικά συστήματα που βασίζονται σε κανόνες .....	49
5.4 Εφαρμογές διάγνωσης και θεραπείας.....	50
5.5 Διοικητικές εφαρμογές.....	50
5.6 Προκλήσεις για την Τεχνητή Νοημοσύνη στην Υγεία.....	51

5.7 Εφαρμογές ΑΙ.....	52
5.8 Το δίκτυο 5G και τις απαιτήσεις του.....	55
6. ΙΟΤ - 5G - ΑΙ Στο χώρο της Υγείας.....	56
6.1 Ανάγκη για 5G στην υγειονομική περίθαλψη.....	57
6.2 Στόχοι έρευνας.....	57
6.3 Έξυπνα κύρια χαρακτηριστικά της τεχνολογίας 5G για την υγειονομική περίθαλψη .....	58
6.4 Πυλώνες της τεχνολογίας 5G για την υγειονομική περίθαλψη.....	60
6.5 Εφαρμογές τεχνολογίας 5G για την υγειονομική περίθαλψη.....	63
6.6 Συζήτηση.....	70
6.7 Προκλήσεις του 5G.....	71
6.8 Μελλοντικό πεδίο εφαρμογής.....	72
6.9 Συμπέρασμα.....	73
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	73



## 1 Εισαγωγή

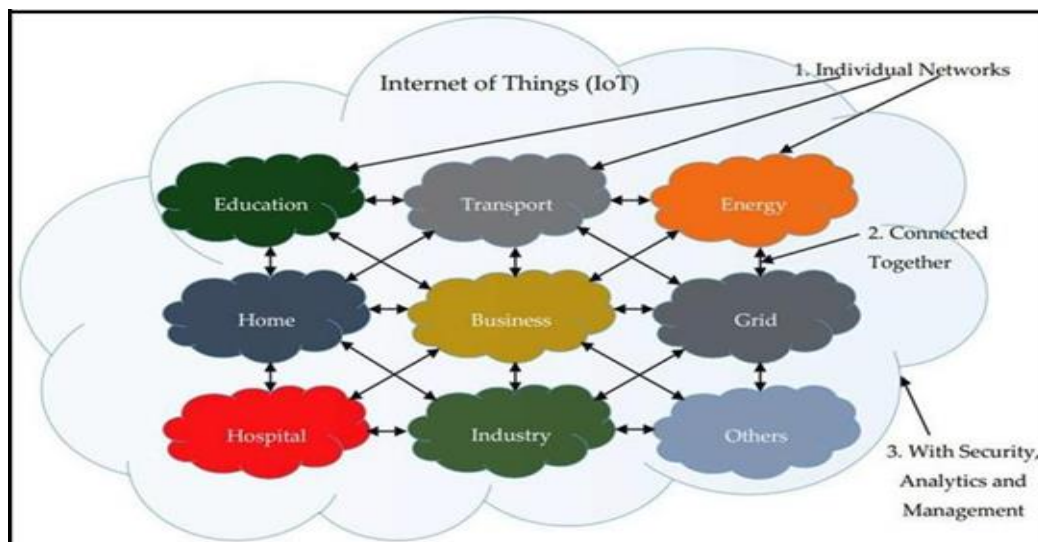
Η υγειονομική περίθαλψη είναι μία από τις κύριες προτεραιότητες σε κάθε χώρα και είναι συνυφασμένη με την αύξηση του πληθυσμού, το προσδόκιμο όριο της ζωής αλλά και την ποιότητά της. Σήμερα, αρκετά από τα προβλήματα που ταλανίζουν τον κλάδο της υγείας οφείλονται σε έλλειψη δυναμικού προσωπικού αλλά και απαραίτητων εργαλείων περίθαλψης στα νοσοκομεία με αποτέλεσμα να μην αντιμετωπίζονται έγκαιρα επείγουσες καταστάσεις ανθρώπων που ασθενούν. Επίσης, η συμφόρηση στους χώρους υγείας που συμβαίνει λόγω της αναμονής πολλών ασθενών να εξυπηρετηθούν από το εκάστοτε προσωπικό δημιουργεί κινδύνους στην υγεία των ανθρώπων. Το IoT και το δίκτυο 5G θα μπορούσαν να συνεισφέρουν τα μέγιστα στον τομέα της υγείας. Θα μπορούσαν να λύσουν προβλήματα γραφειοκρατίας αλλά και να αντιμετωπίσουν επείγουσες καταστάσεις με αποτελεσματικότητα. Εφαρμογές όπως, αισθητήρες οι οποίοι όντες συνδεδεμένοι στο σώμα του ανθρώπου, θα μπορούσαν ανά πάσα στιγμή να λαμβάνουν στοιχεία για την υγεία του (monitoring), τα δεδομένα να αποθηκεύονται στο δίκτυο (cloud) και σε περίπτωση επιδείνωσης της υγείας να αποστέλλουν τα αποτελέσματα στο κοντινότερο νοσοκομείο ή κλινική, από όπου και θα ελάμβανε την περίθαλψη ο ασθενής με συνέπεια την ομαλή και άριστη λειτουργία των χώρων υγείας αλλά και την γρήγορη εξυπηρέτηση των ασθενών. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιούνται από ένα έξυπνο ρολόι χειρός, από μια έξυπνη μπλούζα αλλά και από ένα έξυπνο κινητό που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος. Θα μπορούσε να μετράται η αρτηριακή πίεση και οι παλμοί της καρδιάς από τους αισθητήρες στο ρολόι, η συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα από το κινητό μέσω μιας κάμερας λέιζερ, οι ώρες άσκησης και ύπνου, η ποιότητα του ύπνου και η αναπνοή, από την μπλούζα και πολλά άλλα. Τέλος, έξυπνες συσκευές θα μπορούσαν να ειδοποιούν τον ασθενή ώστε να λάβει το εκάστοτε φάρμακο που του έχει συνταγογραφηθεί στην ώρα του, αλλά και σε περίπτωση μη λήψης του φαρμάκου ή λήψης διαφορετικού είδους φαρμάκου, να ειδοποιούν τον ιατρό του, ο οποίος θα επέμβει και θα ελέγξει την υγεία του ασθενούς.

## 2 Internet of Things (IOT): Προκλήσεις έρευνας και μελλοντικές εφαρμογές

### 2.1 Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο μπορεί να περιγραφεί ως το δίκτυο επικοινωνίας που συνδέει άτομα με πληροφορίες, ενώ το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) είναι ένα διασυνδεδεμένο σύστημα διακριτικής διεύθυνσης φυσικών στοιχείων με διάφορους βαθμούς επεξεργασίας, ανίχνευσης και ενεργοποίησης ικανοτήτων που μοιράζονται την ικανότητα διαλειτουργικότητας και επικοινωνούν μέσω του Διαδικτύου ως κοινή τους πλατφόρμα [1]. Έτσι, ο κύριος στόχος του Διαδικτύου των Πραγμάτων είναι να καταστήσει δυνατή τη σύνδεση αντικειμένων με άλλα αντικείμενα, άτομα, ανά πάσα στιγμή ή οπουδήποτε χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε δίκτυο, διαδρομή ή υπηρεσία. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) θεωρείται σταδιακά ως η επόμενη φάση στην εξέλιξη του Διαδικτύου. Το IoT θα καταστήσει δυνατή τη σύνδεση συνηθισμένων συσκευών με το διαδίκτυο προκειμένου να επιτευχθούν αμέτρητοι διαφορετικοί στόχοι.

Καθώς το Διαδίκτυο συνεχίζει να εξελίσσεται, έχει γίνει κάτι περισσότερο από ένα απλό δίκτυο υπολογιστών, ενώ το IoT χρησιμεύει ως δίκτυο διαφόρων «συνδεδεμένων» συσκευών, ένα δίκτυο δικτύων [2], όπως φαίνεται στο Σχ. 1. Σήμερα, συσκευές όπως smartphone, οχήματα, βιομηχανικά συστήματα, κάμερες, παιχνίδια, κτίρια, οικιακές συσκευές, και άλλα μπορούν όλα να μοιράζονται πληροφορίες μέσω του Διαδικτύου. Ανεξάρτητα από τα μεγέθη και τις λειτουργίες τους, αυτές οι συσκευές μπορούν να πραγματοποιήσουν έξυπνες εργασίες όπως, εντοπισμό, εντοπισμό θέσης, έλεγχο, παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και έλεγχο διαδικασιών. Τα τελευταία χρόνια, υπήρξε μια σημαντική διάδοση συσκευών με δυνατότητα Διαδικτύου. Παρόλο που το πιο σημαντικό εμπορικό του αποτέλεσμα έχει παρατηρηθεί στον τομέα των ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης, δηλ. ιδιαίτερα η επανάσταση των smartphone και το ενδιαφέρον για φορητές συσκευές (ρολόγια, ακουστικά, κ.λπ.), η σύνδεση ανθρώπων έχει γίνει απλώς ένα κομμάτι μιας μεγαλύτερης κίνησης προς τη σύνδεση του ψηφιακού και του φυσικού κόσμου.



## 2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΙοΤ

Οι πιθανές εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων δεν είναι μόνο πολυάριθμες, αλλά και αρκετά διαφορετικές, καθώς διεισδύουν σχεδόν σε όλες τις πτυχές της καθημερινής ζωής των ατόμων, των θεσμών και της κοινωνίας. Οι εφαρμογές του ΙοΤ καλύπτουν ευρείες περιοχές όπως ο βιομηχανικός τομέας, ο τομέας της υγείας, η γεωργία, οι έξυπνες πόλεις, η ασφάλεια και οι καταστάσεις έκτακτης ανάγκης μεταξύ πολλών άλλων[3].

### 2.2.1 Έξυπνες πόλεις

Το ΙοΤ διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη βελτίωση της 'ευφυΐας' των πόλεων και στη βελτίωση της γενικής υποδομής. Ορισμένοι από τους τομείς εφαρμογής του ΙοΤ στη δημιουργία έξυπνων πόλεων περιλαμβάνουν: έξυπνα συστήματα μεταφορών [5], έξυπνα κτίρια, κυκλοφοριακή συμφόρηση [5, 6] διαχείριση απορριμμάτων [7], έξυπνος φωτισμός, έξυπνος χώρος στάθμευσης και αστικοί χάρτες. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικές λειτουργίες όπως: παρακολούθηση των διαθέσιμων χώρων στάθμευσης εντός της πόλης, παρακολούθηση κραδασμών καθώς και υλικών συνθηκών γεφυρών και κτιρίων, τοποθέτηση συσκευών παρακολούθησης ήχου σε ευαίσθητα σημεία των πόλεων, καθώς και παρακολούθηση των επιπέδων πεζών και οχημάτων. Το ΙοΤ με δυνατότητα Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση, τον έλεγχο και τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης σε Έξυπνες Πόλεις [4]. Επιπλέον, το ΙοΤ επιτρέπει την εγκατάσταση έξυπνου και προσαρμοζόμενου στις καιρικές συνθήκες οδικού φωτισμού και ανίχνευσης απορριμμάτων και δοχείων απορριμμάτων, τηρώντας καρτέλες τα χρονοδιαγράμματα συλλογής απορριμμάτων. Οι έξυπνοι αυτοκινητόδρομοι μπορούν να παρέχουν προειδοποιητικά μηνύματα και σημαντικές

πληροφορίες, όπως απροσδόκητα περιστατικά, κυκλοφοριακή συμφόρηση και ατυχήματα.

Η εφαρμογή του IoT για την επίτευξη έξυπνων πόλεων θα απαιτούσε τη χρήση αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων και αισθητήρων. Μερικές από τις ήδη αναπτυγμένες εφαρμογές σε αυτόν τον τομέα είναι το Smart home και οι λειτουργίες Smart Santander. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, ορισμένες μεγάλες πόλεις όπως η Βοστώνη έχουν σχέδια για το πώς να εφαρμόσουν το Διαδίκτυο των Πραγμάτων στα περισσότερα από τα συστήματά τους, όπως μετρητές στάθμευσης, φώτα δρόμου και σχάρες αποχέτευσης, είναι όλα προγραμματισμένα να διασυνδεθούν και να συνδεθούν στο διαδίκτυο. Τέτοιες εφαρμογές θα προσφέρουν σημαντικές αλλαγές όσον αφορά την εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας.

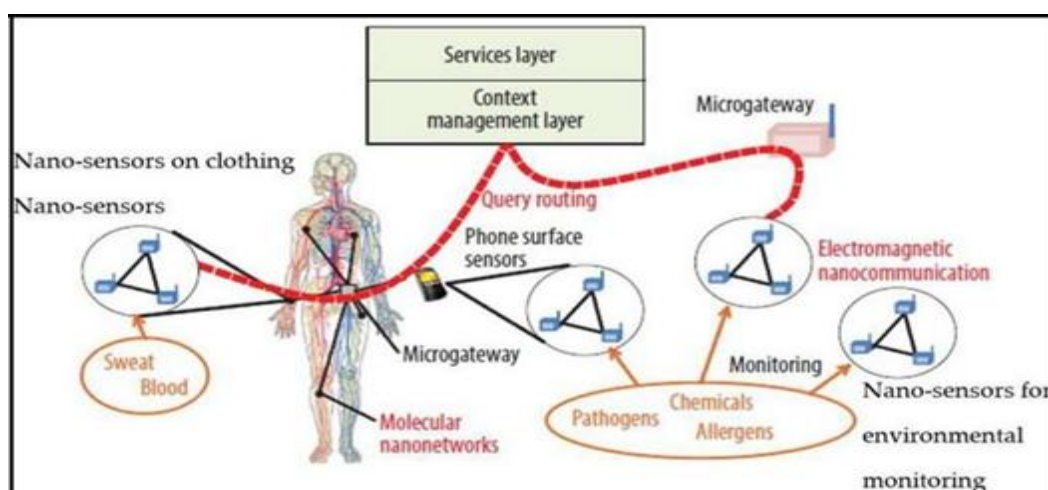
## 2.2.2 Υγειονομική περίθαλψη

Τα περισσότερα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης σε πολλές χώρες είναι αναποτελεσματικά, αργά και επιρρεπή σε σφάλματα. Αυτό μπορεί εύκολα να αλλάξει, καθώς ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης βασίζεται σε πολλές δραστηριότητες και συσκευές που μπορούν να αυτοματοποιηθούν και να βελτιωθούν μέσω της τεχνολογίας. Η πρόσθετη τεχνολογία που μπορεί να διευκολύνει διάφορες λειτουργίες, όπως η κοινή χρήση αναφορών σε πολλά άτομα και τοποθεσίες, η τήρηση αρχείων και η χορήγηση φαρμάκων θα συνέβαλλε πολύ στην αλλαγή του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης [8].

Πολλά από τα οφέλη που προσφέρει η εφαρμογή IoT στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης κατηγοριοποιούνται περισσότερο σε παρακολούθηση ασθενών, ιατρικού προσωπικού και αντικειμένων, καθώς και έλεγχο ταυτότητας ατόμων και αυτόματη συλλογή δεδομένων. Η ροή εργασιών στο νοσοκομείο μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά μόλις παρακολουθηθεί η ροή των ασθενών. Επιπλέον, ο έλεγχος ταυτότητας και η αναγνώριση παθήσεων μειώνουν τα περιστατικά που μπορεί να είναι επιβλαβή για τους ασθενείς. Επιπλέον, η αυτόματη συλλογή και μετάδοση δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας, τη μείωση των χρονοδιαγραμμάτων επεξεργασίας εντύπων, τον αυτοματοποιημένο έλεγχο διαδικασιών καθώς και τη διαχείριση ιατρικού αποθέματος. Οι συσκευές αισθητήρων επιτρέπουν λειτουργίες που επικεντρώνονται στους ασθενείς, ιδιαίτερα στη διάγνωση καταστάσεων και στη χρήση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τους δείκτες υγείας των ασθενών [4].

Οι τομείς εφαρμογής σε αυτόν τον τομέα περιλαμβάνουν: να είναι σε θέση να παρακολουθεί τη συμμόρφωση ενός ασθενούς με συνταγές, λύσεις τηλεϊατρικής και ειδοποιήσεις για την ευημερία των ασθενών. Ως εκ τούτου, αισθητήρες μπορούν να εφαρμοστούν σε εξωτερικούς και εσωτερικούς ασθενείς, οδοντιατρικές συσκευές Bluetooth και οδοντόβουρτσες που μπορούν να δώσουν πληροφορίες μετά τη χρήση τους και την επιτήρηση του ασθενούς. Άλλα στοιχεία του IoT σε αυτήν την ικανότητα περιλαμβάνουν: RFID, Bluetooth και Wi-Fi μεταξύ άλλων. Αυτά θα βελτιώσουν σημαντικά τις τεχνικές μέτρησης και παρακολούθησης κρίσιμων λειτουργιών όπως η αρτηριακή πίεση, η θερμοκρασία, ο καρδιακός ρυθμός, η γλυκόζη στο αίμα, τα επίπεδα χοληστερόλης και πολλές άλλες.

Οι εφαρμογές του Internet of Things (IoT) και του Internet of Everything (IoE) επεκτείνονται περαιτέρω μέσω της υλοποίησης του Internet of Nano-Things (IoNT) [2]. Η έννοια του IoNT, όπως υποδηλώνει το όνομα, κατασκευάζεται με την ενσωμάτωση νανο-αισθητήρων σε διάφορα αντικείμενα (πράγματα) χρησιμοποιώντας δίκτυα Nano. Η ιατρική εφαρμογή, όπως φαίνεται στο Σχ. 2, είναι ένα από τα κύρια σημεία εστίασης των υλοποιήσεων IoNT. Η εφαρμογή του IoNT στο ανθρώπινο σώμα, για σκοπούς θεραπείας, διευκολύνει την πρόσβαση σε δεδομένα από in situ μέρη του σώματος που ήταν μέχρι τώρα προσβάσιμα από ή με τη χρήση αυτών των ιατρικών οργάνων που είναι ενσωματωμένα με ογκώδες μέγεθος αισθητήρα. Έτσι, το IoNT θα επιτρέψει τη συλλογή νέων ιατρικών δεδομένων, οδηγώντας σε νέες ανακαλύψεις και καλύτερες διαγνώσεις.



### 2.2.3 Έξυπνη Γεωργία και Διαχείριση Υδάτων

Το IoT έχει την ικανότητα να ενισχύσει τον τομέα της γεωργίας μέσω της εξέτασης της υγρασίας και συστατικών του εδάφους. Επίσης θα επέτρεπε τον έλεγχο και τη διατήρηση της ποσότητας των βιταμινών που βρίσκονται στα γεωργικά προϊόντα και θα ρυθμίσει τις συνθήκες μικροκλίματος προκειμένου να αξιοποιηθεί στο έπακρο η παραγωγή λαχανικών και φρούτων και η ποιότητά τους. Επιπλέον, η μελέτη των καιρικών συνθηκών επιτρέπει την πρόβλεψη πληροφοριών για πάγο, ξηρασία,

αλλαγές ανέμου, βροχή ή χιόνι, ελέγχοντας έτσι τα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας για την πρόληψη μυκήτων καθώς και άλλων μικροβίων.

Όσον αφορά τα βοοειδή, το IoT μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό ζώων που βόσκουν σε ανοιχτές τοποθεσίες, στην ανίχνευση επιβλαβών αερίων από περιττώματα ζώων σε φάρμες, καθώς και στον έλεγχο των συνθηκών ανάπτυξης στους απογόνους για ενίσχυση των πιθανοτήτων υγείας και επιβίωσης κ.λπ. Επιπλέον, μέσω της εφαρμογής του IoT στη γεωργία, πολλές σπατάλες και αλλοιώσεις μπορούν να αποφευχθούν μέσω κατάλληλων τεχνικών παρακολούθησης και διαχείρισης ολόκληρου του γεωργικού τομέα. Οδηγεί επίσης σε καλύτερο έλεγχο της ηλεκτρικής ενέργειας και του νερού.

## 2.2.4 Έξυπνη Διαβίωση

Σε αυτόν τον τομέα, το IoT μπορεί να εφαρμοστεί σε συσκευές τηλεχειρισμού, όπου κάποιος μπορεί να ενεργοποιήσει και να απενεργοποιήσει εξ αποστάσεως συσκευές, αποτρέποντας τα ατυχήματα και εξοικονομώντας ενέργεια [1, 2]. Άλλες έξυπνες οικιακές συσκευές περιλαμβάνουν ψυγεία εξοπλισμένα με οθόνες LCD (οθόνη υγρών κρυστάλλων), που επιτρέπουν σε κάποιον να γνωρίζει τι είναι διαθέσιμο μέσα, τι έχει μείνει και σχεδόν λήγει, καθώς και τι χρειάζεται να ξαναγεμιστεί. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν επίσης να συνδεθούν με μια εφαρμογή smartphone, επιτρέποντας σε κάποιον να έχει πρόσβαση όταν βρίσκεται έξω από το σπίτι και επομένως να αγοράσει ό,τι χρειάζεται. Επιπλέον, τα πλυντήρια ρούχων μπορούν να επιτρέψουν σε κάποιον να παρακολουθεί εξ αποστάσεως τα ρούχα. Επιπλέον, μια μεγάλη γκάμα συσκευών κουζίνας μπορεί να συνδεθεί μέσω ενός smartphone, καθιστώντας έτσι δυνατή τη ρύθμιση της θερμοκρασίας, όπως στην περίπτωση ενός φούρνου. Μερικοί φούρνοι που διαθέτουν δυνατότητα αυτοκαθαρισμού μπορούν επίσης να παρακολουθούνται εύκολα. Όσον αφορά την ασφάλεια στο σπίτι, το IoT μπορεί να εφαρμοστεί μέσω συστημάτων συναγερμού και μπορούν να εγκατασταθούν κάμερες για την παρακολούθηση και τον εντοπισμό ανοιγμάτων παραθύρων ή θυρών, αποτρέποντας τους εισβολείς [2].

## 2.3 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΙΟΤ

### 2.3.1 Απόρρητο και ασφάλεια

Λόγω του γεγονότος ότι το IoT έχει καταστεί ζωτικό στοιχείο όσον αφορά το μέλλον του Διαδικτύου με την αυξημένη χρήση του, καθιστά αναγκαίες τις λειτουργίες ασφάλειας. Επιπλέον, τα θεμέλια του IoT τίθενται στα υπάρχοντα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN), επομένως το IoT κληρονομεί αρχιτεκτονικά τα ίδια ζητήματα απορρήτου και ασφάλειας που έχει το WSN [2, 9]. Διάφορες επιθέσεις και αδυναμίες

στα συστήματα IoT αποδεικνύουν ότι υπάρχει πράγματι ανάγκη για σχέδια ασφαλείας ευρείας κλίμακας που θα προστατεύουν δεδομένα και συστήματα από άκρη σε άκρη. Πολλές επιθέσεις γενικά εκμεταλλεύονται τις αδυναμίες σε συγκεκριμένες συσκευές, αποκτώντας έτσι πρόσβαση στα συστήματά τους και κατά συνέπεια καθιστούν τις ασφαλείς συσκευές ευάλωτες [10, 11]. Αυτό το κενό ασφαλείας παρακινεί περαιτέρω ολοκληρωμένες λύσεις ασφάλειας που συνίστανται σε έρευνα που είναι αποτελεσματική στην εφαρμοσμένη κρυπτογραφία για την ασφάλεια δεδομένων και συστημάτων, τεχνικές μη κρυπτογραφικής ασφάλειας καθώς και πλαίσια που βοηθούν τους προγραμματιστές να δημιουργήσουν ασφαλή συστήματα σε συσκευές που είναι ετερογενείς.

Εκτός από τις πτυχές προστασίας και ασφάλειας του IoT, θα πρέπει επίσης να ενσωματωθούν πρόσθετοι τομείς όπως το απόρρητο στην επικοινωνία, η αξιοπιστία και η αυθεντικότητα των μερών επικοινωνίας και η ακεραιότητα των μηνυμάτων και οι συμπληρωματικές απαιτήσεις ασφάλειας. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά όπως η δυνατότητα αποτροπής επικοινωνίας διαφόρων μερών. Για παράδειγμα, στις επιχειρηματικές συναλλαγές, τα έξυπνα αντικείμενα πρέπει να εμποδίζονται να διευκολύνουν την πρόσβαση των ανταγωνιστών σε εμπιστευτικές πληροφορίες στις συσκευές και, επομένως, να χρησιμοποιούν αυτές τις πληροφορίες με κακόβουλο τρόπο.

### **2.3.2 Επεξεργασία, Ανάλυση και Διαχείριση Δεδομένων**

Η διαδικασία επεξεργασίας, ανάλυσης και διαχείρισης δεδομένων είναι εξαιρετικά δύσκολη λόγω της ετερογενούς φύσης του IoT και της μεγάλης κλίμακας δεδομένων που συλλέγονται, ιδιαίτερα σε αυτήν την εποχή των Big Data [12]. Επί του παρόντος, τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν κεντρικά συστήματα για τη μεταφόρτωση δεδομένων και την εκτέλεση εργασιών σε μια διεθνή πλατφόρμα cloud. Ωστόσο, υπάρχει συνεχής ανησυχία σχετικά με το ότι οι συμβατικές αρχιτεκτονικές cloud δεν είναι αποτελεσματικές όσον αφορά τη μεταφορά των τεράστιων όγκων δεδομένων που παράγονται και καταναλώνονται από συσκευές με δυνατότητα IoT και ότι μπορούν να υποστηρίξουν περαιτέρω το συνοδευτικό υπολογιστικό φορτίο [13]. Ως εκ τούτου, τα περισσότερα συστήματα βασίζονται σε τρέχουσες λύσεις, όπως το φορητό υπολογιστικό νέφος.

Η ανάλυση δεδομένων και το πλαίσιο της όχι μόνο διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην επιτυχία του IoT, αλλά θέτουν επίσης μεγάλες προκλήσεις. Μόλις συλλεχθούν τα δεδομένα, πρέπει να χρησιμοποιηθούν έξυπνα προκειμένου να επιτευχθούν έξυπνες λειτουργίες IoT. Αντίστοιχα, η ανάπτυξη μεθόδων μηχανικής μάθησης και αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, που προκύπτουν από νευρωνικές εργασίες, γενετικούς αλγόριθμους, εξελικτικούς αλγόριθμους και πολλά άλλα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης είναι ουσιαστικής σημασίας για την επίτευξη αυτοματοποιημένης λήψης αποφάσεων.

### **2.3.3 Πρωτόκολλα επικοινωνίας και επικοινωνίας M2M (από μηχανή σε μηχανή).**

Ενώ υπάρχουν ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα επικοινωνίας προσαρμοσμένα στο IoT, όπως το Πρωτόκολλο Περιορισμένης Εφαρμογής (CoAP) και η Μεταφορά Τηλεμετρίας στην Ουρά Μηνυμάτων (MQTT), δεν υπάρχει ακόμη πρότυπο για ανοιχτό IoT. Παρόλο που όλα τα αντικείμενα απαιτούν συνδεσιμότητα, δεν είναι απαραίτητο για κάθε αντικείμενο να είναι ικανό στο Διαδίκτυο, καθώς χρειάζεται μόνο να έχουν μια συγκεκριμένη δυνατότητα για να τοποθετήσουν τα δεδομένα τους σε μια συγκεκριμένη πύλη. Επιπλέον, υπάρχουν πολλές επιλογές όσον αφορά τις κατάλληλες ασύρματες τεχνολογίες όπως το LoRa, το IEEE 802.15.4 και το Bluetooth, παρόλο που δεν είναι σαφές εάν αυτές οι διαθέσιμες ασύρματες τεχνολογίες έχουν την απαιτούμενη χωρητικότητα για να συνεχίσουν να καλύπτουν το ευρύ φάσμα της συνδεσιμότητας IoT στο εξής. .

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας για συσκευές είναι η κινητήρια δύναμη στην πραγματοποίηση εφαρμογών IoT και αποτελούν την κύρια υποστήριξη της ροής δεδομένων μεταξύ των αισθητήρων και των φυσικών αντικειμένων ή του εξωτερικού κόσμου. Ενώ έχουν προβληθεί διάφορα πρωτόκολλα MAC για πολλούς τομείς με πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας, πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χρόνου και πολλαπλή πρόσβαση με αίσθηση φέροντος (FDMA, TDMA και CSMA) για χαμηλή απόδοση κυκλοφορίας χωρίς σύγκρουση, απαιτούνται περισσότερα κυκλώματα σε κόμβους αντίστοιχα. Οι κύριοι στόχοι του επιπέδου μεταφοράς περιλαμβάνουν τη διασφάλιση αξιοπιστίας από άκρο σε άκρο καθώς και την εκτέλεση από άκρο σε άκρο ελέγχου της συμφοράρησης. Από αυτή την άποψη, τα περισσότερα πρωτόκολλα δεν μπορούν να συνεργαστούν με την κατάλληλη αξιοπιστία από άκρο σε άκρο [14].

### **2.3.4 Διαλειτουργικότητα**

Παραδοσιακά, όσον αφορά το Διαδίκτυο, η διαλειτουργικότητα ήταν πάντα και συνεχίζει να είναι μια βασική θεμελιώδης αξία, επειδή η αρχική προϋπόθεση της συνδεσιμότητας στο Διαδίκτυο απαιτεί τα «συνδεδεμένα» συστήματα να έχουν τη δυνατότητα να «μιλούν παρόμοια γλώσσα» όσον αφορά τις κωδικοποιήσεις και τα πρωτόκολλα. Επί του παρόντος, διάφορες βιομηχανίες χρησιμοποιούν μια ποικιλία προτύπων για την υποστήριξη των εφαρμογών τους. Λόγω των μεγάλων ποσοτήτων και τύπων δεδομένων, καθώς και των ετερογενών συσκευών, η χρήση τυπικών διεπαφών σε τέτοιες διαφορετικές οντότητες είναι πολύ σημαντική και ακόμη πιο σημαντική για εφαρμογές που υποστηρίζουν πολλαπλές οργανώσεις, εκτός από ένα ευρύ φάσμα περιορισμών του συστήματος. Ως εκ τούτου, τα συστήματα IoT προορίζονται να σχεδιαστούν για να χειρίζονται ακόμη υψηλότερους βαθμούς διαλειτουργικότητας [15].



## 2.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το IoT μπορεί καλύτερα να περιγραφεί ως ένα CAS (Σύνθετο Προσαρμοστικό Σύστημα) που θα συνεχίσει να εξελίσσεται, απαιτώντας έτσι νέες και καινοτόμες μορφές μηχανικής λογισμικού, μηχανικής συστημάτων, διαχείρισης έργων, καθώς και πολλών άλλων κλάδων για την περαιτέρω ανάπτυξη και τη διαχείρισή του το επόμενο διάστημα. χρόνια. Οι τομείς εφαρμογής του IoT είναι αρκετά διαφορετικοί ώστε να μπορούν να εξυπηρετούν διαφορετικούς χρήστες, οι οποίοι με τη σειρά τους έχουν διαφορετικές ανάγκες. Η τεχνολογία εξυπηρετεί τρεις κατηγορίες χρηστών, άτομα, την κοινωνία ή τις κοινότητες και τους θεσμούς. Όπως συζητήθηκε στην ενότητα εφαρμογών αυτής της ερευνητικής εργασίας, το IoT έχει χωρίς αμφιβολία μια τεράστια ικανότητα να είναι μια τρομερά μεταμορφωτική δύναμη, η οποία θα επηρεάσει θετικά εκατομμύρια ζωές παγκοσμίως, και σε κάποιο βαθμό το κάνει ήδη. Σύμφωνα με το [16], αυτό έχει γίνει ακόμη πιο εμφανές, καθώς διαφορετικές κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο έχουν δείξει ενδιαφέρον για την ιδέα του IoT παρέχοντας περισσότερη χρηματοδότηση στον τομέα που προορίζεται να διευκολύνει την περαιτέρω έρευνα.

## 3. ΔΙΚΤΥΑ 5G

### 3.1 Περίληψη

Στην ασύρματη επικοινωνία, η τεχνολογία πέμπτης γενιάς (5G) είναι μια πρόσφατη γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Σε κάθε εξέλιξη, αντιμετωπίστηκαν πολλαπλές προκλήσεις που αποτυπώθηκαν με τη βοήθεια δικτύων κινητής τηλεφωνίας επόμενης γενιάς. Μεταξύ όλων των προηγούμενων δικτύων κινητής τηλεφωνίας, το 5G παρέχει μια διευκόλυνση Διαδικτύου υψηλής ταχύτητας, οποτεδήποτε, οπουδήποτε και για όλους. Το 5G είναι ελαφρώς διαφορετικό λόγω των νέων χαρακτηριστικών του, όπως η διασύνδεση ανθρώπων, ο έλεγχος συσκευών, αντικειμένων και μηχανών. Το σύστημα κινητής τηλεφωνίας 5G θα φέρει διαφορετικά επίπεδα απόδοσης και δυνατοτήτων, τα οποία θα χρησιμεύσουν ως νέες εμπειρίες χρήστη. Επομένως, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πού μπορεί η επιχείρηση να αξιοποιήσει τα οφέλη του 5G. Σε αυτό το ερευνητικό άρθρο, παρατηρήθηκε ότι η εκτεταμένη έρευνα και ανάλυση ξεδιπλώνει διαφορετικές πτυχές, συγκεκριμένα, κύμα χιλιοστών (mmWave), μαζική πολλαπλών εισόδων και πολλαπλών εξόδων (Massive-MIMO), μικρή κυψέλη, υπολογισμός κινητής ακμής (MEC), διαμόρφωση δέσμης, διαφορετική τεχνολογία

κεραιών, κ.λπ. Ο κύριος στόχος αυτού του άρθρου είναι να επισημάνει μερικές από τις πιο πρόσφατες βελτιώσεις που έγιναν στο κινητό σύστημα 5G και να συζητήσει τους μελλοντικούς ερευνητικούς του στόχους.

### 3.2 Εισαγωγή – Δίκτυα 5G

Μέσα σε τρεις δεκαετίες, σημειώθηκε ταχεία ανάπτυξη στον τομέα της ασύρματης επικοινωνίας σχετικά με τη μετάβαση του 1G σε 4G [ 17 , 18 ]. Η κύρια απαίτηση πίσω από αυτήν την έρευνα ήταν οι απαιτήσεις υψηλού εύρους ζώνης και πολύ χαμηλής καθυστέρησης. Το 5G παρέχει υψηλό ρυθμό δεδομένων, βελτιωμένη ποιότητα υπηρεσιών (QoS), χαμηλή καθυστέρηση, υψηλή κάλυψη, υψηλή αξιοπιστία και οικονομικά προσιτές υπηρεσίες. Το 5G παρέχει υπηρεσίες που κατηγοριοποιούνται σε τρεις κατηγορίες: (1) **Ενισχυμένο Mobile Broadband** (eMBB), το οποίο έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ταχύτερες ροές δεδομένων, καλύτερο εύρος ζώνης (Bandwidth), καλύτερη αξιοπιστία, χαμηλότερο λανθάνοντα χρόνο (Latency) και αξιοσημείωτη λειτουργία πολυμέσων όπως: ροή βίντεο, παιχνίδι σε πραγματικό χρόνο και λειτουργία εικονικής πραγματικότητας. (2) **Enhanced Machine-Type Communication** (eMTC) το οποίο υποστηρίζει συνδέσεις έως και ενός εκατομμυρίου συσκευών ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Η εξαιρετική εμβέλεια με την επίσης ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, συνιστά τεράστια αρωγή στα συστήματα IoT. (3) **Ultra-reliable Low-Latency Communication** (URLLC) προσφέρει χαμηλή καθυστέρηση και εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία, πλούσια ποιότητα υπηρεσιών (QoS), κάτι που δεν είναι δυνατό με την παραδοσιακή αρχιτεκτονική δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Το URLLC έχει δημιουργηθεί για να λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο, χωρίς καθυστέρηση, σε εφαρμογές όπως, η εξ αποστάσεως χειρουργική επέμβαση, η επικοινωνία μηχανής με μηχανή (M2M), η βιομηχανία 4.0, τα έξυπνα συστήματα πλοήγησης οχημάτων κ.λπ. [19].

### 3.3 Εξέλιξη από 1G σε 5G

Πρώτη γενιά (1G): Το δίκτυο 1G έκανε την εμφάνιση του το 1979 στην Ιαπωνία και λειτουργούσε αναλογικά όπως ένα σταθερό τηλέφωνο. Οι χρήστες λοιπόν δεν ήταν δυνατό να λαμβάνουν γραπτά μηνύματα, παρά μόνο κλήσεις, ενώ η μέγιστη ταχύτητα του δικτύου ήταν 2,4 Kbps.

Δεύτερη γενιά (2G): Το δίκτυο 2G, κυκλοφόρησε για πρώτη φορά στη Φινλανδία το 1991. Εισάγει για πρώτη φορά την ψηφιακή τεχνολογία στο δίκτυο κυψελών βοηθώντας έτσι στη βελτίωση των ηχητικών κλήσεων. Επιπλέον, γίνεται δυνατή η αποστολή και η λήψη γραπτών μηνυμάτων (SMS) όπου επεκτείνονται σε μηνύματα πολυμέσων (MMS). Εισάγονται οι έννοιες της Πολλαπλής Πρόσβασης Διαίρεσης Κώδικα (CDMA) και του Παγκόσμιου Συστήματος για Κινητά (GSM). Τέλος, η μέγιστη ταχύτητα του δικτύου ήταν 1 Mbps.

Τρίτη γενιά (3G): Το δίκτυο 5G έφερε την επανάσταση στο χώρο των ασύρματων δικτύων. Πλέον οι χρήστες απολαμβάνουν υψηλότερη ποιότητα ηχητικών κλήσεων, υψηλότερες ταχύτητες δικτύου και λαμβάνουν μέρος στον κόσμο των βιντεοκλήσεων με την τεχνολογία HSPA/HSPA+. Τέλος έγινε χρήση της τεχνολογίας Massive Input Massive Output (MIMO) για την αύξηση της ισχύος του δικτύου.

Τέταρτη Γενιά (4G): Το δίκτυο 4G είναι ένα ευρυζωνικό πρότυπο για κινητές συσκευές. Στην ψηφιακή ασύρματη επικοινωνία, παρατηρήθηκε ρυθμός πληροφοριών που αναβαθμίστηκε από 20 σε 60 Mbps στο 4G [20]. Λειτουργεί σε τεχνολογίες LTE και WiMAX, καθώς και παρέχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης έως 100 Mhz. Εισήχθη στην αγορά το 2010.

LTE-A τέταρτης γενιάς (4.5G): Είναι μια προηγμένη έκδοση του τυπικού 4G LTE. Το LTE-A χρησιμοποιεί τεχνολογία MIMO για να συνδυάζει πολλαπλές κεραιές τόσο για πομπούς όσο και για δέκτη. Χρησιμοποιώντας το MIMO, πολλαπλά σήματα και πολλές κεραιές μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα, καθιστώντας το LTE-A τρεις φορές ταχύτερο από το τυπικό 4G. Το LTE-A προσέφερε ένα βελτιωμένο όριο συστήματος, μειωμένες καθυστερήσεις στον διακομιστή εφαρμογών, πρόσβαση ταυτοχρόνως σε Δεδομένα, Φωνή και Βίντεο, ασύρματα, ανά πάσα στιγμή, οπουδήποτε στον κόσμο. Το LTE-A προσφέρει ταχύτητες άνω των 42 Mbps και έως και 140 Mbps .

Πέμπτη γενιά (5G): Το δίκτυο 5G είναι ένας πυλώνας ψηφιακού μετασχηματισμού. Είναι μια πραγματική εξέλιξη και διαφοροποιείται από όλα τα δίκτυα προηγούμενης γενιάς κινητής τηλεφωνίας. Το 5G φέρνει τρεις διαφορετικές υπηρεσίες για τον τελικό χρήστη, όπως το Extreme mobile broadband (eMBB). Προσφέρει συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο υψηλής ταχύτητας, μεγαλύτερο εύρος ζώνης, μέτρια καθυστέρηση, βίντεο ροής UltraHD, πολυμέσα εικονικής πραγματικότητας, επαυξημένης πραγματικότητας (AR/VR) και πολλά άλλα. Το Enhanced machine-type communication (eMTC), παρέχει μακράς εμβέλειας και ευρυζωνική επικοινωνία τύπου μηχανής με λιγότερη κατανάλωση ενέργειας. Το eMTC προσφέρει υπηρεσία υψηλού ρυθμού δεδομένων, χαμηλής ισχύος, εκτεταμένης κάλυψης μέσω μικρότερης πολυπλοκότητας συσκευών μέσω φορέων κινητής τηλεφωνίας για εφαρμογές IoT. Η εξαιρετικά αξιόπιστη επικοινωνία χαμηλής καθυστέρησης - Ultra-Reliable Low Latency Communications (URLLC) προσφέρει χαμηλή καθυστέρηση και εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία, *Quality of service (QoS)*, κάτι που δεν συμβαίνει με τα δίκτυα παλαιότερης τεχνολογίας. Το URLLC έχει σχεδιαστεί να αλληλεπιδρά σε πραγματικό χρόνο, όπως η απομακρυσμένη χειρουργική επέμβαση, η επικοινωνία από όχημα με όχημα (V2V), η βιομηχανία 4.0, κ.λπ. Παρέχει υψηλές ταχύτητες, download έως 20 Gbps. Επιπλέον, το δίκτυο 5G υποστηρίζει 4G WWW (4th Generation World Wide Wireless Web) [21] και βασίζεται στο πρωτόκολλο Internet version 6 (IPv6). Το 5G παρέχει εξαιρετική ποιότητα σύνδεσης στο Διαδίκτυο χωρίς καθυστερήσεις, με αξεπέραστη απόδοση και αξιοπιστία [22]. Το δίκτυο 5G διακρίνεται σε 6 GHz 5G και Millimeter wave (mmWave) 5G.

Το 6 GHz είναι μια ζώνη μεσαίας συχνότητας που λειτουργεί ως μεσαίο σημείο μεταξύ χωρητικότητας και κάλυψης για να προσφέρει τέλειο περιβάλλον για

συνδεσιμότητα 5G. Το φάσμα 6 GHz θα παρέχει υψηλό εύρος ζώνης με βελτιωμένη απόδοση δικτύου. Προσφέρει συνεχή κανάλια που θα μειώσουν την ανάγκη για πυκνότητα δικτύου όταν το φάσμα μεσαίας ζώνης δεν είναι διαθέσιμο και καθιστά τη συνδεσιμότητα 5G προσιτή ανά πάσα στιγμή, οπουδήποτε για όλους.

Το mmWave είναι μια βασική τεχνολογία του δικτύου 5G που δημιουργεί δίκτυο υψηλής απόδοσης. Το 5G mmWave προσφέρει ποικίλες υπηρεσίες, γι' αυτό όλοι οι πάροχοι δικτύου θα πρέπει να προσθέσουν αυτήν την τεχνολογία στον προγραμματισμό ανάπτυξης 5G. Υπάρχουν πολλοί πάροχοι υπηρεσιών που ανέπτυξαν 5G mmWave και το αποτέλεσμα της προσομοίωσής τους δείχνει ότι το 5G mmwave είναι ένα πολύ λιγότερο χρησιμοποιούμενο φάσμα. Παρέχει ασύρματη επικοινωνία πολύ υψηλής ταχύτητας και προσφέρει επίσης εξαιρετικά ευρύ εύρος ζώνης για δίκτυο κινητής τηλεφωνίας επόμενης γενιάς.

Η εξέλιξη των ασύρματων κινητών τεχνολογιών παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Οι συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται σε αυτό το άρθρο αναφέρονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 1  
Περίληψη της Τεχνολογίας Κινητής Τηλεφωνίας.

Γενιές	Τεχνικές πρόσβασης	Τεχνικές Μετάδοσης	Μηχανισμός Διόρθωσης Σφάλματος	Ρυθμός δεδομένων	Ζώνη συχνοτήτων	Εύρος ζώνης	Εφαρμογή	Περιγραφή
1G	FDMA, AMPS	Εναλλαγή κυκλώματος	NA	2,4 kbps	800 MHz	Αναλογικό	Φωνή	Ας μιλήσουμε μεταξύ μας
2G	GSM, TDMA, CDMA	Εναλλαγή κυκλώματος	NA	10 kbps	800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz	25 MHz	Φωνή και δεδομένα	Ας στείλουμε μηνύματα και ας ταξιδέψουμε με βελτιωμένες υπηρεσίες δεδομένων
3G	WCDMA, UMTS, CDMA 2000, HSPA/HSDPA	Εναλλαγή κυκλωμάτων και πακέτων	Κωδικοί Turbo	384 kbps έως 5 Mbps	800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, 2100 MHz	25 MHz	Κλήσεις φωνής, δεδομένων και βίντεο	Σερφάρισμα στο διαδίκτυο και την απελευθέρωση εφαρμογών για κινητά

Γενιές	Τεχνικές πρόσβασης	Τεχνικές Μετάδοσης	Μηχανισμός Διόρθωσης Σφάλματος	Ρυθμός δεδομένων	Ζώνη συχνοτήτων	Εύρος ζώνης	Εφαρμογή	Περιγραφή
4G	LTEA, OFDMA, SCFDMA, WIMAX	Αλλαγή πακέτων	Κωδικοί Turbo	100 Mbps έως 200 Mbps	2,3 GHz, 2,5 GHz και 3,5 GHz αρχικά	100 MHz	Φωνή, δεδομένα, βιντεοκλήσεις, τηλεόραση HD και διαδικτυακά παιχνίδια.	Φωνή και δεδομένα μέσω γρήγορου ευρυζωνικού Διαδικτύου με βάση ενοποιημένες αρχιτεκτονικές δικτύων και πρωτόκολλα IP

Πίνακας 2  
Πίνακας σημειώσεων και συντομογραφιών.

Συντομογραφία	Πλήρη μορφή	Συντομογραφία	Πλήρη μορφή
AMF	Λειτουργία διαχείρισης πρόσβασης και κινητικότητας	M2M	Από μηχανή σε μηχανή
AT&T	American Telephone and Telegraph	mmWave	κύμα χιλιοστού
BS	Σταθμός βάσης	NGMN	Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας επόμενης γενιάς
CDMA	Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Κώδικα	NOMA	Μη ορθογώνια πολλαπλή πρόσβαση
CSI	Πληροφορίες κατάστασης καναλιού	NFV	Εικονικοποίηση λειτουργιών δικτύου
D2D	Από συσκευή σε	OFDM	Ορθογώνια

Συνομογραφία	Πλήρη μορφή	Συνομογραφία	Πλήρη μορφή
	συσκευή		Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας
EE	Ενεργειακής απόδοσης	OMA	Ορθογώνια πολλαπλή πρόσβαση
EMBB	Βελτιωμένη ευρυζωνική σύνδεση για κινητά:	QoS	Ποιότητα εξυπηρέτησης
ETSI	Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων	RNN	Επαναλαμβανόμενο νευρωνικό δίκτυο
eMTC	Επικοινωνία τύπου μαζικής μηχανής	SDN	Δικτύωση που καθορίζεται από λογισμικό
FDMA	Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας	SC	Κωδικοποίηση υπέρθεσης
FDD	Frequency Division Duplex	ΟΥΤΩ	Διαδοχική ακύρωση παρεμβολών
GSM	Παγκόσμιο Σύστημα για Κινητά	TDMA	Πολλαπλή πρόσβαση Διαίρεση χρόνου
HSPA	Πρόσβαση πακέτων υψηλής ταχύτητας	TDD	Time Division Duplex
IoT	Το διαδίκτυο των πραγμάτων	UE	Εξοπλισμός χρήστη
IETF	Ειδική Ομάδα Μηχανικής Διαδικτύου	URLLC	Εξαιρετικά αξιόπιστη επικοινωνία χαμηλής καθυστέρησης
LTE	Μακροπρόθεσμη εξέλιξη	UMTC	Universal Mobile Telecommunications System
ML	Μηχανική Μάθηση	V2V	Όχημα σε όχημα
MIMO	Πολλαπλή είσοδος Πολλαπλή έξοδος	V2X	Όχημα για τα πάντα

### 3.4 Εφαρμογές 5G

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές του δικτύου κινητής τηλεφωνίας 5G όπως:

Δίκτυο κινητής τηλεφωνίας υψηλής ταχύτητας: Το δίκτυο 5G με τη βοήθεια ραδιοσυχνοτήτων (RF) μπορεί να λαμβάνει και να αποστέλλει δεδομένα που συνδέουν τους χρήστες μεταξύ τους.

Επίσης αξιοσημείωτο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο χρόνος απόκρισης που χρειάζεται για να αλληλεπιδράσουν οι συσκευές μεταξύ τους μέσω του ασύρματου δικτύου και ονομάζεται λανθάνων χρόνος ή χρόνος αδράνειας (Latency).

Στο δίκτυο 3G παρουσιάζεται ως χρόνος αδράνειας τα 100 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Στο δίκτυο 4G ο λανθάνων χρόνος κυμαίνεται περίπου στα 30 χιλιοστά του δευτερολέπτου ενώ στο δίκτυο 5G το latency εγγίζει το 1 χιλιοστό του δευτερολέπτου. Συνεπώς η μηδενική σχεδόν καθυστέρηση απόκρισης μεταξύ των συσκευών διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο σε εφαρμογές με υψηλές απαιτήσεις όπως η τηλεϊατρική.

Το δίκτυο 5G έχει δημιουργηθεί ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στην τεράστια αύξηση των δεδομένων και της συνδεσιμότητας του σύγχρονου πολιτισμού και του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT).

Το δίκτυο 5G θα λειτουργεί σε συνδυασμό με το δίκτυο 4G πριν εξελιχθεί σε πλήρως αυτόνομο δίκτυο.

Το δίκτυο 5G είναι μια πρόοδος σε σχέση με όλες τις προηγούμενες τεχνολογίες δικτύων κινητής τηλεφωνίας, που προσφέρει υψηλές ταχύτητες μετάδοσης και λήψης δεδομένων έως και 20 Gbps. Επίσης είναι πολύ πιο εξελιγμένο από τις προϋπάρχουσες τεχνολογίες σύνδεσης κινητής τηλεφωνίας και προσφέρει αποτελεσματικά συνδεσιμότητα δεδομένων φωνής και υψηλής ταχύτητας. Το 5G προσφέρει επικοινωνία πολύ χαμηλής καθυστέρησης μικρότερης του ενός χιλιοστού του δευτερολέπτου, χρήσιμη για αυτόνομη οδήγηση και εφαρμογές όπως η ρομποτική ιατρική. Χρησιμοποιεί millimeter Waves (mW) για αποστολή και λήψη δεδομένων, σε υψηλότερο εύρος ζώνης και υψηλότερο ρυθμό δεδομένων σε σχέση με τις ζώνες LTE. Το δίκτυο 5G θα επιτρέψει την ασφαλή πρόσβαση σε υπηρεσίες cloud με τη δυνατότητα αυξημένης ισχύος σε όλους τους τομείς. Ένα από τα δυνατά σημεία του δικτύου είναι οι μικρές κυψέλες, όπου επιτυγχάνονται: χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, υψηλή κάλυψη, μεταφορά δεδομένων υψηλής ταχύτητας, γρήγορη πρόσβαση στο cloud, κ.λπ. [23].

**3.4.1 Ψυχαγωγία και πολυμέσα:** Το 5G προσφέρει ροή βίντεο υψηλής ταχύτητας 4K και δημιουργεί ένα κόσμο υψηλής ευκρίνειας στις έξυπνες συσκευές των χρηστών. Το 5G θα ωφελήσει τη βιομηχανία ψυχαγωγίας, καθώς προσφέρει 120 καρτέ ανά δευτερόλεπτο με ροή βίντεο υψηλής ανάλυσης και υψηλότερου δυναμικού εύρους, ενώ τα κανάλια τηλεόρασης HD είναι επίσης προσβάσιμα σε κινητές συσκευές χωρίς διακοπές. Το 5G παρέχει, με εξαιρετικά μικρή καθυστέρηση, επικοινωνία υψηλής ποιότητας, επομένως, εφαρμογές όπως η εικονική πραγματικότητα (VR) και η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) γίνονται πράξη. Επίσης, τα παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας είναι μοντέρνα αυτές τις μέρες και πολλές εταιρείες επενδύουν σε παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας HD [24].

- 3.4.2 Internet of Things** — συνδέοντας τα πάντα: το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας 5G διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT). Το IoT θα συνδέσει πολλά πράγματα με το διαδίκτυο, όπως συσκευές, αισθητήρες, συσκευές, αντικείμενα και εφαρμογές. Αυτές οι εφαρμογές θα συλλέγουν πολλά δεδομένα από διαφορετικές συσκευές και αισθητήρες. Το 5G παρέχει σύνδεση πολύ υψηλής ταχύτητας στο Διαδίκτυο επεξεργασία δεδομένων. Το 5G είναι ένα δίκτυο με μεγάλη διαθεσιμότητα φάσματος, γι' αυτό είναι η πιο αποτελεσματική τεχνολογία για το IoT [25].
- 3.4.3 Έξυπνα σπίτια :** Οι έξυπνες οικιακές συσκευές και προϊόντα είναι σε ζήτηση αυτές τις μέρες. Το δίκτυο 5G αυξάνει τη λειτουργικότητα των έξυπνων σπιτιών, καθώς οι υψηλές ταχύτητες δεδομένων ευνοούν την αλληλεπίδραση έξυπνων συσκευών. Η προσβασιμότητα των έξυπνων συσκευών επιτυγχάνεται χωρίς δυσκολία ακόμη και από απομακρυσμένες τοποθεσίες χρησιμοποιώντας το δίκτυο 5G, καθώς ο χρόνος αδράνειας σύνδεσης και αλληλεπίδρασης συσκευών είναι ελάχιστος.
- 3.4.4 Έξυπνες πόλεις:** Το ασύρματο δίκτυο 5G βοηθά επίσης στη δημιουργία εφαρμογών έξυπνων πόλεων (smart cities), όπως ενημέρωση καιρού, αυτόματη διαχείριση κυκλοφορίας, τοπική μετάδοση, αποτελεσματική διαχείριση ρεύματος και φωτισμού, έλεγχο υδάτινων πόρων, διαχείριση και έλεγχο κυκλοφορίας πλήθους, έλεγχο έκτακτης ανάγκης κ.λπ.
- 3.4.5 Βιομηχανικό IoT:** Η τεχνολογία 5G είναι επίσης αρωγός στη λειτουργία των βιομηχανιών καθώς βοηθά στην ασφάλεια, παρακολούθηση εργασιών, στη διαχείριση της ναυτιλίας, της ενέργειας, στην αυτοματοποίηση της παραγωγής, στην πρόγνωση σφαλμάτων και στα logistics. Τέλος, η ενεργειακή απόδοση και η γενικότερη λειτουργία των βιομηχανιών επιτυγχάνεται μέσω των αισθητήρων 5G.
- 3.4.6 Έξυπνη γεωργία:** Η τεχνολογία 5G συνεισφέρει τα μέγιστα στην έξυπνη γεωργία. Αισθητήρες 5G και τεχνολογίες GPS είναι σύμμαχοι στην αντιμετώπιση προβλημάτων και διαχείρισης στον αγροτικό τομέα όπως, η ζωντανή παρακολούθηση καλλιεργειών, ο έλεγχος παρασίτων και εντόμων, η διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας, ο έλεγχος γεωργικών προϊόντων κλπ.
- 3.4.7 Αυτόνομη οδήγηση:** Το δίκτυο 5G προσφέρει επικοινωνία υψηλής ταχύτητας πολύ χαμηλής καθυστέρησης, σημαντική για την αυτόνομη οδήγηση. Αυτό σημαίνει ότι τα αυτοκινούμενα οχήματα θα αποτελέσουν πραγματικότητα σύντομα. Τα αυτόνομα αυτοκίνητα μπορούν να επικοινωνούν με σήματα κυκλοφορίας, αντικείμενα και άλλα οχήματα, μέσω καμερών και αισθητήρων εγγύτητας, GPS κλπ. Ο χαμηλός, σχεδόν μηδενικός χρόνος απόκρισης του 5G κάνει την αυτόνομη οδήγηση πιο πραγματική, καθώς οι αυτοματοποιημένες εντολές που διαχειρίζεται η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του οχήματος λαμβάνουν χώρα σε χιλιοστά του δευτερολέπτου και έτσι συμβάλει στην ασφαλή μετακίνηση.



**3.4.8 Υγειονομική περίθαλψη και κρίσιμες εφαρμογές:** Η τεχνολογία 5G βελτιώνει δραματικά το χώρο της υγείας όπου πλέον θα εκτελούνται προηγμένες ιατρικές διαδικασίες. Οι ασθενείς μπορούν να επικοινωνήσουν με τους γιατρούς τους μέσω του δικτύου και να λάβουν τις οδηγίες τους. Οι επιστήμονες κατασκευάζουν έξυπνες ιατρικές συσκευές που μπορούν να βοηθήσουν στη θεραπεία διάφορων παθήσεων. Το δίκτυο 5G ενδυναμώνει τον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης με έξυπνες συσκευές, το διαδίκτυο ιατρικών πραγμάτων, έξυπνους αισθητήρες, τεχνολογίες ιατρικής απεικόνισης HD και έξυπνα συστήματα ανάλυσης. Το 5G παρέχει πρόσβαση στον χώρο αποθήκευσης cloud, επομένως η πρόσβαση σε ιατρικά δεδομένα θα γίνεται από οποιαδήποτε τοποθεσία σε όλο τον κόσμο με τεράστια ευκολία. Οι ιατροί μπορούν εύκολα να αποθηκεύουν και να μοιράζονται μεγάλα αρχεία όπως αναφορές αξονικής τομογραφίας σε ελάχιστο χρόνο χρησιμοποιώντας το δίκτυο 5G.

**3.4.9 Δορυφορικό Διαδίκτυο:** Σε αρκετές δύσβατες περιοχές, οι επίγειοι σταθμοί δεν είναι διαθέσιμοι, επομένως το δίκτυο 5G θα βοηθήσει στη συνδεσιμότητα σε τέτοιες περιοχές. Το δίκτυο 5G χρησιμοποιεί δορυφορικά συστήματα για να παρέχει συνδεσιμότητα σε αστικές και αγροτικές περιοχές σε όλο τον κόσμο.

### 3.5 Τι είναι το 5G

*Με τον πιο βασικό και απλό ορισμό, το 5G είναι η πέμπτη γενιά δικτύωσης κινητών επικοινωνιών. Βασίζεται στον προκάτοχό του, το 4G, που κυκλοφόρησε στα τέλη του 2009 από την TeliaSonera στη Σουηδία και τη Νορβηγία.*

*Το 5G, με περισσότερους από έναν τρόπους, φέρνει επανάσταση στον τρόπο πρόσβασης στο διαδίκτυο και επικοινωνίας μεταξύ μας. Τα δίκτυα 5G προσφέρουν δραματικά μεγαλύτερες ταχύτητες λήψης και μεταφόρτωσης, εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση για σχεδόν στιγμιαία επικοινωνία μεταξύ συσκευών, βελτιωμένη αξιοπιστία δικτύου και υψηλότερη απόδοση ισχύος. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να κάνουν περισσότερα από ποτέ, όπως ροή περιεχομένου UHD σε πραγματικό χρόνο, χρήση εφαρμογών VR/AR χωρίς καθυστέρηση ή απλά σερφάρισμα στο διαδίκτυο με απίστευτα γρήγορες ταχύτητες.*

**Ο βελτιωμένος ρυθμός μεταφοράς δεδομένων του 5G καθιστά τη λήψη τεράστιων αρχείων ή τη ροή περιεχομένου βίντεο υψηλής ποιότητας σχεδόν στιγμιαία. Επιπλέον, το 5G υποστηρίζει μαζική επικοινωνία τύπου μηχανής (MTC) – που**

σημαίνει ότι μια συσκευή μπορεί να επικοινωνεί με πολλές άλλες συσκευές ταυτόχρονα – μειώνοντας σημαντικά τη συνολική καθυστέρηση δικτύου.

Το 5G μπορεί να υπερηφανεύεται για πολλά άλλα πλεονεκτήματα σε σχέση με τον προκάτοχό του, το 4G, όπως:

- Αυξημένη φασματική απόδοση που βελτιώνει το εύρος ζώνης,
- Βελτιωμένη κινητικότητα που μειώνει την ανωμαλία του σήματος και την αποσύνδεση,
- Βελτιωμένη κάλυψη μέσω αναπτύξεων μικρών κυψελών και
- Πιο προηγμένες τεχνικές διαχείρισης παρεμβολών επιτρέπουν καλύτερες εντολές του συστήματος.

Αυτά τα οφέλη συνδυάζονται για να βοηθήσουν στη μείωση του κόστους, ενώ αυξάνουν τη χωρητικότητα και την απόδοση.

### Βελτιωμένη συνδεσιμότητα

Παρά τις προηγούμενες γενιές κυψελοειδούς τεχνολογίας, όπως το 4G LTE, που επικεντρώθηκε στη διασφάλιση της συνδεσιμότητας, το 5G ανεβάζει τη συνδεσιμότητα στο επόμενο επίπεδο, παρέχοντας συνδεδεμένες εμπειρίες από το cloud στους πελάτες.

Τα δίκτυα 5G είναι εικονικοποιημένα και βασίζονται σε λογισμικό και εκμεταλλεύονται πλήρως τις τεχνολογίες cloud. Αυτή η τεχνολογία που βασίζεται στο cloud εξασφαλίζει ομαλή σύνδεση ακόμη και από απόσταση, με τις ενημερώσεις διαμόρφωσης να παρέχονται αυτόματα. Επιπλέον, η κατανομημένη αρχιτεκτονική μειώνει την πολυπλοκότητα για τους τελικούς χρήστες καθιστώντας τους ευκολότερη την πρόσβαση σε παρόχους υπηρεσιών και τη λήψη ενημερώσεων όταν είναι απαραίτητο.

### Μεγαλύτερη χωρητικότητα

Τα δίκτυα 5G έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα από τα δίκτυα 4G, επιτρέποντας σε περισσότερες συσκευές να συνδέονται ταυτόχρονα. Αυτό σημαίνει ότι τα δίκτυα 5G μπορούν να υποστηρίξουν περισσότερους χρήστες και συσκευές σε πολυσύχναστες περιοχές, όπως στάδια ή κέντρα πόλεων.

### Χαμηλότερη καθυστέρηση

Η καθυστέρηση αναφέρεται στο χρόνο που χρειάζεται για να ταξιδέψει ένα πακέτο δεδομένων από μια συσκευή σε ένα δίκτυο και να επιστρέψει. Για παράδειγμα, τα δίκτυα 5G έχουν χαμηλότερο λανθάνοντα χρόνο από τα δίκτυα 4G, που σημαίνει ότι **τα δεδομένα μεταδίδονται και λαμβάνονται ταχύτερα**, καθιστώντας τα κατάλληλα για εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας και αυτόνομων οχημάτων.

Η μειωμένη καθυστέρηση του 5G μπορεί να βελτιώσει την απόδοση των επαγγελματικών εφαρμογών και άλλων ψηφιακών εμπειριών, όπως το διαδικτυακό παιχνίδι, η τηλεδιάσκεψη και τα αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα.

### Υψηλότερη συχνότητα

Τα δίκτυα 5G λειτουργούν σε υψηλότερη συχνότητα από τα δίκτυα 4G. Αυτό σημαίνει ότι τα δίκτυα 5G **μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα σε μικρότερες αποστάσεις αλλά με μεγαλύτερα εύρη ζώνης**.

Η υψηλότερη συχνότητα επιτρέπει επίσης μικρότερες κυψέλες, πράγμα που σημαίνει ότι τα δίκτυα 5G μπορούν να αναπτυχθούν πιο πυκνά, παρέχοντας καλύτερη κάλυψη και χωρητικότητα στις αστικές περιοχές.

### Network Slicing

Το **Network Slicing** είναι μια τεχνολογία που **επιτρέπει τη δημιουργία πολλαπλών εικονικών δικτύων πάνω από μια κοινή φυσική υποδομή**. Κάθε εικονικό δίκτυο ή "slice" μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να ανταποκρίνεται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις διαφορετικών τύπων χρηστών ή υπηρεσιών. Για παράδειγμα, ένα slice θα μπορούσε να δημιουργηθεί για εφαρμογές υψηλού εύρους ζώνης όπως η εικονική πραγματικότητα, ενώ ένα άλλο τμήμα θα μπορούσε να βελτιστοποιηθεί για εφαρμογές χαμηλής καθυστέρησης όπως τα αυτόνομα οχήματα της Tesla.

Το **Network Slicing** λειτουργεί κατανέμοντας πόρους, όπως εύρος ζώνης, ισχύ επεξεργασίας και αποθήκευση, σε κάθε κομμάτι ανάλογα με τις ανάγκες. Αυτό επιτρέπει την αποτελεσματικότερη χρήση της υποκείμενης υποδομής, καθώς οι πόροι μπορούν να διατεθούν όπου χρειάζονται περισσότερο. Επιπλέον, ο **Network Slicing** μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ασφαλών και απομονωμένων περιβαλλόντων για ευαίσθητες εφαρμογές, όπως συστήματα βιομηχανικού ελέγχου.

Τα δίκτυα 5G, μέσω αυτής της τεχνολογίας **Network Slicing**, έχουν τη δυνατότητα να δημιουργούν διαφορετικά εικονικά δίκτυα που μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να ανταποκρίνονται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις διαφορετικών τύπων εφαρμογών – διασφαλίζοντας την πιο αποτελεσματική χρήση των πόρων του δικτύου. Αντίθετα, ο διαχωρισμός του δικτύου στο 4G είναι πολύ περιορισμένος και περιορίζεται στην απομόνωση μιας υπηρεσίας εντός μιας κοινής υποδομής δικτύωσης.

### Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)

Στα δίκτυα 4G, ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών ήταν περιορισμένος και ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων έπρεπε να είναι υψηλότερος για την υποστήριξη του μεγάλου όγκου δεδομένων που παράγεται από συσκευές IoT. Με το 5G, η αυξημένη χωρητικότητα και η ταχύτητα του δικτύου **μπορούν να χειριστούν πολύ μεγαλύτερο αριθμό συνδεδεμένων συσκευών** και η χαμηλή καθυστέρηση των δικτύων 5G επιτρέπει την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των συσκευών. Επιπλέον, οι δυνατότητες κοπής δικτύου του 5G επιτρέπουν επίσης τη δημιουργία συγκεκριμένων εικονικών δικτύων αφιερωμένων σε συσκευές IoT με διαφορετικές απαιτήσεις, βοηθώντας περαιτέρω αυτό το ψηφιακό φαινόμενο.

Το 5G υποστηρίζει επίσης νέες τεχνολογίες, όπως το edge computing, το οποίο επιτρέπει την επεξεργασία δεδομένων στην άκρη του δικτύου, πιο κοντά στην πηγή, αντί να στέλνει όλα τα δεδομένα πίσω σε μια κεντρική τοποθεσία για επεξεργασία. Αυτό **μπορεί να μειώσει την καθυστέρηση και να βελτιώσει την ανταπόκριση των εφαρμογών IoT**.

### 3.6 Ιστορική Αναδρομή του δικτύου 5G

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας 5G μπορεί να εντοπιστεί στις αρχές της δεκαετίας του 2000, όταν η *Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU)* άρχισε να προσδιορίζει τις απαιτήσεις για την επόμενη γενιά δικτύων κινητής επικοινωνίας. Το 2008, η ITU όρισε επίσημα τον όρο «5G» για να αναφέρεται στην επόμενη σημαντική εξέλιξη των δικτύων κινητής τηλεφωνίας.

Η προέλευση του 5G μπορεί να αποδοθεί περαιτέρω στο έργο διαφόρων εταιρειών και ερευνητικών ιδρυμάτων, που άρχισαν να ερευνούν και να αναπτύσσουν την τεχνολογία που τελικά θα γίνει 5G. Ένας από τους βασικούς παράγοντες στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης του 5G ήταν η *εταιρική σχέση δημόσιου-ιδιωτικού τομέα της υποδομής 5G της Ευρωπαϊκής Ένωσης (5G PPP)*, που ιδρύθηκε το 2013 για να επιταχύνει την ανάπτυξη και την ανάπτυξη δικτύων 5G στην Ευρώπη.

Αρκετές εταιρείες και οργανισμοί εργάζονται για την ανάπτυξη και την τυποποίηση τεχνολογιών 5G. Μερικοί από τους κρίσιμους συνεισφέροντες είναι οι Qualcomm, Ericsson, Nokia, Samsung και Huawei. Εργάζονται σε διάφορες πτυχές του 5G, όπως η τεχνολογία κυμάτων χιλιοστών, τα προηγμένα σχήματα διαμόρφωσης, η διαμόρφωση δέσμης και ο τεμαχισμός δικτύου.

Το πρώτο δίκτυο 5G κυκλοφόρησε τον Απρίλιο του 2019 από τη νοτιοκορεατική εταιρεία SK Telecom, ακολουθούμενη από άλλες χώρες και παρόχους που δημιουργούν τα δικά τους 5G. Έκτοτε, τα δίκτυα 5G έχουν αναπτυχθεί γρήγορα σε όλο τον κόσμο, με πολλές χώρες να προσφέρουν κάλυψη 5G στους πολίτες τους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το 5G δεν είναι απλώς μια τεχνολογία, αλλά και ένα πρότυπο που αναπτύχθηκε από την *3GPP (3rd Generation Partnership Project)*, έναν βιομηχανικό οργανισμό που είναι υπεύθυνος για την τυποποίηση τεχνολογιών κινητής τηλεφωνίας όπως το GSM, το 3G, το 4G και το 5G.

*Συνοπτικά, το 5G είναι το αποτέλεσμα χρόνων έρευνας και ανάπτυξης από διάφορες εταιρείες και οργανισμούς, με σκοπό τη δημιουργία ενός ταχύτερου και αποτελεσματικότερου δικτύου κινητής τηλεφωνίας που μπορεί να υποστηρίξει νέες τεχνολογίες και εφαρμογές. Το 3GPP αναπτύσσει την τυποποίηση της τεχνολογίας και το πρώτο δίκτυο 5G κυκλοφόρησε το 2019.*

### 3.7 Millimeter Wave

Τα δίκτυα 5G χρησιμοποιούν τεχνολογία Millimeter Wave και λειτουργούν σε υψηλότερη συχνότητα από τα δίκτυα 4G. Αυτό επιτρέπει μικρότερες κυψέλες και πιο πυκνά αναπτυγμένα δίκτυα, παρέχοντας **καλύτερη κάλυψη και χωρητικότητα σε αστικές περιοχές**. Ωστόσο, τα σήματα Millimeter Wave έχουν μικρότερο εύρος και είναι πιο επιρρεπή σε παρεμβολές, απαιτώντας ένα πυκνό δίκτυο μικρών κυψελών για να παρέχεται επαρκής κάλυψη.

Και οι δύο αυτές τεχνολογίες επιτρέπουν τη λειτουργία σε υψηλότερες συχνότητες από τις προηγούμενες γενιές.

Το νέο πρωτόκολλο επικοινωνίας στο δίκτυο 5G αναφέρεται στον τρόπο μετάδοσης δεδομένων. Το πρωτόκολλο New Radio (NR) έχει σχεδιαστεί για να είναι πιο ευέλικτο και αποτελεσματικό από τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται σε προηγούμενες γενιές κυψελοειδούς τεχνολογίας. **Το NR υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των ζωνών κάτω των 6 GHz και (mmWave), και χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνικές διαμόρφωσης και πολλαπλών εισόδων - εξόδων (MIMO) για την αύξηση της χωρητικότητας και τη βελτίωση της κάλυψης.**

Από την άλλη πλευρά, η τεχνολογία (mmWave), αναφέρεται στη χρήση **συχνοτήτων στη ζώνη κυμάτων χιλιοστών, η οποία είναι ένα εύρος συχνοτήτων μεταξύ 30 GHz και 300 GHz**. Αυτές οι συχνότητες είναι υψηλότερες από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν σε προηγούμενες γενιές κυψελοειδούς τεχνολογίας και προσφέρουν πολύ πιο σημαντικό ποσό διαθέσιμου εύρους ζώνης. Αυτό επιτρέπει υψηλότερους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων και μεγαλύτερη χωρητικότητα για πολλούς χρήστες.

Ωστόσο, τα σήματα (mmWave), είναι πιο ευαίσθητα στα εμπόδια και έχουν μικρότερη κάλυψη από τις συχνότητες κάτω των 6 GHz. Για παράδειγμα, τα δίκτυα 5 GHz δεν μπορούν να διεισδύσουν σε στερεά αντικείμενα, όπως τοίχους, όπως και τα σήματα 2,4 GHz. Αυτό μπορεί να περιορίσει την πρόσβαση των σημείων πρόσβασης μέσα σε κτίρια, όπως σπίτια και γραφεία, όπου πολλοί τοίχοι μπορεί να βρίσκονται μεταξύ μιας ασύρματης κεραίας και του χρήστη.

#### **□ Πολυμορφική μετάδοση (Massive MIMO)**

Μία από τις κρίσιμες τεχνολογίες που επιτρέπουν τα δίκτυα 5G είναι οι τεχνολογίες Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output). **Το MIMO είναι μια τεχνική που**

χρησιμοποιεί πολλαπλές κεραίες στον πομπό και τον δέκτη για να αυξήσει τη χωρητικότητα και την κάλυψη του δικτύου. Στο Massive MIMO, ο αριθμός των κεραιών αυξάνεται δραματικά, γεγονός που επιτρέπει πολύ μεγαλύτερη ισχύ και βελτιωμένη απόδοση.

### **MIMO – Σύστημα διεύθυνσης δέσμης**

Το **Beam Steering** είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στις κεραίες του σταθμού βάσης Massive MIMO να κατευθύνουν στοχευμένα το σήμα στους δέκτες και τις συσκευές και όχι σε όλες τις κατευθύνσεις. Η τεχνολογία διεύθυνσης δέσμης χρησιμοποιεί αλγόριθμους επεξεργασίας ακτινοβολίας για να καθορίσει την συντομότερη διαδρομή ώστε το σήμα να φτάσει στον δέκτη. Έτσι η χρήση έξυπνων συσκευών γίνεται αποδοτικότερη οι παρεμβολές εξαλείφονται.

### **Ενσωμάτωση Cloud-Service**

Μια άλλη σημαντική πτυχή της τεχνολογίας 5G είναι η ενσωμάτωσή της με τις υπηρεσίες cloud. Τα δίκτυα 5G χρησιμοποιούν εγγενείς αρχιτεκτονικές στο cloud που επιτρέπουν την εικονικοποίηση λειτουργιών και υπηρεσιών δικτύου, επιτρέποντας πιο αποτελεσματική χρήση πόρων και ταχύτερη ανάπτυξη νέων υπηρεσιών.

Αυτή η ενοποίηση με τις υπηρεσίες cloud επιτρέπει στα δίκτυα 5G να παρέχουν μια **πιο ευέλικτη και επεκτάσιμη υποδομή**, η οποία είναι απαραίτητη για την υποστήριξη της αυξανόμενης ζήτησης δεδομένων και του αυξανόμενου αριθμού συνδεδεμένων συσκευών.

Στον πυρήνα του, οι αρχιτεκτονικές 5G είναι πλατφόρμες καθορισμένες από λογισμικό που διαχειρίζονται τη λειτουργικότητα δικτύωσης μέσω λογισμικού και όχι υλικού. Ωστόσο, οι εξελίξεις στις τεχνολογίες που βασίζονται σε χώρο αποθήκευσης cloud επιτρέπουν στην αρχιτεκτονική 5G να είναι ευέλικτη και να παρέχει πρόσβαση στους χρήστες σε κάθε χρονική στιγμή ανεξαρτήτως τοποθεσίας.

### **Προηγμένη Διαμόρφωση**

Τα δίκτυα 5G χρησιμοποιούν επίσης προηγμένα σχήματα διαμόρφωσης για να αυξήσουν την ποσότητα των δεδομένων που μεταδίδονται μέσω των ραδιοκυμάτων. Αυτό επιτρέπει **υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων, ταχύτερη ροή και λήψη και πιο αποκριτικές διαδικτυακές εμπειρίες**.

Η προηγμένη διαμόρφωση στο 5G επιτρέπει σε περισσότερους χρήστες και αποτελεσματική χρήση του διαθέσιμου φάσματος. Επιπλέον, επιτρέπει τη μετάδοση περισσότερων δεδομένων σε ένα δεδομένο φάσμα χρησιμοποιώντας προηγμένα σχήματα διαμόρφωσης, όπως:

- **Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) (OFDM):** Διαιρεί το διαθέσιμο φάσμα σε μικρότερους υποφορείς και μεταδίδει ανεξάρτητα δεδομένα για



κάθε υποφορέα. Αυτό επιτρέπει την πιο αποτελεσματική χρήση του φάσματος και μειώνει το φαινόμενο παρεμβολής.

- **Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA):** Μια τεχνική πολλαπλής πρόσβασης που επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να μοιράζονται την ίδια ζώνη συχνοτήτων χρησιμοποιώντας διαφορετικά επίπεδα ισχύος. Επιτρέπει βελτιωμένη φασματική απόδοση και καλύτερη δικαιοσύνη για τον χρήστη. Αυτή η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για επικοινωνία άνω και κάτω ζεύξης.
- **Filter-Bank Multi-Carrier (FBMC):** Χρησιμοποιεί μια τράπεζα φίλτρων για να διαιρέσει το διαθέσιμο φάσμα σε δευτερεύοντες φορείς. Η συστοιχία φίλτρων ελαχιστοποιεί τις παρεμβολές μεταξύ των υποφερόντων, βελτιώνοντας την αναλογία σήματος προς θόρυβο και αυξάνοντας τη χωρητικότητα του συστήματος.

### Διαμόρφωση δέσμης **Beamforming**

Μια άλλη κρίσιμη τεχνολογία που χρησιμοποιείται στα δίκτυα 5G είναι η διαμόρφωση δέσμης, η οποία χρησιμοποιεί πολλαπλές κεραιές για τη μετάδοση ενός σήματος σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση και όχι σε όλες τις παραγγελίες. Με την εστίαση του σήματος σε μια συγκεκριμένη διαδρομή, η διαμόρφωση δέσμης μπορεί να αυξήσει τη χωρητικότητα και την κάλυψη του δικτύου.

Η διαμόρφωση δέσμης **βελτιώνει την κάλυψη και τη χωρητικότητα των ασύρματων δικτύων** κατευθύνοντας το ραδιοσήμα προς συγκεκριμένες περιοχές ή «δέσμες». Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση πολλαπλών κεραιών στο σταθμό βάσης και τη ρύθμιση της φάσης και του πλάτους του σήματος που εκπέμπεται από κάθε κεραιά για να δημιουργηθεί μια δέσμη που κατευθύνεται προς μια συγκεκριμένη περιοχή.

Στο 5G, η διαμόρφωση δέσμης εξασφαλίζει ισχυρότερη ισχύ σήματος και ποιότητα της ασύρματης σύνδεσης για συγκεκριμένους χρήστες ή συσκευές εστιάζοντας την ενέργεια του σήματος προς την κατεύθυνσή τους. Αυτό μπορεί να γίνει τόσο σε σενάρια κατερχόμενης ζεύξης όσο και σε σενάρια άνω ζεύξης, όπου ο σταθμός βάσης και η συσκευή μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη διαμόρφωση δέσμης για να επικοινωνήσουν. Η διαμόρφωση δέσμης βοηθά επίσης στη βελτίωση της χωρητικότητας του δικτύου δημιουργώντας πολλαπλές δέσμες που μπορούν να κατευθύνονται προς διαφορετικές περιοχές ταυτόχρονα.

Επιπλέον, η διαμόρφωση δέσμης χρησιμοποιείται επίσης για τη βελτίωση της ασφάλειας της ασύρματης σύνδεσης δημιουργώντας δέσμες που κατευθύνονται προς συγκεκριμένους χρήστες ή συσκευές, γεγονός που καθιστά δυσκολότερο για μη εξουσιοδοτημένους χρήστες να παρεμποδίσουν το σήμα.

### Προηγμένες πρωτοβουλίες ασφάλειας

Εκτός από αυτές τις βασικές τεχνολογίες, το 5G **χρησιμοποιεί επίσης προηγμένα μέτρα ασφαλείας**, όπως η δικτύωση που καθορίζεται από λογισμικό (SDN), για να

προστατεύει από απειλές ασφαλείας και να διασφαλίζει ότι το δίκτυο είναι αξιόπιστο και ανθεκτικό.

### Μηχανική Μάθηση & Τεχνητή Νοημοσύνη

Το 5G ενισχύει επίσης τις ψηφιακές εμπειρίες μέσω της αυτοματοποίησης με δυνατότητα **μηχανικής εκμάθησης (ML)**. Η ζήτηση για χρόνους απόκρισης μέσα σε κλάσματα του δευτερολέπτου (όπως αυτοί για αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα) απαιτεί από τα δίκτυα 5G να χρησιμοποιούν αυτοματισμό με ML και, τελικά, βαθιά μάθηση και τεχνητή νοημοσύνη (AI).

Η αυτοματοποιημένη παροχή και η προληπτική διαχείριση της κίνησης και των υπηρεσιών θα μειώσει το κόστος υποδομής και θα βελτιώσει τη συνδεδεμένη εμπειρία.

### Καλύτερη επικοινωνία

Τα δίκτυα 5G προσφέρουν μεγαλύτερες ταχύτητες και μεγαλύτερη χωρητικότητα από τα δίκτυα 4G, πράγμα που σημαίνει ότι οι επιχειρήσεις μπορούν να συνδέσουν περισσότερες συσκευές και να υποστηρίξουν περισσότερες εφαρμογές. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες να βελτιώσουν τη συνεργασία και την επικοινωνία, καθώς και να εξορθολογίσουν τις δραστηριότητές τους.

### Βιομηχανικός Αυτοματισμός

Τα δίκτυα 5G υποστηρίζουν εφαρμογές χαμηλής καθυστέρησης και υψηλού εύρους ζώνης, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για βιομηχανικούς αυτοματισμούς και επικοινωνία μηχανή με μηχανή. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα, να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν την ποιότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών τους.

### Εργασία από απόσταση

Η πανδημία έχει αναδείξει την ανησυχητική αλήθεια ότι τίποτα δεν είναι σίγουρο. Ευτυχώς, η πρόοδος στην τεχνολογία κατέστησε δυνατή την απομακρυσμένη εργασία να γίνει πραγματικότητα – τα δίκτυα 5G τροφοδοτούν τις τηλεδιασκέψεις και δίνουν στις εταιρείες περισσότερη ελευθερία από ποτέ, επιτρέποντας στους υπαλλήλους να εργάζονται από οπουδήποτε ανά πάσα στιγμή, ενώ παράλληλα προσφέρει στις επιχειρήσεις κάποια οφέλη εξοικονόμησης κόστους. Αυτό περιλαμβάνει **την εξωτερική ανάθεση ανάπτυξης λογισμικού** πιο αποτελεσματικά από ποτέ.

### Ψηφιακή Καινοτομία

Τα δίκτυα 5G μπορούν να συνδέσουν πολλές συσκευές με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και χαμηλή καθυστέρηση, κάτι που είναι απαραίτητο για εφαρμογές IoT όπως έξυπνες πόλεις, βιομηχανικοί αυτοματισμοί και συνδεδεμένα αυτοκίνητα. Οι επιχειρήσεις μπορούν να το χρησιμοποιήσουν για να αποκτήσουν πρόσβαση σε



πολύτιμα δεδομένα, να αυτοματοποιήσουν τις διαδικασίες και να βελτιώσουν τη συνολική απόδοση των λειτουργιών τους.

### Προηγμένα Analytics

Η αυξημένη χωρητικότητα και η ταχύτητα των δικτύων 5G μπορεί να επιτρέψει τη συλλογή, μεταφορά και επεξεργασία δεδομένων από ένα ευρύ φάσμα πηγών, συμπεριλαμβανομένων συσκευών IoT και συσκευών αιχμής.

Ένα παράδειγμα είναι στον τομέα των αυτόνομων οχημάτων, όπου τα δίκτυα 5G μπορούν να συνδέσουν οχήματα στο δίκτυο, επιτρέποντας επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των οχημάτων και της υποδομής. Αυτό μπορεί να επιτρέψει τη χρήση προηγμένων αναλυτικών στοιχείων για τη βελτιστοποίηση της ροής της κυκλοφορίας, τη μείωση των ατυχημάτων και τη βελτίωση της συνολικής ασφάλειας και αποτελεσματικότητας της μεταφοράς.

Οι υπολογιστικές δυνατότητες αιχμής του 5G επιτρέπουν επίσης προηγμένες αναλύσεις, καθώς τα δεδομένα μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία πιο κοντά στην πηγή, μειώνοντας τον όγκο των δεδομένων που πρέπει να μεταφερθούν σε μια κεντρική τοποθεσία για επεξεργασία, οδηγώντας σε ταχύτερα αποτελέσματα και λιγότερο λανθάνοντα χρόνο.

### Βελτιωμένη ασφάλεια και πρόληψη απάτης

Τα δίκτυα 5G υποστηρίζουν προηγμένους μηχανισμούς ελέγχου ταυτότητας και εξουσιοδότησης, όπως ο έλεγχος ταυτότητας πολλαπλών παραγόντων και η ασφαλής διαχείριση κλειδιών, που μπορούν να βοηθήσουν στην αποτροπή της μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης στο δίκτυο και στην προστασία από απάτη.

Με το 5G, είναι επίσης δυνατό να έχουμε μια ενιαία φυσική υποδομή που υποστηρίζει πολλαπλά εικονικά δίκτυα που μπορούν να απομονωθούν το ένα από το άλλο, συμβάλλοντας στην πρόληψη της εξάπλωσης των επιθέσεων στα δίκτυα και της πρόκλησης ζημιών.

## 3.8 Το μέλλον του 5G & η άνοδος του 6G

Το 6G θα είναι λογικά η επόμενη γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας, που βρίσκεται αυτή τη στιγμή στη φάση έρευνας και ανάπτυξης. Για καλύτερη απόδοση, **το 6G αναμένεται να προσφέρει ακόμη μεγαλύτερες ταχύτητες, χαμηλότερο λανθάνοντα χρόνο από το 5G και βελτιωμένες δυνατότητες**, όπως εκτεταμένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και δυνατότητα σύνδεσης σε σημαντικότερο αριθμό συσκευών.

Το 6G αναμένεται επίσης να επιτρέψει πρωτοποριακές εφαρμογές και υπηρεσίες όπως η ολογραφική επικοινωνία και η γεωργία ακριβείας. Ωστόσο, το 6G εξακολουθεί να αναπτύσσεται και η εμπορική του διαθεσιμότητα δεν αναμένεται ακόμη, τουλάχιστον αυτή τη δεκαετία.

Σήμερα, το πρώιμο όραμα για το 6G αρχίζει να εμφανίζεται ως κινητό και τα ευρύτερα κάθετα οικοσυστήματα ξεκινούν τη βασική τεχνολογική έρευνα που προετοιμάζεται για την επόμενη δεκαετία καινοτομιών. Ενώ απέχουμε ακόμη αρκετά χρόνια από την εμπορική κυκλοφορία της πλατφόρμας 6G, είμαστε σίγουροι για ένα πράγμα: το 6G θα φέρει τεχνολογικά άλματα, νέες εμπειρίες και περιπτώσεις χρήσης που μετά βίας μπορούμε να φανταστούμε σήμερα.

Παρόλο που το 6G δεν έχει ακόμη πλήρως καθοριστεί και βρίσκεται ακόμη υπό έρευνα και ανάπτυξη. Ωστόσο, αναμένεται ότι το 6G θα βασιστεί στις δυνατότητες του 5G για να αντιμετωπίσει ορισμένους από τους περιορισμούς του και να προσφέρει νέα πράγματα για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Σε υψηλό επίπεδο, αυτές είναι μερικές από τις κύριες κινητήριες δυνάμεις:

- Αξιοποιώντας τις τεχνολογικές εξελίξεις σε ασύρματους και παρακείμενους τομείς όπως οι ημιαγωγοί και η επιστήμη των υλικών.
- Ικανοποίηση αναγκών κοινωνικής βιωσιμότητας, όπως οικονομική ανάπτυξη, ψηφιακή πρόσβαση και πράσινες πρωτοβουλίες.
- Αντιμετώπιση νέων απαιτήσεων για εμπειρίες επόμενου επιπέδου που δεν μπορούν να καλυφθούν με το 5G, όπως καλύτερη χωρητικότητα και κάλυψη για την εξυπηρέτηση συνεχώς εξελισσόμενων εφαρμογών έντασης δεδομένων.
- Το 6G αναμένεται να παρέχει παγκόσμια κάλυψη, συμπεριλαμβανομένων απομακρυσμένων και αγροτικών περιοχών και για επικοινωνίες εν πτήση και εν πλω.
- Το 6G θα αντιμετωπίσει επίσης τον κίνδυνο του Quantum Computing, ο οποίος θα μπορούσε να σπάσει την κρυπτογράφηση που χρησιμοποιείται στο 5G και στις προηγούμενες γενιές, παρέχοντας μηχανισμούς ασφαλείας που είναι ασφαλείς για κβαντικά.
- Το 6G θα μπορούσε επίσης να προσφέρει μια εκπληκτική ανακάλυψη στην απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ δικτύων, συμπεριλαμβανομένων των δορυφορικών και επίγειων δικτύων, για να επιτρέψει νέες εφαρμογές όπως η παγκόσμια κινητικότητα και οι υπηρεσίες δορυφόρου-εδάφους σύγκλισης.

Για να επιτευχθούν αποτελεσματικά αυτοί οι στόχοι, το 6G θα πρέπει να είναι μια πιο ικανή πλατφόρμα που φέρνει περισσότερα από έναν απλό σχεδιασμό ραδιοφώνου. Οραματίζεται να περιλαμβάνει ένα ευρύτερο φάσμα τεχνολογιών περαιτέρω για να επεκτείνει το συνδεδεμένο, έξυπνο πλεονέκτημα σε κλίμακα.

**Το 6G θα απελευθερώσει πλήρως το συνδυασμένο δυναμικό των επικοινωνιών, της τεχνητής νοημοσύνης (AI), της ολοκληρωμένης αντίχρυσης, της ανθεκτικότητας του συστήματος και των πιο οικολογικών δικτύων.**

Συμπερασματικά, το δίκτυο 5G φέρνει επανάσταση στον τρόπο σύνδεσης με τον κόσμο γύρω μας. Με μεγαλύτερες ταχύτητες και χαμηλότερο λανθάνοντα χρόνο, επιτρέπει μια ευρεία γκάμα νέων εφαρμογών και υπηρεσιών που προηγουμένως ήταν αδύνατες.

## **4. ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ- ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)**

### **4.1 Περίληψη**

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) είναι μια κορυφαία τεχνολογία της τρέχουσας εποχής της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης (Industry 4.0 ή 4IR), με την ικανότητα να ενσωματώνει την ανθρώπινη συμπεριφορά και νοημοσύνη σε μηχανές ή συστήματα. Έτσι, η μοντελοποίηση που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη είναι το κλειδί για τη δημιουργία αυτοματοποιημένων, έξυπνων και έξυπνων συστημάτων σύμφωνα με τις σημερινές ανάγκες. Για την επίλυση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου, μπορούν να εφαρμοστούν διάφοροι τύποι τεχνητής νοημοσύνης, όπως αναλυτική, λειτουργική, διαδραστική, κειμενική και οπτική τεχνητή νοημοσύνη για την ενίσχυση της ευφυΐας και των δυνατοτήτων μιας εφαρμογής. Ωστόσο, η ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού μοντέλου τεχνητής νοημοσύνης είναι μια *πρόκληση* λόγω της δυναμικής φύσης και της διαφοροποίησης στα προβλήματα και τα δεδομένα του πραγματικού κόσμου. Σε αυτό το έγγραφο, παρουσιάζουμε μια περιεκτική άποψη για το «*Μοντελοποίηση βάσει τεχνητής νοημοσύνης*» με τις αρχές και τις δυνατότητες πιθανών *τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης* που μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη έξυπνων και έξυπνων συστημάτων σε διάφορους τομείς *εφαρμογών του πραγματικού κόσμου*, συμπεριλαμβανομένων των επιχειρήσεων, των οικονομικών και της υγειονομικής περίθαλψης, γεωργία, έξυπνες πόλεις, κυβερνοασφάλεια και πολλά άλλα. Επίσης, τονίζουμε και αναδεικνύουμε τα *ερευνητικά ζητήματα* στο πλαίσιο της μελέτης μας. Συνολικά, ο στόχος αυτής της εργασίας είναι να παράσχει μια ευρεία επισκόπηση της μοντελοποίησης που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως *οδηγός αναφοράς* από ακαδημαϊκούς και ανθρώπους του κλάδου καθώς και από φορείς λήψης αποφάσεων σε διάφορα σενάρια του πραγματικού κόσμου και τομείς εφαρμογών.

### **4.2 Εισαγωγή**

Σήμερα, ζούμε σε μια τεχνολογική εποχή, την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση, γνωστή ως Industry 4.0 ή 4IR [26, 27], η οποία οραματίζεται τις γρήγορες αλλαγές

στην τεχνολογία, τις βιομηχανίες, τα κοινωνικά πρότυπα και τις διαδικασίες ως συνέπεια της ενισχυμένης διασυνδεσιμότητας και του έξυπνου αυτοματισμού. Αυτή η επανάσταση επηρεάζει σχεδόν κάθε κλάδο σε κάθε χώρα και προκαλεί μια τεράστια αλλαγή με μη γραμμικό τρόπο με πρωτοφανή ρυθμό, με επιπτώσεις σε όλους τους κλάδους, τις βιομηχανίες και τις οικονομίες. Τρεις βασικοί όροι *Αυτοματισμός*, δηλαδή μείωση της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης στις λειτουργίες, *Ευφυής*, δηλ. ικανότητα εξαγωγής γνώσεων ή χρήσιμης γνώσης από δεδομένα και *Έξυπνος υπολογισμός*, π.χ. αυτο-παρακολούθηση, ανάλυση και αναφορά, γνωστοί ως αυτογνωσία, έχουν γίνει θεμελιώδη κριτήρια για το σχεδιασμό των σημερινών εφαρμογών και συστημάτων σε κάθε τομέα της ζωής μας, καθώς ο σημερινός κόσμος βασίζεται περισσότερο στην τεχνολογία από ποτέ. Η χρήση σύγχρονων έξυπνων τεχνολογιών επιτρέπει τη λήψη έξυπνότερων, ταχύτερων αποφάσεων σχετικά με την επιχειρηματική διαδικασία, αυξάνοντας τελικά την παραγωγικότητα και την κερδοφορία της συνολικής λειτουργίας, όπου η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) είναι γνωστή ως κορυφαία τεχνολογία στον τομέα. Η επανάσταση της τεχνητής νοημοσύνης, όπως και οι προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις που ξεκίνησαν μαζική οικονομική δραστηριότητα στην κατασκευή, το εμπόριο, τις μεταφορές και άλλους τομείς, έχει τη δυνατότητα να ηγηθεί της προόδου. Ως αποτέλεσμα, ο αντίκτυπος της τεχνητής νοημοσύνης στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση μας παρακινεί να επικεντρωθούμε εν συντομία στη « *μοντελοποίηση βασισμένη στην τεχνητή νοημοσύνη* » σε αυτό το έγγραφο.

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) είναι ένα ευρύ πεδίο της επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με την κατασκευή έξυπνων μηχανών ικανών να εκτελούν εργασίες που απαιτούν συνήθως ανθρώπινη νοημοσύνη. Με άλλα λόγια, μπορούμε να πούμε ότι στόχος του είναι να κάνει τους υπολογιστές έξυπνους και ευφυείς δίνοντάς τους τη δυνατότητα να σκέφτονται και να μαθαίνουν χρησιμοποιώντας προγράμματα ή μηχανές υπολογιστών, δηλαδή να μπορούν να σκέφτονται και να λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο που κάνουν οι άνθρωποι. Από φιλοσοφική άποψη, η τεχνητή νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να βοηθήσει τους ανθρώπους να ζήσουν πιο ουσιαστικές ζωές χωρίς να χρειάζεται να εργαστούν τόσο σκληρά, καθώς και να διαχειριστεί το

τεράστιο δίκτυο διασυνδεδεμένων ατόμων, επιχειρήσεων, κρατών και εθνών με τρόπο που να ωφελεί όλους. Έτσι, ο πρωταρχικός στόχος του ΑΙ είναι να επιτρέψει στους υπολογιστές και τις μηχανές να εκτελούν γνωστικές λειτουργίες όπως η επίλυση προβλημάτων, η λήψη αποφάσεων, η αντίληψη και η κατανόηση της ανθρώπινης επικοινωνίας. Ως εκ τούτου, η μοντελοποίηση που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη είναι το κλειδί για την κατασκευή αυτοματοποιημένων, έξυπνων και έξυπνων συστημάτων σύμφωνα με τις σημερινές ανάγκες, που έχει αναδειχθεί ως το επόμενο σημαντικό τεχνολογικό ορόσημο, επηρεάζοντας το μέλλον σχεδόν κάθε επιχείρησης κάνοντας κάθε διαδικασία καλύτερη, ταχύτερη και ακριβέστερη .

Ενώ η σημερινή Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση επικεντρώνεται συνήθως στον «αυτοματισμό, τα έξυπνα και έξυπνα συστήματα» που βασίζονται στην τεχνολογία, η τεχνολογία ΑΙ έχει γίνει μια από τις βασικές τεχνολογίες για την επίτευξη του στόχου. Ωστόσο, η ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού μοντέλου τεχνητής νοημοσύνης είναι μια πρόκληση λόγω της δυναμικής φύσης και της διαφοροποίησης στα προβλήματα και τα δεδομένα του πραγματικού κόσμου. Επομένως, λαμβάνουμε υπόψη διάφορες κατηγορίες τεχνητής νοημοσύνης: Η πρώτη είναι η « *Αναλυτική τεχνητή νοημοσύνη* » με τη δυνατότητα εξαγωγής γνώσεων από δεδομένα για την τελική παραγωγή συστάσεων και συμβάλλοντας έτσι στη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων. Το δεύτερο είναι το " *Λειτουργικό ΑΙ* ", το οποίο είναι παρόμοιο με το αναλυτικό ΑΙ. Ωστόσο, αντί να δίνει συστάσεις, αναλαμβάνει ενέργειες. Το τρίτο είναι το « *Διαδραστικό ΑΙ* » που συνήθως επιτρέπει στις επιχειρήσεις να αυτοματοποιούν την επικοινωνία χωρίς συμβιβασμούς στη διαδραστικότητα, όπως έξυπνους προσωπικούς βοηθούς ή chatbots. Το τέταρτο είναι το « *Textual ΑΙ* » που καλύπτει ανάλυση κειμένου ή επεξεργασία φυσικής γλώσσας μέσω της οποίας οι επιχειρήσεις μπορούν να απολαύσουν την αναγνώριση κειμένου, τη μετατροπή ομιλίας σε κείμενο, τη μηχανική μετάφραση και τις δυνατότητες παραγωγής περιεχομένου. και τέλος το πέμπτο είναι το « *Visual ΑΙ* » που καλύπτει πεδία όρασης υπολογιστή ή επαυξημένης πραγματικότητας, που συζητείται εν συντομία στο «Γιατί η τεχνητή νοημοσύνη στη σημερινή έρευνα και εφαρμογές;».

Αν και ο τομέας της «τεχνητής νοημοσύνης» είναι τεράστιος, εστιάζουμε κυρίως σε πιθανές τεχνικές για την επίλυση πραγματικών ζητημάτων, όπου τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αυτοματοποιημένων, ευφυών και έξυπνων συστημάτων σε διάφορους τομείς εφαρμογών. Για να δημιουργήσουμε μοντέλα που βασίζονται σε τεχνητή νοημοσύνη, ταξινομούμε διάφορες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης σε δέκα κατηγορίες: (1) μηχανική μάθηση. (2) νευρωνικά δίκτυα και βαθιά μάθηση. (3) εξόρυξη δεδομένων, ανακάλυψη γνώσης και προηγμένες αναλύσεις. (4) μοντελοποίηση και λήψη αποφάσεων βάσει κανόνων. (5) προσέγγιση βασισμένη σε ασαφή λογική. (6) αναπαράσταση γνώσης, συλλογιστική αβεβαιότητας και μοντελοποίηση συστημάτων εμπειρογνομόνων. (7) συλλογισμός που βασίζεται σε περιπτώσεις. (8) εξόρυξη κειμένου και επεξεργασία φυσικής γλώσσας. (9) οπτική ανάλυση, όραση υπολογιστή και αναγνώριση προτύπων. (10) υβριδισμός, αναζήτηση και βελτιστοποίηση. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη ευφυών και έξυπνων συστημάτων σε διάφορους τομείς *εφαρμογών του πραγματικού κόσμου* που περιλαμβάνουν τις επιχειρήσεις, τα οικονομικά, την υγειονομική περίθαλψη, τη γεωργία, τις έξυπνες πόλεις, την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και πολλά άλλα, ανάλογα με τη φύση του προβλήματος και τη λύση-στόχο.

---

### **4.3 Η επανάσταση της τεχνητής νοημοσύνης**

Η τεχνητή νοημοσύνη πρόκειται να επηρεάσει τις επιχειρήσεις όλων των σχημάτων και μεγεθών, σε όλους τους κλάδους. Τα υπάρχοντα προϊόντα ή υπηρεσίες μπορούν να βελτιωθούν με βιομηχανική τεχνητή νοημοσύνη για να γίνουν πιο αποτελεσματικά, αξιόπιστα και ασφαλή. Για παράδειγμα, η όραση υπολογιστή χρησιμοποιείται στην αυτοκινητοβιομηχανία για να αποφευχθούν οι συγκρούσεις και να επιτραπεί στα οχήματα να παραμείνουν στη λωρίδα τους, καθιστώντας την οδήγηση ασφαλέστερη. Τα πιο ισχυρά έθνη του κόσμου σπεύδουν να πηδήξουν στην τεχνητή νοημοσύνη και αυξάνουν τις επενδύσεις τους στον τομέα. Ομοίως, οι μεγαλύτερες και πιο ισχυρές εταιρείες εργάζονται σκληρά για να δημιουργήσουν

πρωτοποριακές λύσεις τεχνητής νοημοσύνης που θα τις φέρουν μπροστά από τον ανταγωνισμό.

---

#### 4.4 Κατανόηση διαφόρων τύπων τεχνητής νοημοσύνης

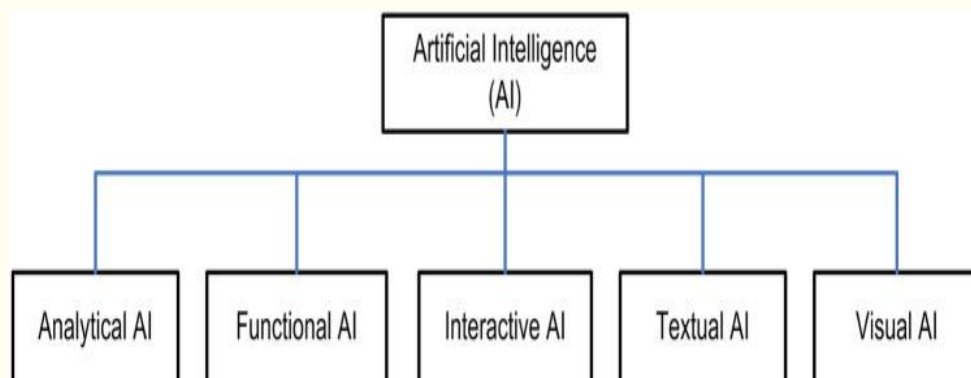
Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) ασχολείται κυρίως με την κατανόηση και την πραγματοποίηση έξυπνων εργασιών όπως η σκέψη, η απόκτηση νέων ικανοτήτων και η προσαρμογή σε νέα πλαίσια και προκλήσεις. Η τεχνητή νοημοσύνη θεωρείται επομένως κλάδος της επιστήμης και της μηχανικής που επικεντρώνεται στην προσομοίωση ενός ευρέος φάσματος θεμάτων και λειτουργιών στον τομέα της ανθρώπινης διανοητικής. Ωστόσο, λόγω της δυναμικής φύσης και της ποικιλομορφίας των πραγματικών καταστάσεων και δεδομένων, η δημιουργία ενός αποτελεσματικού μοντέλου τεχνητής νοημοσύνης είναι μια πρόκληση. Έτσι, για να λύσουμε διάφορα ζητήματα στη σημερινή Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση, εξερευνούμε διάφορους τύπους τεχνητής νοημοσύνης που περιλαμβάνουν αναλυτικό, λειτουργικό, διαδραστικό, κείμενο και οπτικό, για να κατανοήσουμε το θέμα της δύναμης της τεχνητής νοημοσύνης, όπως φαίνεται στο Σχ. 1. Στη συνέχεια, ορίζουμε το εύρος κάθε κατηγορίας όσον αφορά τις υπηρεσίες υπολογιστών και πραγματικών υπηρεσιών.

---

- *Αναλυτική τεχνητή νοημοσύνη:* Το Analytics αναφέρεται συνήθως στη διαδικασία εντοπισμού, ερμηνείας και επικοινωνίας σημαντικών προτύπων δεδομένων. Έτσι, η αναλυτική τεχνητή νοημοσύνη στοχεύει να ανακαλύψει νέες ιδέες, μοτίβα και σχέσεις ή εξαρτήσεις στα δεδομένα και να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων με γνώμονα τα δεδομένα. Επομένως, στον τομέα της σημερινής επιχειρηματικής ευφυΐας, γίνεται βασικό μέρος της τεχνητής νοημοσύνης που μπορεί να παρέχει πληροφορίες σε μια επιχείρηση και να δημιουργεί προτάσεις ή συστάσεις μέσω της ικανότητας αναλυτικής επεξεργασίας της. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνικές μηχανικής μάθησης [28] και βαθιάς μάθησης [29] για τη δημιουργία ενός αναλυτικού μοντέλου τεχνητής νοημοσύνης για την επίλυση ενός συγκεκριμένου πραγματικού προβλήματος. Για παράδειγμα, για την αξιολόγηση του επιχειρηματικού κινδύνου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα αναλυτικό μοντέλο που βασίζεται σε δεδομένα.
- *Λειτουργική τεχνητή νοημοσύνη:* Η λειτουργική τεχνητή νοημοσύνη λειτουργεί παρόμοια με την αναλυτική τεχνητή νοημοσύνη, επειδή διερευνά επίσης τεράστιες ποσότητες δεδομένων για μοτίβα και εξαρτήσεις. Το λειτουργικό AI, από την άλλη πλευρά, εκτελεί ενέργειες αντί να κάνει συστάσεις. Για παράδειγμα, ένα λειτουργικό μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης θα μπορούσε να είναι χρήσιμο στη ρομποτική και τις εφαρμογές IoT για την ανάληψη άμεσων μέτρων.

- *Διαδραστική τεχνητή νοημοσύνη:* Η διαδραστική τεχνητή νοημοσύνη συνήθως επιτρέπει την αποτελεσματική και διαδραστική αυτοματοποίηση της επικοινωνίας, η οποία είναι καθιερωμένη σε πολλές πτυχές της καθημερινής μας ζωής, ιδιαίτερα στον εμπορικό τομέα. Για παράδειγμα, για τη δημιουργία chatbot και έξυπνων προσωπικών βοηθών, ένα διαδραστικό μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης θα μπορούσε να είναι χρήσιμο. Κατά τη δημιουργία ενός διαδραστικού μοντέλου τεχνητής νοημοσύνης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ποικιλία τεχνικών όπως η μηχανική μάθηση, η συχνή εξόρυξη προτύπων, η συλλογιστική, η ευρετική αναζήτηση τεχνητής νοημοσύνης.
- *Textual AI:* Το Textual AI συνήθως καλύπτει ανάλυση κειμένου ή επεξεργασία φυσικής γλώσσας μέσω της οποίας οι επιχειρήσεις μπορούν να απολαμβάνουν αναγνώριση κειμένου, μετατροπή ομιλίας σε κείμενο, μηχανική μετάφραση καθώς και δυνατότητες δημιουργίας περιεχομένου. Για παράδειγμα, μια επιχείρηση μπορεί να χρησιμοποιήσει τεχνητή νοημοσύνη κειμένου για να υποστηρίξει ένα εσωτερικό αποθετήριο εταιρικής γνώσης για την παροχή σχετικών υπηρεσιών, π.χ. απαντώντας σε ερωτήματα των καταναλωτών.
- *Visual AI:* Το Visual AI είναι συνήθως ικανό να αναγνωρίζει, να ταξινομεί και να ταξινομεί στοιχεία, καθώς και να μετατρέπει εικόνες και βίντεο σε πληροφορίες. Έτσι, η οπτική τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να θεωρηθεί ως ένας κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών που εκπαιδεύει τις μηχανές να μαθαίνουν εικόνες και οπτικά δεδομένα με τον ίδιο τρόπο που κάνουν οι άνθρωποι. Αυτό το είδος τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιείται συχνά σε πεδία όπως η όραση υπολογιστή και η επαυξημένη πραγματικότητα.

Καθώς τα περισσότερα από τα ζητήματα του πραγματικού κόσμου χρειάζονται προηγμένες αναλύσεις [30] για να παρέχουν μια έξυπνη και έξυπνη λύση σύμφωνα με τις σημερινές ανάγκες, η αναλυτική τεχνητή νοημοσύνη που χρησιμοποιεί τεχνικές μηχανικής μάθησης (ML) και βαθιάς μάθησης (DL) μπορεί να διαδραματίσει βασικό ρόλο στην περιοχή υπολογιστών και συστημάτων που βασίζονται σε AI.



Εικ. 1

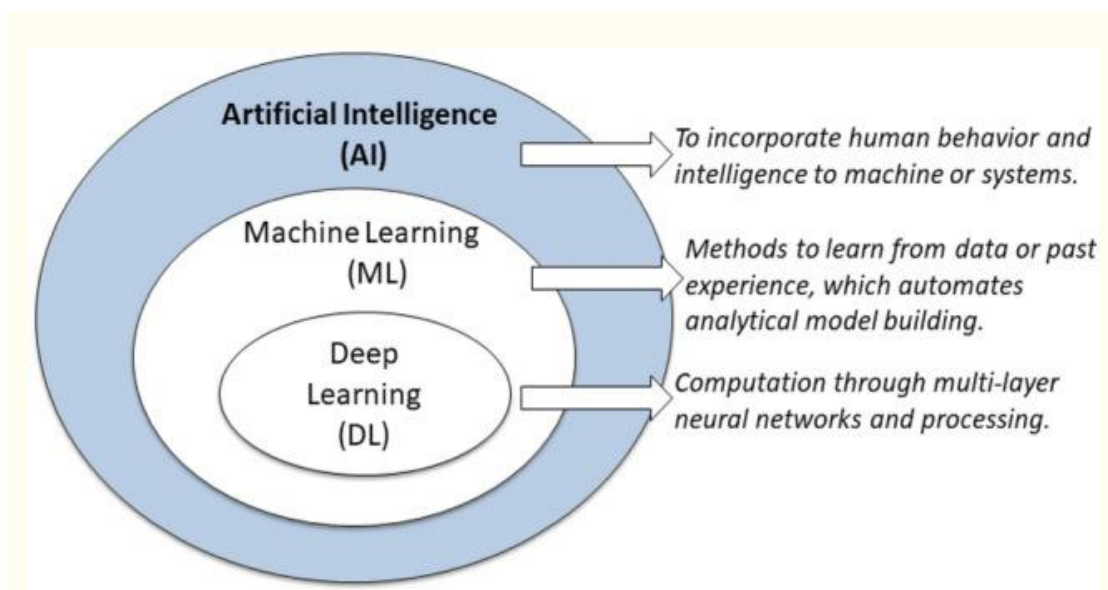
Διάφοροι τύποι τεχνητής νοημοσύνης (AI) λαμβάνοντας υπόψη τις παραλλαγές των πραγματικών ζητημάτων

#### 4.5 Η σχέση του AI με το ML και το DL

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI), η μηχανική μάθηση (ML) και η βαθιά μάθηση (DL) είναι τρεις εξέχουσες ορολογίες που χρησιμοποιούνται εναλλακτικά στις μέρες μας για να



αναπαραστήσουν ευφυή συστήματα ή λογισμικό. Η θέση της μηχανικής μάθησης και της βαθιάς μάθησης στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης απεικονίζεται στο Σχ. 2. Σύμφωνα με το Σχ. 2, το DL είναι ένα υποσύνολο του ML το οποίο είναι επίσης ένα υποσύνολο του AI. Γενικά, η AI [31] συνδυάζει την ανθρώπινη συμπεριφορά και τη νοημοσύνη σε μηχανές ή συστήματα, ενώ η ML είναι ένας τρόπος μάθησης από δεδομένα ή εμπειρία [28], που αυτοματοποιεί τη δημιουργία αναλυτικών μοντέλων. Η βαθιά μάθηση [29] αναφέρεται επίσης σε προσεγγίσεις μάθησης που βασίζονται σε δεδομένα που χρησιμοποιούν πολυεπίπεδα νευρωνικά δίκτυα και επεξεργασία για υπολογισμό. Στην προσέγγιση της βαθιάς μάθησης, ο όρος «Deep» αναφέρεται στην έννοια πολλών επιπέδων ή σταδίων μέσω των οποίων τα δεδομένα υποβάλλονται σε επεξεργασία για την ανάπτυξη ενός μοντέλου που βασίζεται σε δεδομένα.



Εικ. 2

Μια απεικόνιση της θέσης της μηχανικής μάθησης (ML) και της βαθιάς μάθησης (DL) στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης (AI)

Έτσι, τόσο το ML όσο και το DL μπορούν να θεωρηθούν ως βασικές τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, καθώς και ως σύνορο για την τεχνητή νοημοσύνη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ευφυών συστημάτων και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών. Ανεβάζει επίσης την τεχνητή νοημοσύνη σε ένα νέο επίπεδο, που ονομάζεται «Εξυπνότερο AI» με μάθηση βάσει δεδομένων. Υπάρχει επίσης μια σημαντική σχέση με την «Επιστήμη Δεδομένων» [30] επειδή τόσο η ML όσο και η DL μπορούν να μάθουν από τα δεδομένα. Αυτές οι μέθοδοι μάθησης μπορούν επίσης να διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο στην προηγμένη ανάλυση και στην έξυπνη λήψη αποφάσεων στην επιστήμη των δεδομένων, η οποία συνήθως αναφέρεται στην πλήρη διαδικασία εξαγωγής πληροφοριών σε δεδομένα σε έναν συγκεκριμένο τομέα προβλημάτων. Συνολικά, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τόσο οι τεχνολογίες ML όσο και οι τεχνολογίες DL έχουν τη δυνατότητα να μεταμορφώσουν τον σημερινό κόσμο, ιδιαίτερα από την άποψη μιας ισχυρής υπολογιστικής μηχανής, και να συμβάλουν στον αυτοματισμό που βασίζεται στην τεχνολογία, στα έξυπνα και έξυπνα συστήματα. Εκτός από αυτές τις τεχνικές εκμάθησης, αρκετές άλλες μπορούν να παίξουν το ρόλο στην ανάπτυξη μοντέλων βασισμένων στην τεχνητή νοημοσύνη σε διάφορους τομείς εφαρμογών του πραγματικού κόσμου, ανάλογα με τη φύση του προβλήματος και τη λύση.

## 4.6 Ιστορική Αναδρομή

Τα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης – Artificial Intelligence (AI) υπάρχουν ήδη στη σημερινή εποχή, άλλα σε πρώιμο στάδιο και άλλα εντελώς εξελιγμένα. Η αυτόνομη οδήγηση, η μετάφραση κειμένων διαφόρων γλωσσών, η αναγνώριση προσώπων, τα social media, ο εντοπισμός της τοποθεσίας, η εκτέλεση έργων τέχνης, κα., είναι μερικά από τα παραδείγματα που προσφέρει σήμερα η Τεχνητή Νοημοσύνη. Το AI κάνει την κύρια εμφάνισή του ήδη τη δεκαετία του 2000 και προκύπτει από το συνδυασμό της ικανότητας της μηχανής να «μαθαίνει» (machine learning) από τα «μεγάλα δεδομένα» (big data). Οι αλγόριθμοι που παίζουν καθοριστικό ρόλο σε αυτά τα συστήματα, λειτουργούν μέσα από τα δεδομένα βάσει στατιστικής και αναλύονται, δίνοντας τη δυνατότητα στις μηχανές να εκτελούν λειτουργίες υπολογισμού και άλλες, όπως ο άνθρωπος.

Από την άλλη πλευρά όμως, η τεχνολογία AI που βασίζεται σε δεδομένα, μπορεί να επεξεργαστεί μόνο μία εργασία κάθε φορά και δε δύναται, μέχρι στιγμής, να μεταφέρει τις γνώσεις που παράγονται.

«Strong AI» ή αλλιώς «Ισχυρή Τεχνητή Νοημοσύνη», που μπορεί να έχει στοιχεία ανθρώπινης νοημοσύνης και κοινής λογικής, και η οποία να μπορεί να θέσει τους δικούς της στόχους και εργασίες, δεν είναι ακόμα εφικτή.

Στη σημερινή εποχή υπάρχει η πεποίθηση ότι, εάν τα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης εξελιχθούν πάρα πολύ ώστε να αποφασίζουν και να εκτελούν εργασίες μόνα τους, χωρίς τη συγκατάθεση των ανθρώπων, οι κοινωνίες θα γνωρίσουν την λεγόμενη «εξέγερση των μηχανών». Αυτό το σενάριο όμως στην πραγματικότητα ευνοεί μόνο της επιχειρήσεις του θεάματος ταινιών επιστημονικής φαντασίας.

Η λειτουργία συστημάτων AI συνεπάγεται επίσης την προσαρμογή των νομικών πλαισίων κάθε χώρας σχετικά με τη συλλογή, τη χρήση και την αποθήκευσή τους.

Ένα εξίσου σημαντικό ζήτημα που πρέπει να μας απασχολήσει πέρα από την ιδιωτικότητα, είναι η πιθανή παρεκτροπή στα δεδομένα – μέσω της προκατάληψης- που παρέχονται στα συστήματα AI. Οι τεχνικοί υπολογιστικών συστημάτων λένε συνήθως πως εάν δώσεις μια ευτελή εντολή στο σύστημα, ευτελή δεδομένα θα συλλέξεις. Άρα λοιπόν πρέπει να γίνει κατανοητό πως δεν μπορούμε να λειτουργούμε με τη μεροληψία που υπάρχει μέσα μας, σε διάφορα θέματα, την ώρα που ζητάμε από ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης να εκτελέσει μια εργασία, διότι τότε, με τα δεδομένα που θα εξάγει, θα ενισχύσει τη μεροληψία μας στις αποφάσεις που θα λάβει.

Ένα λοιπόν από τα σημαντικότερα ζητήματα στη σημερινή εποχή είναι το επίπεδο αυτονομίας που παρέχεται στα AI συστήματα για τις αποφάσεις που θα μπορούσαν να αλλάξουν τον τρόπο διαβίωσής μας, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα συστήματα αυτά λειτουργούν βοηθητικά και δεν έχουν επίγνωση των πράξεων και εργασιών που εκτελούν διότι δεν αντιλαμβάνονται τις συνέπειες που μπορούν να προκαλέσουν, όπως αντιλαμβάνεται ο ανθρώπινος εγκέφαλος.

Η τεχνολογία AI θα αλλάξει τους ρυθμούς της κοινωνίας, την αγορά εργασίας, αλλά θα μπορούσε να έχει σοβαρό αντίκτυπο στην ανθρωπότητα μεγαλώνοντας τις ήδη προϋπάρχουσες ανισότητες. Πρέπει λοιπόν να μάθουμε ως κοινωνία να διαχειριζόμαστε τις καταστάσεις που είναι απόρροια της AI με σύνεση και λογική.

Πως ξεκίνησαν όλα: Το έτος 1936, ο άγγλος μαθηματικός Alan Turing δημιούργησε την μηχανή Turing, ένα υπολογιστή ο οποίος θα μπορούσε μετά από συνεχείς υπολογισμούς και εκτελέσεις εργασιών να "σπάσει" τους κρυπτογραφημένους κώδικες που έστελναν οι δυνάμεις των Ναζί μεταξύ τους, μέσω των μηχανών enigma. Το γεγονός αυτό βοήθησε στην ανάπτυξη της πληροφορικής και των υπολογιστών όπως τους ξέρουμε σήμερα. Το έτος 1950, ο Turing δημοσίευσε μία μελέτη με τίτλο «Υπολογιστικά μηχανήματα και νοημοσύνη», η οποία συχνά επισημαίνεται ως η αφετηρία της τεχνητής νοημοσύνης, δηλαδή της ικανότητας μιας μηχανής να υπολογίζει και να εκτελεί εργασίες όπως ο άνθρωπος.

### ***Symbolic AI***

Μετά την αρωγή του Alan Turing η τεχνολογία της Τεχνητής Νοημοσύνης ξεκινά να αναπτύσσεται σε πρώιμο στάδιο ακόμη βεβαίως, τη δεκαετία του 1960. Η βασική στοιχειοθέτηση ήταν ότι θα δυνάμεθα να αποκωδικοποιήσουμε τις ανθρώπινες συμπεριφορές ως μια ακολουθία λογικών εντολών και εργασιών, με τη βοήθεια των αλγορίθμων, τους οποίους οι μηχανές θα μπορούσαν να εκτελέσουν ώστε να δώσουν ως αποτέλεσμα μία ανθρώπινη συμπεριφορά. Τα δεδομένα που εμφάνιζε η μηχανή στη συνέχεια θα μπορούσαν να μετατραπούν σε σύμβολα (λογικούς τύπους και γραφήματα) που ο υπολογιστής θα μπορούσε να διαχειριστεί χρησιμοποιώντας ένα σύνολο εντολών.

Η ιδέα αυτή οδήγησε στη δημιουργία συστημάτων πληροφορικής και συστημάτων γνώσης που λειτουργούν με γνώμονα τα γνωστικά προβλήματα του ανθρώπου ώστε να επιτευχθεί η επίλυση τους. Ένα σύστημα γνώσης αποτελούμενο από μια βάση πληροφοριών που αντιπροσωπεύει τα γνωστικά στοιχεία του ανθρώπου και μια μηχανή η οποία εξάγει συμπεράσματα, άρα και νέες γνώσεις, θα μπορούσε να ωφεληθεί σε πολλά επίπεδα εργασιών, από τον έλεγχο της συμπεριφοράς ενός συστήματος μέχρι την παροχή διάγνωσης που χρειάζεται για τη λήψη μίας απόφασης ή κατάστασης.

### ***Η αποτυχία της Symbolic AI***

Η Symbolic AI όμως δεν οδηγήθηκε πουθενά διότι η μετατροπή της γνώσης σε σύμβολα και πίνακες κανόνων θα χρειαζόταν μια μηχανή με τεράστια επεξεργαστική ισχύ και μέσα αποθήκευσης, για να εκτελέσει μία εντολή. Οι προγραμματιστές θα έπρεπε να εξετάσουν όλες τις παραμέτρους που θα μπορούσε να διαχειριστεί το μηχανήμα, ώστε η λειτουργία του να είναι αλάνθαστη και να προσφέρει όντως γνώση. Επίσης, σύμφωνα με τις τότε έρευνες στις νευροεπιστήμες, ο άνθρωπος κατανοούσε πλέον ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι ένα όργανο το οποίο είναι δυνατό να εκτελέσει άπειρες διεργασίες και οι συνάψεις του δεν έχουν ακόμα εξερευνηθεί πλήρως, κάτι το οποίο ήταν ανυπέρβλητο εμπόδιο στο να αναπτυχθεί η τεχνολογία της Symbolic AI.

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1970 έως τα τέλη της δεκαετίας του 1980, υπάρχει παύση στην ανάπτυξη της AI τεχνολογίας.

Στη δεκαετία του 1990 και συγκεκριμένα το έτος 1997, υπήρξε ένα συμβάν που έκανε πάταγο σε όλα τα μέσα της εποχής. Ήταν ένα παιχνίδι σκάκι μεταξύ του ενός εκ των καλύτερων παικτών όλων των εποχών, του Ρώσου Γκάρι Κασπάροφ και ενός υπολογιστή εν ονόματι Deep Blue. Ο Deep Blue με τη χρήση αλγορίθμων που επέτρεπαν την διαχείριση εκατομμυρίων δυνατοτήτων και εντολών ανά δευτερόλεπτο με αποτέλεσμα να εκτελείται πάντα η καλύτερη κίνηση στο παιχνίδι, με εκπληκτική

υπολογιστική ισχύ που όμως δεν σημαίνει ότι ήταν μηχανή Τεχνητής Νοημοσύνης, κέρδισε το παιχνίδι. Έμελε λοιπόν να ανοίξει το δρόμο σε νέες έρευνες που θα οδηγούσαν την ΑΙ σε αυτό που είναι σήμερα.

## 4.7 Data driven AI

Από το έτος 2000 και έπειτα, μια νέα τεχνολογία ΑΙ θα έβγαινε στο προσκήνιο. Το γεγονός ότι ήδη κατείχαμε την τεχνολογία στο να μαθαίνει μια μηχανή με βάση αλγορίθμους αλλά και τα υψηλά ποσοστά δεδομένων που ήδη αποθηκεύαμε χάρη του ψηφιακού κόσμου, θα αποτελούσαν την αρχή της Τεχνητής Νοημοσύνης όπως την ξέρουμε σήμερα.

### Μηχανική μάθηση – Machine learning

Η ανθρώπινη νοημοσύνη επιτυγχάνεται μέσω της μάθησης, έτσι λοιπόν στην τεχνητή νοημοσύνη, η μάθηση είναι η ικανότητα χρήσης της εμπειρίας μέσα από τα δεδομένα, για τη βελτίωση της συμπεριφοράς της.

Μέσω των νευροεπιστημών κατανοούμε ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος λειτουργεί μέσω συνάψεων που επικοινωνούν μεταξύ τους, σχηματίζοντας έτσι ένα δίκτυο νευρώνων. Τα νευρωνικά δίκτυα δύνανται να αποθηκεύουν πληροφορίες και κατά συνέπεια να βοηθούν στη μάθηση. Το αποτέλεσμα αυτών ήταν να δημιουργηθούν τεχνητά νευρωνικά δίκτυα. Σε ένα ΤΝΔ, ένας τεράστιος αριθμός τεχνητών νευρώνων συνδέονται μεταξύ και λειτουργούν ως ένα πολύπλοκο δίκτυο αλληλεπιδράσεων με διαφορετικά επίπεδα, όπως του ανθρώπινου εγκεφάλου. Όταν ληφθεί ένα σήμα εισόδου, ένα δεδομένο, το δίκτυο παράγει ένα σήμα εξόδου που προκύπτει από τις αλληλεπιδράσεις στους τεχνητούς νευρώνες. Η βασική λειτουργία του ΤΝΔ είναι ότι το πρόγραμμα μπορεί να αλλάξει τις αλληλεπιδράσεις στο δίκτυο, έως ότου επιτευχθεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, με σκοπό να μπορούν οι μηχανές να μαθαίνουν και να εκπαιδεύονται.

Τα αποτελέσματα και οι γνώσεις του ΤΝΔ αποθηκεύονται στο δίκτυο, όπως στο δίκτυο του ανθρώπινου εγκεφάλου. Έχοντας στη χρήση αρκετά επίπεδα του ΤΝΔ και με την αλληλεπίδραση διαφορετικών τεχνικών μηχανικής μάθησης, φθάσαμε στο σημείο να ονομάσουμε αυτή την τεχνολογία, βαθιά μάθηση – deep learning.

Εξαιτίας του τεράστιου όγκου δεδομένων που υφίσταται πλέον και που συνεχώς αυξάνεται, αυτή η νέα γενιά τεχνητής νοημοσύνης χαρακτηρίζεται ως data driven ΑΙ. Η γενιά αυτή χρησιμοποιεί ουσιαστικά τα δικά μας δεδομένα που συλλέγονται κυρίως από τα δίκτυα αποθηκευτικού χώρου – cloud, χάρη της ψηφιακής εποχής.

Αν για παράδειγμα έχουμε σκοπό μια μηχανή να μάθει να αναγνωρίζει εικόνες με σκύλους, η μηχανή θα γεμίσει με εκατομμύρια φωτογραφίες, συμπεριλαμβανομένων φωτογραφιών με σκύλους αλλά και με εντελώς διαφορετικά αντικείμενα και τοπία. Κάθε φορά που μια φωτογραφία παρουσιάζεται σαν μια είσοδος νέου δεδομένου στο δίκτυο, θα δίνει μια έξοδο που θα είναι σκύλος ή κάτι που δεν είναι σκύλος. Εάν, η έξοδος του αποτελέσματος είναι σωστή, το δίκτυο θα ενισχύσει τις εσωτερικές του αλληλεπιδράσεις. Εάν, η έξοδος είναι λανθασμένη, θα πρέπει να αλλάξει τις αλληλεπιδράσεις του για να συμπεριλάβει τις σωστές πληροφορίες. Μετά την ανάλυση εκατομμυρίων εικόνων, οι αλληλεπιδράσεις του ΤΝΔ θα ενισχύσουν το

πρόγραμμα ώστε να αναγνωρίζει τις εικόνες με σκύλους και όχι κάποια που δεν περιέχει σκύλους.

### **Supervised – Non supervised μηχανική μάθηση**

Στα πλαίσια της μηχανικής μάθησης, αυτή μπορεί να ελέγχεται από ανθρώπινο παράγοντα, μπορεί όμως και όχι.

Στη Supervised μάθηση, η μηχανή μαθαίνει να εκτελεί μια συγκεκριμένη εργασία, όπως για παράδειγμα να αναγνωρίσει σκύλους στις εικόνες. Κρίνεται αναγκαίο λοιπόν να λάβει το σύστημα τεράστιες ποσότητες δεδομένων, που στην προκειμένη περίπτωση είναι εικόνες που να απεικονίζονται σκύλοι ή κάτι άλλο.

Το μηχάνημα λοιπόν, το οποίο διαχειρίζεται από προγραμματιστές, πρέπει να εξακριβωθεί εάν παρέχει τη σωστή απάντηση για κάθε εικόνα που αναλύει στην εργασία της μάθησης.

Στον αντίποδα, στη non supervised μάθηση, δεν τροφοδοτείται κανένα στοιχείο από την αρχή της εργασίας και τα δεδομένα δεν έχουν τίτλο όπως σκύλος ή κάτι διαφορετικό. Η μηχανή από μόνη της ψάχνει να βρει τον σκύλο στις εικόνες.

Μαθαίνοντας από τις εκατομμύρια εικόνες, το πρόγραμμα θα δημιουργήσει δική του «γλώσσα» μέσα από τα δεδομένα που έχει λάβει και θα είναι δυνατό να παρέχει ατελείωτα μοντέλα με βάση τις εικόνες.

## **4.8 Ο βασικός πυλώνας του machine learning**

Το γεγονός ότι μια μηχανή μαθαίνει και εξελίσσεται εξαρτάται από τα στοιχεία του αλγόριθμου να βρει ομοιότητες ή διαφοροποιήσεις στα δεδομένα ανάλυσής του.

Όπως όταν εκτελεί το πρόγραμμα για την εξεύρεση του σκύλου μέσα από διάφορες εικόνες, εξετάζει τα δεδομένα της εικόνας, κάθε μιας ξεχωριστά, ώστε μετά από μια τεράστια συλλογή να είναι δυνατό να ξεχωρίζει τους σκύλους.

Στο Symbolic AI, θα έπρεπε πρώτα να υπάρξει ο συμβολισμός του σκύλου σε ένα πρόγραμμα για το πώς μοιάζει ο σκύλος, έτσι ώστε να μπορεί εκείνο να αναγνωρίσει την εικόνα του. Έτσι λοιπόν θα έπρεπε να προγραμματιστεί η μηχανή, ώστε να βρίσκει τμήματα του σκύλου στην εικόνα.

Συνεπώς, αυτή η εργασία θα ήταν περίπλοκη με ζήτηση τεράστιας υπολογιστικής ισχύος.

Οι σύγχρονες όμως τεχνικές machine learning έχουν βελτιστοποιηθεί τα μέγιστα και μπορούν να διαχειρίζονται υψηλές ποσότητες δεδομένων για να βρουν συσχετισμούς. Ωστόσο, ένα γνώρισμα των μηχανών machine learning είναι ότι δεν υπάρχει τρόπος να κατανοήσουμε πώς η μηχανή φτάνει στο συμπέρασμα της και πώς καταλήγει στο συμπέρασμά της σε μια εργασία.

## 4.9 Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης με βάση τα δεδομένα

Στη σημερινή εποχή η Τεχνητή Νοημοσύνη αποτελεί ένα βασικό μοχλό ανάμεσα στις εργασίες που εκτελούν οι άνθρωποι μέσω της τεχνολογίας.

Υπάρχουν διάφορα παραδείγματα εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης σε αρκετούς τομείς όπως:

Η αυτόματη μετάφραση, η αναγνώριση ομιλίας, από υπολογιστικές μηχανές όπως το Google Translate.

Τα συστήματα αναγνώρισης προσώπων που χρησιμοποιούνται από αστυνομικές αρχές ή για ξεκλείδωμα ενός smartphone.

Η αυτόνομη οδήγηση: όπου ένα όχημα με διάφορους αισθητήρες και μικροκάμερες αλλά και με τη δυνατότητα σύνδεσης μέσω ασύρματων δικτύων σε βάσεις δεδομένων και cloud, αναλύει συνεχώς τα δεδομένα που λαμβάνει χάρη στην τεχνολογία AI.

Χώρος υγείας: όπου η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο συνδράμοντας ώστε να διαπιστωθεί μια πάθηση σε ελάχιστο χρόνο.

Καλλιτεχνική Τεχνητή Νοημοσύνη, με την οποία η δημιουργία έργων τέχνης και διάφορων μυθιστορημάτων μπορεί να γίνει πραγματικότητα.

Τέλος, συστήματα προσωπικών βοηθών όπως η Alexa, βοηθούν τον χρήστη στις καθημερινές εργασίες του.

## 4.10 Περιορισμοί της Τεχνητής Νοημοσύνης

### Narrow/ weak AI

Με την έννοια Narrow/ weak AI χαρακτηρίζουμε την τεχνητή νοημοσύνη που έχει ως πομπό τα δεδομένα. Δύναται λοιπόν να εκτελέσει με άριστο τρόπο την εργασία που της έχει ανατεθεί, όπως για παράδειγμα να αναγνωρίσει σκύλους ανάμεσα σε πλήθος φωτογραφιών, όμως τη ίδια ώρα δεν μπορεί να εξηγήσει τι περιέχουν οι άλλες εικόνες. Έτσι λοιπόν τα πάντα εξαρτώνται από ποια εργασία θέλει ο εκάστοτε προγραμματιστής να εκτελέσει. Η μάθηση σε μια συγκεκριμένη εργασία δεν περνά σε άλλη και το αντίστροφο.

Η AI λοιπόν είναι νέα μορφή νοημοσύνης, διαχωρίζεται όμως από αυτή του ανθρώπινου εγκεφάλου, διότι εξαρτάται από δεδομένα και τις εκάστοτε εντολές.

Μπορεί λοιπόν να υφίσταται τεχνολογική ευφυΐα στα συστήματα AI, όμως λείπει η λογική του ανθρώπινου νου και της ελεύθερης βούλησης. Δεν μπορούν τα συστήματα να βγάλουν συμπεράσματα και έτσι να κρίνουν και τις συνέπειες βασιζόμενα μόνο σε δεδομένα όπως εικόνες κλπ. Αυτή η ικανότητα κατανόησης του κόσμου, αποτελεί μία βασική ικανότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου που συνεχώς μαθαίνει και εξελίσσεται, αποκτά δηλαδή συνείδηση. Τα μηχανήματα δεν έχουν συνείδηση και δεν καταλαβαίνουν τι συνιστά η μελέτη ενός πράγματος κλπ.

### 4.11 Strong AI

Ο πρωτεύων στόχος της Τεχνητής Νοημοσύνης ήταν να υπάρξουν μηχανές με τα ίδια επίπεδα ευφυΐας και νοημοσύνης με τους ανθρώπους. Στις μέρες μας το γεγονός αυτό εκφράζεται με τον όρο: Strong AI.

Περνάμε λοιπόν στον κόσμο όπου οι μηχανές θα μπορούν να εκτελούν διάφορης κλίμακας ενέργειες έχοντας αναπτύξει ακόμη συνείδηση και συναισθήματα.

Η ΑΙ στο εγγύς μέλλον μπορεί να έχει τη δυνατότητα της αυτοβελτίωσης, οδηγώντας έτσι σε αύξηση της ευφυΐας της.

Φτάνει μόνο να δούμε εάν θα ξεπεράσει το συλλογικό επίπεδο της ανθρώπινης νοημοσύνης.

#### **4.12 Προκλήσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης**

Η λειτουργία των συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης έγκειται στη χρήση αποθηκευτικών χώρων cloud, όπου βρίσκονται και συνεχώς αυξάνονται τα δεδομένα των ανθρώπων που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο, smart συσκευές και άλλα. Οι σημαντικότερες λοιπόν προκλήσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης είναι να διασφαλιστούν τα εν λόγω δεδομένα με τρόπο απαραβίαστο έτσι ώστε να προστατεύονται τα προσωπικά δεδομένα των χρηστών.

Επίσης η ποιότητα των δεδομένων είναι κάτι που πρέπει να τεθεί ως πρόκληση. Το γεγονός ότι υπάρχει μεροληψία στα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για τα συστήματα ΑΙ, μπορεί να οδηγήσει σε διχασμούς μεταξύ των κοινωνιών. Για παράδειγμα εάν εμείς σαν κοινωνία έχουμε προκαταλήψεις στη σεξουαλική ζωή των ανθρώπων και διοχετεύσουμε στο σύστημα αυτά τα δεδομένα, το ίδιο το σύστημα θα αναπαράγει τα δικά μας πιστεύω.

Η μεγαλύτερη από τις προκλήσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης δεν θα μπορούσε να είναι άλλη από την αυτονομία και την ελεύθερη βούληση των μηχανών.

Είναι εξαιρετικά αναγκαίο να υπάρξει ένα κατάλληλο νομικό πλαίσιο για την προστασία των δεδομένων μας, αλλά και για τον έλεγχο των αλγορίθμων που λαμβάνουν χώρα στον προγραμματισμό των ΑΙ μηχανών.

Τέλος η ΑΙ και η ανάπτυξη της ρομποτικής δημιουργεί ανησυχίες, σχετικά με την αγορά εργασίας, καθώς αρκετές θέσεις εργασίας βρίσκονται προ των πυλών να εκλείψουν λόγω της Τεχνητής Νοημοσύνης και το αυτοματοποιημένο πλαίσιο που προσφέρει.

## 5. ΑΙ στην Υγεία



Η εμφάνιση της τεχνητής νοημοσύνης (ΑΙ) στην υγειονομική περίθαλψη ήταν πρωτοποριακή, αναδιαμορφώνοντας τον τρόπο με τον οποίο διαγιγνώσκουμε, θεραπεύουμε και παρακολουθούμε τους ασθενείς. Αυτή η τεχνολογία βελτιώνει δραστικά την έρευνα και τα αποτελέσματα στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, παράγοντας πιο ακριβείς διαγνώσεις και επιτρέποντας πιο εξατομικευμένες θεραπείες. Η τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη Η ικανότητα της υγειονομικής περίθαλψης να αναλύει τεράστιες ποσότητες κλινικής τεκμηρίωσης βοηθά τους επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου να εντοπίσουν δείκτες ασθενειών και τάσεις που διαφορετικά θα παραβλέπονταν. Οι πιθανές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης και της υγειονομικής περίθαλψης είναι ευρείες και εκτενείς, από τη σάρωση ακτινολογικών εικόνων για έγκαιρη ανίχνευση έως την πρόβλεψη αποτελεσμάτων από ηλεκτρονικά αρχεία υγείας . Αξιοποιώντας την τεχνητή νοημοσύνη σε νοσοκομειακά περιβάλλοντα και κλινικές, τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να γίνουν πιο έξυπνα, πιο γρήγορα και πιο αποτελεσματικά στην παροχή περίθαλψης σε εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως. Η τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη αποδεικνύεται πραγματικά το μέλλον - μεταμορφώνοντας τον τρόπο με τον οποίο οι ασθενείς λαμβάνουν ποιοτική περίθαλψη, μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος για τους παρόχους και βελτιώνοντας τα αποτελέσματα υγείας.

Όλα ξεκίνησαν με το σύστημα τεχνητής νοημοσύνης Watson της IBM, το οποίο αναπτύχθηκε για να απαντά σε ερωτήσεις με ακρίβεια και ταχύτητα. Άρθρα για την τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη αναφέρουν το λανσάρισμα από την IBM μιας έκδοσης του Watson ειδικά για την υγειονομική περίθαλψη το 2011 που επικεντρώθηκε στην επεξεργασία φυσικής γλώσσας — την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την κατανόηση και την ερμηνεία της ανθρώπινης επικοινωνίας. Σήμερα, παράλληλα με την IBM, άλλοι τεχνολογικοί γίγαντες όπως η Apple, η Microsoft και η Amazon επενδύουν όλο και περισσότερο σε τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης για τον τομέα της υγείας.

Οι πιθανές επιπτώσεις της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη είναι πραγματικά αξιοσημείωτες. Η τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη αναμένεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στον επαναπροσδιορισμό του τρόπου με τον οποίο επεξεργαζόμαστε δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης, διαγιγνώσκουμε ασθένειες, αναπτύσσουμε θεραπείες και ακόμη και τις προλαμβάνουμε συνολικά. Χρησιμοποιώντας την τεχνητή νοημοσύνη στην



υγειονομική περίθαλψη, οι επαγγελματίες του ιατρικού τομέα μπορούν να λάβουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις με βάση πιο ακριβείς πληροφορίες - εξοικονομώντας χρόνο, μειώνοντας το κόστος και βελτιώνοντας συνολικά τη διαχείριση ιατρικών αρχείων. Από τον εντοπισμό νέων θεραπειών για τον καρκίνο έως τη βελτίωση των εμπειριών των ασθενών, η τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη υπόσχεται να αλλάξει το παιχνίδι - οδηγώντας το δρόμο προς ένα μέλλον όπου οι ασθενείς λαμβάνουν ποιοτική φροντίδα και θεραπεία πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ακρίβεια από ποτέ.

Ας ρίξουμε μια ματιά σε μερικούς από τους διαφορετικούς τύπους τεχνητής νοημοσύνης και τα οφέλη της βιομηχανίας υγειονομικής περίθαλψης που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση τους.

## 5.1 Μηχανική Μάθηση

Η μηχανική μάθηση είναι ένα από τα πιο κοινά παραδείγματα τεχνητής νοημοσύνης και υγειονομικής περίθαλψης που συνεργάζονται. Είναι μια ευρεία τεχνική στον πυρήνα πολλών προσεγγίσεων της τεχνητής νοημοσύνης και της τεχνολογίας υγειονομικής περίθαλψης και υπάρχουν πολλές εκδοχές της.

Η Μηχανική Μάθηση έχει αλλάξει το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης επιτρέποντας τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική διάγνωση και θεραπεία. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να επεξεργάζονται γρήγορα μεγάλους όγκους κλινικής τεκμηρίωσης, να αναγνωρίζουν μοτίβα και να κάνουν προβλέψεις για ιατρικά αποτελέσματα με μεγαλύτερη ακρίβεια από ποτέ. Από την ανάλυση των αρχείων ασθενών και την ιατρική απεικόνιση έως την ανακάλυψη νέων θεραπειών, η επιστήμη των δεδομένων πίσω από τη μηχανική μάθηση βοηθά τους επαγγελματίες υγείας να βελτιώσουν τις θεραπείες τους και να μειώσουν το κόστος. Αξιοποιώντας τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης όπως η μηχανική μάθηση για εργασίες όπως η διάγνωση ασθενειών ή η ανακάλυψη και ανάπτυξη φαρμάκων, οι γιατροί μπορούν να διαγνώσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις ασθένειες και να προσαρμόσουν τις θεραπείες στις ανάγκες των μεμονωμένων ασθενών. Επιπλέον, η χρήση τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη, όπως η μηχανική μάθηση, επιτρέπει στους παρόχους να αποκαλύπτουν συσχετίσεις που δεν είχαν προηγουμένως εμφανιστεί στα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης μεταξύ ασθενειών ή να ανιχνεύσουν ανεπαίσθητες αλλαγές στα ζωτικά σημεία που μπορεί να υποδηλώνουν πιθανό πρόβλημα.

Η πιο διαδεδομένη χρήση της παραδοσιακής μηχανικής μάθησης είναι η ιατρική ακριβείας. Το να μπορούμε να προβλέψουμε ποιες θεραπευτικές διαδικασίες είναι πιθανό να είναι επιτυχείς με τους ασθενείς με βάση τη σύνθεση και το θεραπευτικό πλαίσιο είναι ένα τεράστιο άλμα προς τα εμπρός για την επιστήμη των δεδομένων πολλών οργανισμών υγειονομικής περίθαλψης. Η πλειονότητα της τεχνολογίας AI στην υγειονομική περίθαλψη που χρησιμοποιεί εφαρμογές μηχανικής μάθησης και ιατρικής ακριβείας απαιτεί ιατρικές εικόνες και κλινικά δεδομένα για εκπαίδευση, για τα οποία το τελικό αποτέλεσμα είναι γνωστό. Αυτό είναι γνωστό ως εποπτευόμενη μάθηση.

Η τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη που χρησιμοποιεί βαθιά μάθηση χρησιμοποιείται επίσης για την αναγνώριση ομιλίας με τη μορφή

επεξεργασίας φυσικής γλώσσας. Τα χαρακτηριστικά στα μοντέλα βαθιάς μάθησης έχουν συνήθως μικρή σημασία για τους ανθρώπινους παρατηρητές και επομένως τα αποτελέσματα του μοντέλου μπορεί να είναι δύσκολο να οριοθετηθούν χωρίς σωστή ερμηνεία. Καθώς η τεχνολογία βαθιάς μάθησης συνεχίζει να προοδεύει, θα γίνεται όλο και πιο σημαντικό για τους επαγγελματίες υγείας να κατανοήσουν πώς λειτουργεί η τεχνολογία βαθιάς μάθησης και πώς να τη χρησιμοποιούν αποτελεσματικά σε κλινικά περιβάλλοντα.

## 5.2 Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας

Η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP) είναι μια μορφή τεχνητής νοημοσύνης που επιτρέπει στους υπολογιστές να ερμηνεύουν και να χρησιμοποιούν την ανθρώπινη γλώσσα. Αυτή η μορφή τεχνολογίας έχει αναδιαμορφώσει πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένου του κλάδου της υγειονομικής περίθαλψης. Στην υγειονομική περίθαλψη, το NLP χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών δεδομένων υγείας, όπως η βελτίωση της φροντίδας των ασθενών μέσω καλύτερης ακρίβειας διάγνωσης, ο εξορθολογισμός των κλινικών διαδικασιών και η παροχή πιο εξατομικευμένων υπηρεσιών.

Για παράδειγμα, το NLP μπορεί να εφαρμοστεί σε ιατρικά αρχεία για την ακριβή διάγνωση ασθενειών εξάγοντας χρήσιμες πληροφορίες από δεδομένα υγείας. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό σχετικών θεραπειών και φαρμάκων για κάθε ασθενή ή ακόμη και την πρόβλεψη πιθανών κινδύνων για την υγεία που βασίζονται σε προηγούμενα δεδομένα υγείας. Επιπλέον, το NLP παρέχει επίσης στους κλινικούς ιατρούς ισχυρά εργαλεία για τη διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων σύνθετων δεδομένων - κάτι που κανονικά θα διαρκέσει πολύ περισσότερο για να κάνει με το χέρι.

Η επεξεργασία της φυσικής γλώσσας αποδεικνύεται ένα ανεκτίμητο εργαλείο στην υγειονομική περίθαλψη - επιτρέποντας στους επαγγελματίες του ιατρικού τομέα να χρησιμοποιούν τεχνητή νοημοσύνη για να διαγνώσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις ασθένειες και να παρέχουν καλύτερες εξατομικευμένες θεραπείες για τους ασθενείς τους. Αυτή η μορφή ΑΙ στην υγειονομική περίθαλψη γίνεται γρήγορα απαραίτητη για τη σύγχρονη βιομηχανία υγειονομικής περίθαλψης και είναι πιθανό να γίνει ακόμα πιο εξελιγμένη και να χρησιμοποιηθεί σε ευρύτερο φάσμα εφαρμογών.

## 5.3 Εμπειρικά συστήματα που βασίζονται σε κανόνες

Τα έμπειρα συστήματα που βασίζονται σε παραλλαγές των κανόνων «αν-τότε» ήταν η κυρίαρχη τεχνολογία για την τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη τη δεκαετία του '80 και τις μεταγενέστερες περιόδους. Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη χρησιμοποιείται ευρέως για την υποστήριξη κλινικών αποφάσεων μέχρι σήμερα. Πολλά συστήματα ηλεκτρονικών μητρώων υγείας (EHR) διαθέτουν επί του παρόντος ένα σύνολο κανόνων με τις προσφορές λογισμικού τους.

Τα έμπειρα συστήματα συνήθως απαιτούν από ανθρώπους ειδικούς και μηχανικούς να δημιουργήσουν μια εκτεταμένη σειρά κανόνων σε μια συγκεκριμένη περιοχή γνώσης. Λειτουργούν καλά μέχρι ένα σημείο και είναι εύκολο να ακολουθηθούν

και να επεξεργαστούν. Αλλά καθώς ο αριθμός των κανόνων μεγαλώνει πάρα πολύ, συνήθως υπερβαίνει τις αρκετές χιλιάδες, οι κανόνες μπορεί να αρχίσουν να έρχονται σε σύγκρουση μεταξύ τους και να καταρρέουν. Επίσης, εάν η περιοχή γνώσης αλλάξει σημαντικά, η αλλαγή των κανόνων μπορεί να είναι επαχθής και επίπονη. Η μηχανική μάθηση στην υγειονομική περίθαλψη αντικαθιστά αργά τα συστήματα που βασίζονται σε κανόνες με προσεγγίσεις που βασίζονται στην ερμηνεία δεδομένων χρησιμοποιώντας ιδιόκτητους ιατρικούς αλγόριθμους.

## 5.4 Εφαρμογές διάγνωσης και θεραπείας

Η διάγνωση και η θεραπεία ασθενειών βρίσκεται στον πυρήνα της τεχνητής νοημοσύνης ΑΙ στον τομέα της υγείας τα τελευταία 50 χρόνια. Τα πρώιμα συστήματα βασισμένα σε κανόνες είχαν τη δυνατότητα να διαγνώσουν και να θεραπεύσουν με ακρίβεια τη νόσο, αλλά δεν ήταν πλήρως αποδεκτά για κλινική πρακτική. Δεν ήταν σημαντικά καλύτεροι στη διάγνωση από τους ανθρώπους και η ολοκλήρωση ήταν λιγότερο από ιδανική με τις ροές εργασίας των κλινικών και τα συστήματα ρεκόρ υγείας.

Ωστόσο, είτε βασίζεται σε κανόνες είτε αλγοριθμικά, η χρήση τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη για σχέδια διάγνωσης και θεραπείας μπορεί συχνά να είναι δύσκολο να συνδυαστεί με κλινικές ροές εργασιών και συστήματα EHR. Τα θέματα ενσωμάτωσης σε οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης ήταν μεγαλύτερο εμπόδιο για την ευρεία υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη σε σύγκριση με την ακρίβεια των προτάσεων. Μεγάλο μέρος της τεχνητής νοημοσύνης και των δυνατοτήτων υγειονομικής περίθαλψης για διάγνωση, θεραπεία και κλινικές δοκιμές από προμηθευτές ιατρικού λογισμικού είναι αυτόνομες και αφορούν μόνο έναν συγκεκριμένο τομέα περίθαλψης. Ορισμένοι προμηθευτές λογισμικού EHR αρχίζουν να ενσωματώνουν περιορισμένες λειτουργίες ανάλυσης υγειονομικής περίθαλψης με ΑΙ στις προσφορές προϊόντων τους, αλλά βρίσκονται στα στοιχειώδη στάδια. Για να επωφεληθούν πλήρως από τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη χρησιμοποιώντας ένα αυτόνομο σύστημα EHR, οι πάροχοι συστημάτων EHR θα πρέπει είτε να αναλάβουν ουσιαστικά έργα ενοποίησης οι ίδιοι είτε να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες τρίτων προμηθευτών που έχουν δυνατότητες ΑΙ και μπορούν να ενσωματωθούν στο EHR τους.

## 5.5 Διοικητικές εφαρμογές

Η τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη αλλάζει πολλές από τις διοικητικές πτυχές της ιατρικής περίθαλψης. Με την αυτοματοποίηση εγκόσμιων εργασιών, όπως η εισαγωγή δεδομένων, η επεξεργασία αξιώσεων και ο προγραμματισμός ραντεβού, η χρήση τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη μπορεί να απελευθερώσει χρόνο στους παρόχους και τους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης ώστε να επικεντρωθούν στη φροντίδα των ασθενών και στη διαχείριση του κύκλου εσόδων. Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη έχει επίσης τη δυνατότητα να μειώσει το ανθρώπινο λάθος παρέχοντας έναν ταχύτερο τρόπο ελέγχου των αρχείων υγείας, της ιατρικής απεικόνισης, της επεξεργασίας αξιώσεων και των αποτελεσμάτων δοκιμών. Με την τεχνητή νοημοσύνη που δίνει στους

επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου μεγαλύτερη αυτονομία στη διαδικασία ροής εργασίας τους, είναι σε θέση να παρέχουν καλύτερης ποιότητας φροντίδα ασθενών διατηρώντας παράλληλα την αποδοτικότητα του προϋπολογισμού. Η ικανότητα της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη να αναλύει το ιατρικό ιστορικό ενός ασθενούς και να παρέχει καλύτερα και ταχύτερα αποτελέσματα αναδιαμορφώνει τον τρόπο που οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης παρέχουν φροντίδα, καθιστώντας τους δυνατό να αφιερώνουν περισσότερο χρόνο και πόρους στους ασθενείς τους. Καθώς η τεχνητή νοημοσύνη τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη ηγείται της βελτίωσης της φροντίδας των ασθενών, οι επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου μπορούν να είναι σίγουροι ότι μπορούν να επικεντρωθούν στην παροχή ποιοτικής φροντίδας, ενώ εξοικονομούν χρόνο και χρήμα με διοικητικές εργασίες που υποστηρίζονται από ΑΙ.

Τελικά, η τεχνητή νοημοσύνη στην υγειονομική περίθαλψη προσφέρει έναν εκλεπτυσμένο τρόπο για τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να παρέχουν καλύτερη και ταχύτερη φροντίδα των ασθενών. Με την αυτοματοποίηση των εγκόσμιων διοικητικών εργασιών, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει τους επαγγελματίες του ιατρικού τομέα να εξοικονομήσουν χρόνο και χρήμα, ενώ παράλληλα τους παρέχει μεγαλύτερη αυτονομία στη διαδικασία ροής εργασίας τους.

## 5.6 Προκλήσεις για την Τεχνητή Νοημοσύνη στην Υγεία

Καθώς οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης επενδύουν ολοένα και περισσότερο στη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη για μια σειρά εργασιών, οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει αυτή η τεχνολογία πρέπει να αντιμετωπιστούν, καθώς υπάρχουν πολλά ηθικά και κανονιστικά ζητήματα που ενδέχεται να μην ισχύουν αλλού.

Μερικές από τις πιο πιεστικές προκλήσεις περιλαμβάνουν το απόρρητο και την ασφάλεια δεδομένων, την ασφάλεια και την ακρίβεια των ασθενών, τους αλγόριθμους εκπαίδευσης για την αναγνώριση προτύπων στα ιατρικά δεδομένα, την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης με τα υπάρχοντα συστήματα πληροφορικής, την απόκτηση αποδοχής και εμπιστοσύνης από τους γιατρούς και τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους ομοσπονδιακούς κανονισμούς. Το απόρρητο των δεδομένων είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης συλλέγουν μεγάλες ποσότητες προσωπικών πληροφοριών υγείας που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κατάχρηση εάν δεν αντιμετωπιστούν σωστά. Επιπλέον, πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα ασφαλείας προκειμένου να προστατεύονται τα ευαίσθητα δεδομένα ασθενών από την εκμετάλλευση για κακόβουλους σκοπούς.

Η ασφάλεια και η ακρίβεια των ασθενών αποτελούν επίσης σημαντικές ανησυχίες κατά τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να εκπαιδεύονται ώστε να αναγνωρίζουν μοτίβα στα ιατρικά δεδομένα, να κατανοούν τις σχέσεις μεταξύ διαφορετικών διαγνώσεων και θεραπειών και να παρέχουν ακριβείς συστάσεις που είναι προσαρμοσμένες σε κάθε ασθενή ξεχωριστά. Επιπλέον, η ενσωμάτωση της

τεχνητής νοημοσύνης με τα υπάρχοντα συστήματα πληροφορικής μπορεί να δημιουργήσει πρόσθετη πολυπλοκότητα για τους ιατρικούς παρόχους, καθώς απαιτεί βαθιά κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της υπάρχουσας τεχνολογίας προκειμένου να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία.

Τέλος, η απόκτηση αποδοχής και εμπιστοσύνης από τους ιατρικούς παρόχους είναι κρίσιμη για την επιτυχή υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης στην υγειονομική περίθαλψη. Οι γιατροί πρέπει να αισθάνονται σίγουροι ότι το σύστημα ΑΙ παρέχει αξιόπιστες συμβουλές και δεν θα τους παρασύρει. Αυτό σημαίνει ότι η διαφάνεια είναι απαραίτητη – οι γιατροί θα πρέπει να έχουν εικόνα για το πώς το σύστημα τεχνητής νοημοσύνης λαμβάνει αποφάσεις, ώστε να είναι σίγουροι ότι χρησιμοποιεί έγκυρη, ενημερωμένη ιατρική έρευνα. Επιπλέον, η συμμόρφωση με τους ομοσπονδιακούς κανονισμούς είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται ηθικά και δεν θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια των ασθενών.

## 5.7 Εφαρμογές ΑΙ

Στην έξυπνη φροντίδα υγείας, το ΙοΤ μπορεί να βελτιώσει πολλές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων στα νοσοκομεία, της παρακολούθησης αλλαγών συμπεριφοράς, της απομακρυσμένης παρακολούθησης, της παρακολούθησης συμμόρφωσης με τη θεραπεία, της υποβοηθούμενης διαβίωσης, της πιο έξυπνης φαρμακευτικής αγωγής και της τηλεϊατρικής [32]. Αυτές οι εφαρμογές θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο εγγύς μέλλον ιατρικές επιχειρήσεις. Προτείνονται πολλές εφαρμογές για την ενοποίηση υπηρεσιών κινητής επικοινωνίας, ηλεκτρονικής υγείας ή/και διαδικτυακών υπηρεσιών. Στο [33], προτείνεται μια φορητή εφαρμογή υγείας που επιθεωρεί τον πληγό πίεσης καταγράφοντας ηλεκτρονικά δεδομένα υγείας. Στο [34], προορίζεται μια έξυπνη εφαρμογή υγείας για αξιολόγηση και επιθεώρηση δίαιτας. Στο [35], ο συγγραφέας παρουσιάζει μια νέα στρατηγική για κινητές εφαρμογές υγείας. Στο [36], προτείνονται φορητές λύσεις με υποστήριξη κινητικότητας για το περιβάλλον διαβίωσης. Στο [37], εισάγεται μια εφαρμογή ΙοΤ που βασίζεται στην πύλη για κινητά για έξυπνη βοήθεια στο περιβάλλον υγείας για κινητά. Στο [38], το ΙοΤ θεωρείται βασικός παράγοντας για ιατρική χρήση στην πλατφόρμα ηλεκτρονικής υγείας. Στο [39], προτείνονται φορητές συσκευές για επιθεώρηση της υγειονομικής περίθαλψης σε ένα ασύρματο δίκτυο που αποτελείται από αισθητήρες. *1.1. Οι συνεισφορές μας*

Έχουν γίνει πολλές μελέτες σχετικά με την έξυπνη υγειονομική περίθαλψη που διερεύνησαν το θέμα με διάφορες πτυχές [ 40, 41 , 42 , 43 , 44 ].

- Μια ταξινόμηση για την έξυπνη υγειονομική περίθαλψη, που καλύπτει τεχνολογίες επικοινωνιών, τύπους δικτύων, υπηρεσίες, εφαρμογές, απαιτήσεις και χαρακτηριστικά.

- Διαφορετικά σενάρια για την έξυπνη υγειονομική περίθαλψη 5G και τις απαιτήσεις της.
- Βασικές τεχνολογίες που επιτρέπουν την επίτευξη των απαιτήσεων της έξυπνης υγειονομικής περίθαλψης 5G και ανοίγουν ζητήματα και προκλήσεις.

Από όσο γνωρίζουμε, αυτή είναι η πρώτη εργασία που παρουσιάζει συνοπτικά και περιεκτικά μια ανασκόπηση όλων των προαναφερθέντων στο δίκτυο 5G για έξυπνη φροντίδα υγείας με χρήση IoT.

Αίσθηση γλυκόζης: ο διαβήτης είναι η συγκέντρωση μεταβολικών λοιμώξεων που περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε γλυκόζη στο αίμα (σάκχαρο). Η παρακολούθηση της γλυκόζης στο αίμα ανιχνεύει την αλλαγή στο επίπεδο της γλυκόζης και βοηθά στην οργάνωση της διατροφής, των σωματικών δραστηριοτήτων και του χρόνου λήψης φαρμάκων. Μια μέθοδος σχεδιασμού m-IoT για τη μέση στιγμιαία ανίχνευση της γλυκόζης παρουσιάζεται από το [45]. Η τεχνική που συζητείται σε αυτό το άρθρο είναι η σύνδεση αισθητήρων (που σχετίζονται με ασθενείς) από το δίκτυο IPv6 με τους κορυφαίους προμηθευτές υγειονομικής περίθαλψης.

Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) Επίβλεψη: Το ΗΚΓ είναι η επιθεώρηση του αρχείου ηλεκτρικής δραστηριότητας που σχετίζεται με την ανθρώπινη καρδιά, ενσωματώνει την προσέγγιση του ευθύς παλμού και τη δήλωση του ζωτικού ρυθμού μαζί με τον προσδιορισμό πολύπλοκων αρρυθμιών, καθυστερημένων διαστημάτων QT και ισχαιμίας του μυοκαρδίου [46].

Παρακολούθηση αρτηριακής πίεσης: η παρακολούθηση της αρτηριακής πίεσης ανιχνεύει το σήμα των παλμών και της πίεσης με τη βοήθεια αισθητήρων, όπως ο ηλεκτρονικός αισθητήρας πίεσης και ο παλμικός αισθητήρας, και δείχνει το αποτέλεσμα σε ψηφιακή μορφή. Ένα gadget για τη συλλογή στατιστικών για την αρτηριακή πίεση και την αποστολή τους μέσω ενός δικτύου που βασίζεται στο IoT που παρουσιάζεται στο [47]. Το gadget αποτελείται από μηχανικό συγκρότημα αρτηριακής πίεσης με μονάδα επικοινωνίας. Ένα έξυπνο τερματικό ως προς τη θέση για συνεχή έλεγχο της αρτηριακής πίεσης που υποστηρίζεται από το δίκτυο IoT παρουσιάζεται στο [48].

Επίβλεψη θερμοκρασίας σώματος: η επίβλεψη της θερμοκρασίας του σώματος είναι ένα θεμελιώδες μέρος της έξυπνης υγειονομικής περίθαλψης. Στη συνέχεια, η θερμοκρασία του σώματος είναι ένα κρίσιμο σημάδι για τη διατήρηση της σταθερότητας [44]. Στο [46], εγκρίνεται η ιδέα του m-IoT, χρησιμοποιώντας έναν αισθητήρα που παρακολουθεί τη θερμοκρασία του σώματος, εμφυτεύεται στο TelosB και έλεγχος του ίχνους του μύλου για επιτυγμένες μετρήσεις θερμοκρασίας του σώματος που αντιπροσωπεύουν τη χρήσιμη λειτουργία του παραγόμενου Παρουσιάζεται το σύστημα m-IoT.

Έλεγχος κορεσμού οξυγόνου: Η οξυμετρία του καρδιακού παλμού είναι κατάλληλη για μη ενοχλητική παρατήρηση του κορεσμού οξυγόνου στο αίμα. Η συμφιλίωση της

οξυμετρίας των καρδιακών παλμών και του IoT είναι πολύτιμη για έξυπνες εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται στην αλλαγή. Μια ανασκόπηση της έξυπνης υγειονομικής περίθαλψης που βασίζεται στο CoAP συζητά την επικύρωση της οξυμετρίας του καρδιακού παλμού που βασίζεται στο IoT [49]. Το Nonin αντιπροσώπευε την ικανότητα του οξύμετρου για τον καρδιακό παλμό που φοριέται στον καρπό με το όνομα OX2 στο [50]. Η συσκευή χρησιμοποιεί αισθητήρες που συνδέονται απευθείας με την πλατφόρμα Mopere και χρησιμοποιεί προφίλ συσκευών υγείας Bluetooth.

Σύστημα Αποκατάστασης: η σωματική φαρμακευτική αγωγή και η αποκατάσταση βελτιώνουν και αποκαθιστούν τη χρήσιμη ικανότητα και την προσωπική ικανοποίηση όσων έχουν σωματική αδυναμία ή αναπηρία. Το IoT μπορεί να αναβαθμίσει το σύστημα αποκατάστασης με τη βοήθεια ιατρικών ειδικών αποθήκευσης. Η στρατηγική αυτοματοποίησης βασισμένη σε οντολογία για σύστημα αποκατάστασης που βασίζεται στο IoT για έξυπνη υγειονομική περίθαλψη παρουσιάζεται στο [51]. Αυτό το σχέδιο δείχνει αποτελεσματικά το IoT ως ένα επιτυχημένο βήμα σύνδεσης κάθε ουσιαστικού πλεονεκτήματος για την παροχή συνεχών επικοινωνιών δεδομένων.

Διαχείριση φαρμάκων: γενικά, η υγεία κινδυνεύει λόγω της παρουσίας του ζητήματος της αντοχής στα φάρμακα και έχει ως αποτέλεσμα τη σπατάλη πολλών πόρων σε όλο τον κόσμο. Κατά την εξέταση του εν λόγω ζητήματος, το IoT προσφέρει μερικές πολλά υποσχόμενες διατάξεις. Μια τεχνική ομαδοποίησης φαρμακευτικών κουτιών για διαχείριση συνταγών με βάση το IoT παρουσιάζεται στο [52]. Αυτή η τεχνική περιέχει μια πρωτότυπη διάταξη των iMedBox και I2Pack και ελέγχει το σύστημα με ανοίγματα πεδίου. Η μέθοδος ομαδοποίησης συνοδεύεται από ακριβή στερέωση που χρειάζονται συστατικά καθαρισμού που ελέγχονται από απομακρυσμένες αντιστοιχίες.

Διαχείριση αναπηρικών αμαξιδίων: πολλοί επιστήμονες έχουν προσπαθήσει να δημιουργήσουν έξυπνα αναπηρικά αμαξίδια συναρμολογημένα με έναν πλήρη μηχανισμό εξασθενημένων ατόμων. Το IoT μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση τέτοιων ζητημάτων. Ένα έξυπνο πρόγραμμα υγειονομικής περίθαλψης για άτομα με αναπηρικά αμαξίδια που εξαρτώνται από την καινοτομία του IoT παρουσιάζεται από τον [53].

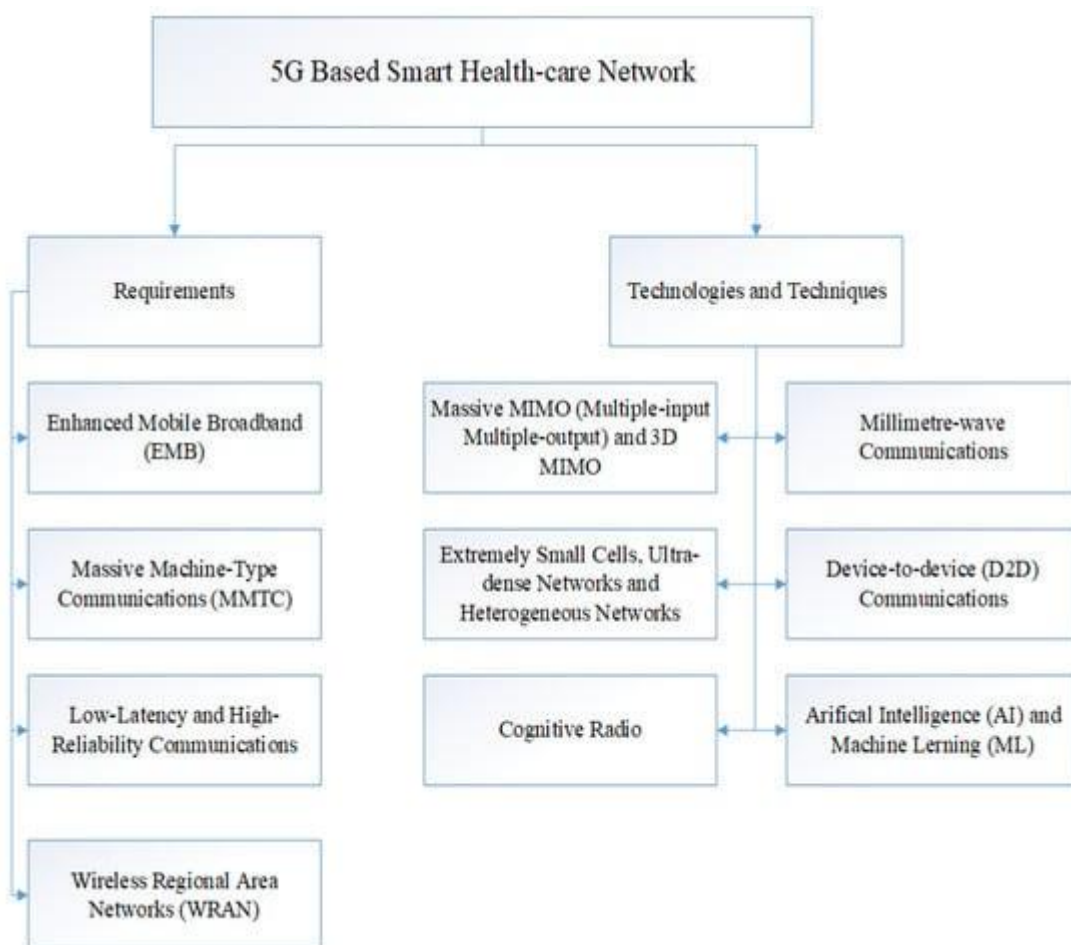
Επικείμενη λύση υγειονομικής περίθαλψης: είναι διαθέσιμα πολλά άλλα βολικά gadget για την υγεία. Δεν υπάρχει απλός μηχανισμός για την ενσωμάτωση αυτών των gadget σε ένα σύστημα IoT. Από καιρό σε καιρό, αυτά τα gadget θα προστίθενται σε συστήματα IoT. Ο διευρυνόμενος αριθμός λογισμικού, οργάνων και περιπτώσεων υγείας επιδιώκει να ενσωματώσει την υγειονομική περίθαλψη που βασίζεται στο IoT σε όλο τον κόσμο. Αρκετές υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης που εξετάζουν την ενσωμάτωση του IoT εργάζονται για την ενσωμάτωση αναγνώρισης αιμοσφαιρίνης, κορυφαίας ροής εκπνοής, σημαντικής κυτταρικής γένεσης, φροντίδας κακοήθειας,

οφθαλμικού προβλήματος, μόλυνσης του δέρματος και μακρινής χειρουργικής συζητούνται στη βιβλιογραφία [54].

Λύσεις υγειονομικής περίθαλψης μέσω Smartphone: στο πρόσφατο παρελθόν, η ανάπτυξη ηλεκτρονικών gadget που ελέγχονται από αισθητήρες κινητών τηλεφώνων έχει γίνει εμφανής και έχει κάνει τα κινητά τηλέφωνα να είναι ο οδηγός των έξυπνων λύσεων υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται στο IoT. Έχουν σχεδιαστεί διαφορετικά αντικείμενα υλικού και προγραμματισμού για την κατασκευή κινητών τηλεφώνων. ένα προσαρμόσιμο gadget ιατρικών υπηρεσιών. Μια λεπτομερής μελέτη λογισμικού υγειονομικής περίθαλψης για κινητά τηλέφωνα παρουσιάζεται συστηματικά στο [55]. Επιπλέον, στην εργασία παρουσιάζεται μια συζήτηση σχετικά με τις εφαρμογές που χρησιμοποιούν οι ασθενείς, τη γενική χρήση της υγείας και την ιατρική εκπαίδευση.

## 5.8 Το δίκτυο 5G και τις απαιτήσεις του

Από τη συζήτηση της παραπάνω Ενότητας II, μπορούν να ταξινομηθούν οι ακόλουθοι τέσσερις τύποι σεναρίων για δίκτυα 5G. [Το σχήμα 5](#) απεικονίζει τις απαιτήσεις της τεχνολογίας για την επίτευξη του έξυπνου δικτύου υγειονομικής περίθαλψης που βασίζεται στο 5G.





## 6. IOT - 5G - ΑΙ Στο χώρο της Υγείας

Με την ασφαλή κοινή χρήση δεδομένων μέσω Διαδικτύου για πολλά ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης, οι ασθενείς επωφελούνται από βελτιωμένα δίκτυα περίθαλψης που περιλαμβάνουν γιατρούς, φαρμακοποιούς, κοινωνικούς λειτουργούς, φροντιστές και άλλους για την επικοινωνία βασικών δεδομένων υγείας μέσω του Διαδικτύου. Το 5G δίνει τη δυνατότητα σε μακρινούς επαγγελματίες υγείας να χρησιμοποιούν τεχνολογία επικοινωνιών για τη βελτίωση της φροντίδας των ασθενών.<sup>56,57</sup> Οι ιατροί μπορούν να μοιράζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να τα συζητούν με ασθενείς και συνομηλίκους μέσω τηλεδιάσκεψης. Επιπλέον, διαφορετικές ομάδες υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να συνεργαστούν σε ιατρικές συμβουλές και σχεδιασμό για την αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων υγείας. Έτσι, για να μπορέσει αυτό το σύστημα τηλεϊατρικής μεγάλων αποστάσεων να λειτουργεί ομαλά, το δίκτυο 5G παρέχει το απαιτούμενο εύρος ζώνης και χαμηλή καθυστέρηση για τη μεταφορά μεγάλων δεδομένων βίντεο και εικόνας. Ταυτόχρονα, οι χρήστες επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω τηλεδιάσκεψης.<sup>58,59</sup>

Η επιχείρηση υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να ωφεληθεί πολύ από την τεχνητή νοημοσύνη και τη μηχανική μάθηση. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει στη διάγνωση ασθενειών όπως ο καρκίνος, οι καρδιακές παθήσεις, οι δερματικές ατέλειες και άλλες. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να επιτύχουν αποτελέσματα πολύ πιο γρήγορα, καθιστώντας τα διαγνωστικά πιο προσιτά στον γενικό πληθυσμό. Επιπλέον, η μηχανική εκμάθηση είναι μια μέθοδος για να γίνει η φαρμακευτική αγωγή πιο εξατομικευμένη. Επειδή κάθε άτομο ανταποκρίνεται διαφορετικά στην ίδια θεραπεία, οι αλγόριθμοι μπορούν να βοηθήσουν στην απλούστευση της συλλογής στατιστικών στοιχείων και στον εντοπισμό των παραγόντων που υποδηλώνουν ότι ένας ασθενής θα έχει μια συγκεκριμένη αντίδραση σε μια συγκεκριμένη θεραπεία. [60, 61, 62]. Η δυνατότητα υιοθέτησης του 5G στην Υγεία είναι πολλά υποσχόμενη. Η τεχνολογία 5G μπορεί να αποτελέσει πραγματική κινητήρια δύναμη στην παγκόσμια επέκταση των επιχειρήσεων υγειονομικής περίθαλψης. Μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο προοδευτικό σύστημα υγειονομικής περίθαλψης βήμα προς βήμα, ξεκινώντας με καλύτερη αποθήκευση δεδομένων, διασφαλίζοντας την ιχνηλασιμότητα, επεκτείνοντας τη διαθεσιμότητα ιατρικών υπηρεσιών και άλλες εναλλακτικές λύσεις. Επιτρέπει στους καταναλωτές να κάνουν λήψη δεδομένων πιο γρήγορα, έχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης και διαχειρίζεται περισσότερες συνδεδεμένες συσκευές με λιγότερη χρονική καθυστέρηση. [63,64,65]. Καθώς η τεχνολογία 4G προχωρά στο 5G, μια και μόνο σύνδεση 5G είναι πιθανώς επαρκής για επικοινωνία. Ως αποτέλεσμα, όλο και περισσότερες λύσεις οικιακής υγειονομικής περίθαλψης θα συνδέονται χρησιμοποιώντας 5G. Τα νοσοκομεία θα χρησιμοποιούν ασύρματες τεχνολογίες για τον έλεγχο των προβλημάτων υγείας των ασθενών μετά την εξ αποστάσεως εξιτήριο. Τα έξυπνα ρολόγια είναι ευεργετικά για την τακτική παρακολούθηση των προβλημάτων υγείας του χρήστη.<sup>66,67</sup> Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του 5G είναι η κοινή χρήση μεγάλων εικόνων και δεδομένων. Μπορεί επίσης να βοηθήσει στην ανάπτυξη εργαλείων επαυξημένης και

εικονικής πραγματικότητας για διδασκαλία σε πολύπλοκα ιατρικά περιβάλλοντα. Η ζήτηση για συνδέσεις 5G συμπίπτει με σημαντική ανάπτυξη στην επιχείρηση τεχνολογίας φορητών συσκευών. Τα ρολόγια γυμναστικής και άλλα φορητά είδη είναι δημοφιλή στους καταναλωτές. Η εισαγωγή φορητών συσκευών 5G μπορεί να επιτρέψει στους κλινικούς γιατρούς να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από την πρόβλεψη περιστατικών κακής υγείας και τη δημιουργία ακριβών, εξατομικευμένων σχεδίων θεραπείας ασθενών. [68, 69, 70].

## 6.1 Ανάγκη για 5G στην υγειονομική περίθαλψη

Στην υγειονομική περίθαλψη, υπάρχει αύξηση στον αριθμό των gadget και τεχνολογιών που προσφέρουν καλύτερες, πιο αποτελεσματικές υπηρεσίες, μετατρέποντας [τις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης](#) σε έξυπνα νοσοκομεία. Το 5G παρέχει απρόσκοπτη συνδεσιμότητα, εξαλείφοντας την ανάγκη μετακίνησης μεταξύ δικτύων Wi-Fi και κινητής τηλεφωνίας εντός κτιρίου και επιτρέπει τη συγχώνευση πολλών μη συμβατών ραδιοφωνικών δικτύων [IoT](#) σε ένα ενιαίο δίκτυο. Όταν η τεχνολογία χρησιμοποιηθεί πλήρως, οι ασθενείς θα λάβουν θεραπεία νωρίτερα και θα έχουν μεγαλύτερη πρόσβαση σε ειδικούς που διαφορετικά δεν θα είναι διαθέσιμοι. Οι συνδέσεις 5G μπορούν να αυξήσουν τις ικανότητες των ειδικών να προσεγγίσουν αυτούς τους υποεξυπηρετούμενους ασθενείς χωρίς να χρειάζονται φυσική παρουσία. [71,72,73].

Οι φορητές συσκευές παρακολούθησης παρέχουν συνεχή εικόνα για βασικούς δείκτες υγείας, όπως ο καρδιακός ρυθμός και η αρτηριακή πίεση. Η σύνδεση 5G μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ικανότητα της [βιομηχανίας υγειονομικής περίθαλψης](#) να προσφέρει στους ασθενείς μια συνεχή φροντίδα. Η υποδομή [κόμβων αισθητήρων](#) που βασίζεται σε 5G συνιστάται για απλή και άνετη παρακολούθηση της υγείας των ασθενών. Ένας χειρουργός μπορεί να χειριστεί ρομποτικό εξοπλισμό εξ αποστάσεως, κάτι που είναι ευεργετικό για την εκτέλεση ιατρικών διαδικασιών των ασθενών. Η τηλεχειρουργική ή η ρομποτική χειρουργική χρειάζεται ένα αξιόπιστο δίκτυο, κυρίως όταν ένας χειρουργός λαμβάνει [απτική είσοδο](#). Η επιτυχία της εξ αποστάσεως ρομποτικής χειρουργικής αυξάνεται με τη χρήση τεχνολογιών δικτύου 5G. Έχει τεράστιες δυνατότητες να δημιουργήσει μια διαδικτυακή εικονική μονάδα υγειονομικής περίθαλψης όπου οι γιατροί μπορούν να χειρουργούν ασθενείς οπουδήποτε. [74, 75, 76, 77].

## 6.2 Στόχοι έρευνας

Ο τομέας πληροφορικής της υγειονομικής περίθαλψης αναζητά συνεχώς νέους τρόπους με τους οποίους η εξελιγμένη τεχνολογία μπορεί να βελτιώσει [την παροχή υγειονομικής περίθαλψης](#). Με την έλευση των νέων τεχνολογιών 5G, οι υπηρεσίες πληροφορικής και οι εφαρμογές [της βιομηχανίας υγειονομικής περίθαλψης](#) έχουν συνδεθεί περισσότερο από ποτέ, με τις καλύτερες συνέπειες για τους επαγγελματίες υγείας και τους ασθενείς. Το 5G φέρνει εντελώς νέες δυνατότητες για την τηλευγεία.<sup>78,79</sup> Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στους ασθενείς να επικοινωνούν ηλεκτρονικά με γιατρούς και άλλους επαγγελματίες υγείας μέσω βίντεο σε πραγματικό χρόνο ή ζωντανής συνομιλίας. Η υψηλή ταχύτητα του 5G επιτρέπει πιο αποτελεσματική παροχή υγειονομικής περίθαλψης σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτό συμβαίνει επειδή η μεταφορά δεδομένων από απομακρυσμένες περιοχές μπορεί να πραγματοποιηθεί σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Ως αποτέλεσμα, οι γιατροί και οι ειδικοί μπορούν γρήγορα και σωστά να διαγνώσουν, να θεραπεύσουν και να

παρακολουθήσουν ασθενείς που βρίσκονται εκατοντάδες ή και χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Η προσθήκη ενός δικτύου 5G υψηλής ταχύτητας στις τρέχουσες υποδομές μπορεί να μεταφέρει γρήγορα και με ασφάλεια τεράστια αρχεία δεδομένων [ιατρικής απεικόνισης](#), βελτιώνοντας την πρόσβαση στη θεραπεία και την ποιότητα της περίθαλψης. [80,81] Οι κύριοι ερευνητικοί στόχοι αυτού του άρθρου είναι οι εξής:

- να μελετήσει το 5G και την ανάγκη του στην υγειονομική περίθαλψη.
- να συζητήσουμε τις έξυπνες δυνατότητες της Τεχνολογίας 5G για την Υγεία.
- για ενημέρωση σχετικά με τους Επισκευήσιμους Πυλώνες της Τεχνολογίας 5G για την Υγεία.
- να εντοπίσει και να συζητήσει σημαντικές εφαρμογές του 5G για την Υγεία.

### 6.3 Έξυπνα κύρια χαρακτηριστικά της τεχνολογίας 5G για την υγειονομική περίθαλψη

Οι προηγμένες πρακτικές υγειονομικής περίθαλψης αναζητούν κατάλληλες και διασυνδεδεμένες δικτυακές εγκαταστάσεις για να επιτρέψουν ποιοτικές υπηρεσίες στους ασθενείς. [Το Σχ. 1](#) διερευνά τις διαφορετικές πτυχές και τα κύρια χαρακτηριστικά της τεχνολογίας 5G για πρακτικές υγειονομικής περίθαλψης. Διάφορα χαρακτηριστικά και τεχνολογίες προωθούν το σενάριο 5G για πρακτικές υγειονομικής περίθαλψης: [ασύρματες επικοινωνίες](#), γρήγορες και ακριβείς τάσεις σύνδεσης, εικονική και [επαυξημένη πραγματικότητα](#), απομακρυσμένη επιτήρηση, απομακρυσμένη παρακολούθηση, υποστήριξη δεδομένων ασθενών κ.λπ. Η τεχνολογία 5G υποστηρίζει περαιτέρω τις πρακτικές υγειονομικής περίθαλψης πιο αποτελεσματικά και αποτελεσματικά. [82, 83, 84]



Εικ. 1 . Χαρακτηριστικά και εργαλεία του 5G για πρακτικές υγειονομικής περίθαλψης.

Το 5G δίνει τη δυνατότητα στους επαγγελματίες υγείας να προσφέρουν θεραπεία σε χρόνια πάσχοντες ασθενείς σε πραγματικό χρόνο μέσω του ταχύτερου δυνατού δικτύου. Οι ασθενείς με χρόνιες ασθένειες μπορούν να διατηρήσουν την αυτονομία και να βελτιώσουν τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας αξιόπιστες, πάντα ενεργοποιημένες κινητές προσωπικές συσκευές απόκρισης έκτακτης ανάγκης.

Περισσότερες ιατρικές συσκευές θα είναι διαθέσιμες στους ασθενείς με την πρόοδο της τεχνολογίας, επιτρέποντάς τους να ελέγχουν και να παρακολουθούν την υγεία τους από την άνεση του σπιτιού τους.<sup>85,86</sup> Αυτή η [τεχνολογία υγειονομικής περίθαλψης](#) βαθμονομεί, συλλέγει και επικυρώνει δεδομένα από αξιόπιστους αισθητήρες. Αυτά τα δεδομένα μπορούν στη συνέχεια να μεταφερθούν για ανάλυση σε μια σειρά ειδικών γιατρών και υγειονομικής περίθαλψης. Η ενσωμάτωση πολλών συσκευών και αισθητήρων [Internet of Medical Things \(IoMT\)](#) ασθενών επιτρέπει στους κλινικούς ιατρούς να δίνουν στους ασθενείς τους μια συνολική εικόνα της υγείας τους, με αποτέλεσμα ένα εξατομικευμένο [θεραπευτικό σχήμα](#) υγείας. [87, 88, 89].

Ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης παραμένει ευέλικτος για να αξιοποιήσει πλήρως το κύμα καινοτόμων εφαρμογών που προσφέρονται από τα δίκτυα 5G. Οι γιατροί και οι ασθενείς αλληλεπιδρούν πρωτίστως πρόσωπο με πρόσωπο σε ιατρικά γραφεία, νοσοκομεία, σπίτια και εγκαταστάσεις φροντίδας για εκατοντάδες χρόνια. Σήμερα, ωστόσο, η ιατρική τεχνολογία και τα ταχύτερα δίκτυα 5G αλλάζουν το πρόσωπο της υγειονομικής περίθαλψης. Η ανάπτυξη φορητών συσκευών υγείας για την παρακολούθηση ζωτικών σημείων ήταν πιο εμφανής. Τα ιδρύματα υγείας υιοθετούν ολοένα και περισσότερο την τεχνολογία τηλευγείας για τη θεραπεία ασθενών για να διατηρούν τους ασθενείς και το ιατρικό προσωπικό ασφαλή. Ως αποτέλεσμα, η παγκόσμια αγορά τηλεϊατρικής επεκτείνεται ραγδαία. Οι κατασκευαστές ιατρικών gadget προσπαθούν να καλύψουν τη ζήτηση. [90, 91, 92, 93].

[Οι ασύρματες τεχνολογίες 5G](#) ωθούν την τηλεϊατρική και άλλες [υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης](#) σε νέα ύψη. Ως αποτέλεσμα, θα επιταχυνθεί η επέκταση της υγειονομικής περίθαλψης στο σπίτι, της απομακρυσμένης παρακολούθησης ασθενών, της υποστήριξης ρομποτικής χειρουργικής και της υποδομής έξυπνης πόλης. Οι ασθενείς και οι υγιείς άνθρωποι θα παρατηρήσουν άμεση επίδραση στην ευημερία τους και στους προσβάσιμους πόρους υγειονομικής περίθαλψης. Η κατ' οίκον υγειονομική περίθαλψη γίνεται όλο και πιο δημοφιλής καθώς ο πληθυσμός γερνάει.<sup>94,95</sup> Ενώ η παραμονή ή η ανάρρωσή σας στο σπίτι είναι πιο βολικό, υπάρχουν ζητήματα ασφάλειας όταν ένας εξωτερικός ασθενής ή ένα ηλικιωμένο άτομο ζει μόνο του. Ορισμένα τεχνολογικά στοιχεία που συμβάλλουν σε αυτό είναι η ευρεία διαθεσιμότητα [δικτύου κινητής τηλεφωνίας](#), η ευκολία και η ταχύτητα υλοποίησης και το σημαντικά ενισχυμένο εύρος ζώνης. Το 5G μπορεί επίσης να υποστηρίξει μεγάλης κλίμακας IoT και υποδομές έξυπνων πόλεων.<sup>96,97</sup>

Τα gadget που βασίζονται στο Internet of Medical Things (IoMT), όταν συνδυάζονται με τεχνολογίες απομακρυσμένης παρακολούθησης, τηλεϊατρικής και ρομποτικής χειρουργικής, μπορούν να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο οι επαγγελματίες υγείας διατηρούν φθηνά την υγεία των ασθενών. Οι ιατροί μπορούν να παρακολουθούν, να ενημερώνουν και να λαμβάνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για να εντοπίσουν ένα ιατρικό πρόβλημα πριν γίνει κρίσιμο. Η τεχνολογία 5G είναι το καλύτερο πράγμα στο οποίο πρέπει να βασιστείτε για να συνεχίσετε να λειτουργούν σωστά.<sup>98,99</sup> Με τη βοήθεια του IoMT, αυτή η τεχνολογία κυψελωτού δικτύου έχει φέρει επανάσταση στην υγειονομική περίθαλψη βελτιώνοντας την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα του φορητού ιατρικού εξοπλισμού. [Η τεχνητή νοημοσύνη](#) έχει τεράστιες δυνατότητες να βελτιώσει τη διαδικασία διάγνωσης, να σχεδιάσει την καλύτερη θεραπεία για συγκεκριμένους ασθενείς και να προβλέψει μετεγχειρητικά προβλήματα. Απαιτείται τεράστιος όγκος δεδομένων για να αποκομιστούν τα οφέλη της τεχνητής νοημοσύνης. Οι εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης με δίκτυο 5G

μπορούν να χρησιμοποιούν εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης για να παρέχουν την καλύτερη θεραπεία. [100, 101, 102]

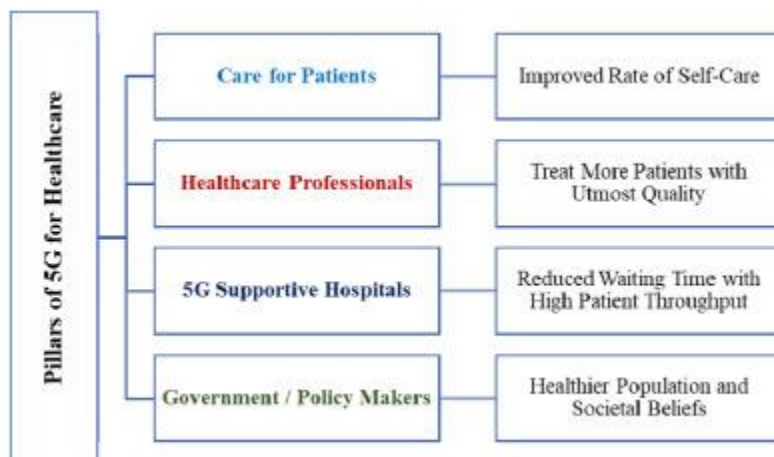
Ένα δίκτυο 5G με χαμηλή καθυστέρηση και απίστευτο εύρος ζώνης μπορεί να επιταχύνει την όλη διαδικασία. Όσο πιο καινοτόμος γίνεται η τεχνολογία των συσκευών υγειονομικής περίθαλψης, τόσο περισσότερα ιατρικά gadget θα είναι χρήσιμοι για τους ασθενείς. Οι ασθενείς μπορούν να χρησιμοποιούν τέτοιες συσκευές για να παρακολουθούν την υγεία τους από την άνεση του σπιτιού τους. Οι αισθητήρες σε αυτά τα εξειδικευμένα gadget θα παράγουν δεδομένα. Οι ειδικοί στον τομέα της υγείας μπορούν να στείλουν και να αναλύσουν αυτούς τους αισθητήρες για καλύτερη πρόσβαση και επεξεργασία δεδομένων. Οι παραϊατρικοί μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα ασθενών αμέσως από το ασθενοφόρο και να συνδέσουν έναν έμπειρο επαγγελματία για την παροχή επείγουσας φροντίδας στο διαδίκτυο χρησιμοποιώντας 5G υψηλής ταχύτητας. Επιπλέον, η συνεχής απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών θα επιτρέψει σε άτομα με χρόνιες παθήσεις να καλέσουν γιατρούς το συντομότερο δυνατό. Οι γιατροί θα μπορούν να ελέγχουν την κατάσταση των ασθενών τους ανεξάρτητα από το πού βρίσκονται. [103, 104, 105].

Καθώς η πανδημία του Covid-19 έχει αυξήσει τη ζήτηση για ιατρικές υπηρεσίες, η έννοια της εξ αποστάσεως σύνδεσης μεταξύ γιατρών και ασθενών έχει γίνει πιο σημαντική από ποτέ. Οι εφαρμογές τηλεϊατρικής, [τα chatbots](#) και τα ρομπότ χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων, τη θεραπεία ασθενών και τη διάγνωση, κάτι που είναι κρίσιμο κατά τη διάρκεια ενός lockdown. Με [υψηλότερες ταχύτητες δικτύου](#), το 5G δίνει τη δυνατότητα στους κλινικούς γιατρούς να επικοινωνούν με τους ασθενείς εξ αποστάσεως χωρίς να ανησυχούν για αποτυχίες δικτύου, διακοπές ρεύματος ή καθυστερήσεις. Το 5G επιτρέπει επίσης απρόσκοπτη επικοινωνία ενσωματώνοντας ιατρικές συσκευές σε ένα ενιαίο δίκτυο. Οι ασθενείς που είναι πιο ενεργοί στην παρακολούθηση της υγείας είναι πιο πιθανό να υιοθετήσουν υγιεινούς τρόπους ζωής, να αυξήσουν τα αποτελέσματα της θεραπείας και να μειώσουν τις δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης. [106, 107, 108, 109]

#### **6.4 Πυλώνες της τεχνολογίας 5G για την υγειονομική περίθαλψη**

Έχουν αποκαλυφθεί αρκετές δομές βάσης και υπηρεσιών όπου η κουλτούρα 5G βρέθηκε να είναι εξαιρετικά κλασική και αποτελεσματική στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. [Το Σχ. 2](#) αποτελεί παράδειγμα των πυλώνων και των υποστηρικτικών λόγων μέσω των οποίων η τεχνολογία 5G γίνεται πιο ισχυρή για τις δομές υγειονομικής περίθαλψης. Η διαθεσιμότητα ενός δικτύου υψηλής ποιότητας και οι δυνατότητες συνδεσιμότητας 5G ικανοποιούν επίσης την ανάγκη για προηγμένες [εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης](#). Υπάρχουν τέσσερις πυλώνες ή παράγοντες που σημαίνουν την εφαρμογή του 5G. Αυτά είναι; φροντίδα για ασθενείς, καλά εξοπλισμένους επαγγελματίες υγείας, υποστηρικτικές και φροντιστικές μονάδες υγειονομικής περίθαλψης και κυβερνητικούς φορείς. Αυτοί οι πυλώνες παρέχουν τη βασική δομή για την εφαρμογή τεχνολογιών 5G για την παροχή άριστης ποιότητας [υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης](#). [110, 111, 112, 113].





Εικ. 2 . Υποστηρικτικοί πυλώνες της τεχνολογίας 5G για την υγειονομική περίθαλψη.

Οι αυξανόμενες απαιτήσεις συνδεσιμότητας των [παρόχων υγειονομικής περίθαλψης](#) αντιμετωπίζονται από το 5G. Αυτά περιλαμβάνουν μεγαλύτερες ταχύτητες, μειωμένη καθυστέρηση, υψηλότερη πυκνότητα σύνδεσης και δυνατότητα διασφάλισης της ποιότητας της υπηρεσίας. Το 5G μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας σύνδεσης για καλύτερα σενάρια υγειονομικής περίθαλψης που παρέχονται από [το IoMT](#) , τα ρομπότ, την τεχνητή νοημοσύνη και το cloud. Αυτές οι τεχνολογίες δημιουργούν τεράστιες ποσότητες προειδοποιήσεων και δεδομένων, που μπορεί να κατακλύσουν την ικανότητα των επαγγελματιών υγείας να τις χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά [114, 115, 116]. Η εικονική πραγματικότητα και οι φορητοί αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποκατάσταση στο σπίτι, συμβουλευτική βίντεο και μεταφορά εικόνων, βίντεο και πληροφοριών που σχετίζονται με την υγειονομική περίθαλψη σε πραγματικό χρόνο από εξοπλισμό κλινικής ποιότητας, παρέχοντας στους ασθενείς ταχύτερη και πιο ακριβή απομακρυσμένη διάγνωση και καθοδήγηση. Η ταχύτητα και η χωρητικότητα δεδομένων του 5G μπορούν να επιτρέψουν την απομακρυσμένη φροντίδα και θεραπεία ενσωματώνοντας εργαλεία και εξοπλισμό που υποστηρίζουν αποτελεσματικά την απρόσκοπτη επικοινωνία και τις λειτουργίες σε πραγματικό χρόνο ανεξάρτητα από την τοποθεσία. [117, 118, 119].

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία συνδεδεμένης υγείας επέτρεψαν στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να ενισχύσουν τη συνεργασία και την επικοινωνία, ενώ παράλληλα επιτρέπουν νέα μοντέλα παροχής φροντίδας που κάνουν τη θεραπεία πιο προσιτή, όπως η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών, η εικονική φροντίδα, τα ρομπότ και η [τηλεπαρουσία](#) . Οι ταχύτερες ταχύτητες σύνδεσης αλλάζουν την αλληλεπίδραση γιατρού-ασθενούς ενσωματώνοντας τεχνικές επικοινωνίες στην ιατρική περίθαλψη. Οι ασθενείς φορούν απομακρυσμένους ιατρικούς αισθητήρες από την άνεση του σπιτιού τους, μεταδίδοντας ζωτικά σημεία στους ειδικούς της υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους γιατρούς και τους φροντιστές να παρακολουθούν διάφορα ζωτικά στοιχεία, να διαχειρίζονται δυναμικά τα σχέδια θεραπείας και να πραγματοποιούν μια διαβούλευση ή παρέμβαση μέσω κάμερας web. Με την εισαγωγή των δικτύων 5G, αυτή η τρέχουσα ιατρική τάση θα μεταφερθεί στο επόμενο επίπεδο, παρέχοντας σημαντική οικονομική ώθηση στον ιατρικό τομέα. [120, 121, 122].

Η διαθεσιμότητα εφαρμογών και πλατφορμών για κινητά μπορεί να παρέχει ιατρικές πληροφορίες κατ' απαίτηση πιο γρήγορα χρησιμοποιώντας το 5G και μπορεί ακόμη και να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπως οι εισαγωγές ασθενών για να γίνουν αυτές οι διαδικασίες πιο αποτελεσματικές. Λόγω της βελτιωμένης ταχύτητας του 5G,

η τηλεϊατρική μπορεί να ενεργοποιηθεί σε κινητές συσκευές. Θα επεκτείνει την εμπέλειά του και θα καταστήσει αυτές τις υπηρεσίες διαθέσιμες σε περισσότερους ασθενείς. Ως αποτέλεσμα, οι ασθενείς θα λαμβάνουν θεραπεία γρήγορα και οι γιατροί και άλλοι ειδικοί θα αλληλεπιδρούν πιο αποτελεσματικά. Οι παραϊατρικοί θα μεταδώσουν εικόνες, δεδομένα και περιεκτικές πληροφορίες, οι οποίες βοηθούν στην προετοιμασία των γιατρών για θεραπεία με χρήση τεχνολογίας 5G.<sup>123,124</sup> Ομοίως, οι συνδέσεις βίντεο υψηλής ποιότητας μπορούν να επιτρέψουν στους παραϊατρικούς να παρέχουν επείγουσα περίθαλψη ή να εξετάζουν και να διαγνώσουν ασθενείς στη σκηνή με τη βοήθεια ενός διαδικτυακού επαγγελματία. Επιπλέον, οι βελτιωμένες δυνατότητες του 5G μπορεί να επιτρέψουν σε οργανισμούς αντιμετώπισης καταστροφών να εφαρμόζουν προγνωστικές αναλύσεις, εφαρμογές [μηχανικής μάθησης](#) και συστήματα τεχνητής νοημοσύνης.<sup>125,126</sup>

Πριν από την εισαγωγή της τεχνολογίας 5G, η απομακρυσμένη παρακολούθηση περιοριζόταν από την ικανότητα των δικτύων να διαχειρίζονται τόσο τεράστιους όγκους δεδομένων. Τα νοσοκομεία και οι επαγγελματίες δεν μπορούσαν να λάβουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που απαιτούνται για τη βελτίωση της φροντίδας των ασθενών και της προληπτικής φροντίδας και για να κάνουν πιο έγκαιρες επιλογές υγειονομικής περίθαλψης. Η απομακρυσμένη παρακολούθηση μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την τεχνολογία 5G, η οποία υπόσχεται μειωμένο λανθάνοντα χρόνο και μεγαλύτερη χωρητικότητα, βελτιώνοντας επομένως τη φροντίδα των ασθενών και παρέχοντας στους επαγγελματίες υγείας τα δεδομένα που θέλουν σε πραγματικό χρόνο. Το 5G έχει χαμηλή καθυστέρηση για να προσφέρει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, όπως ζωντανό βίντεο HD. Το υψηλό εύρος ζώνης του επιτρέπει στους γιατρούς να επικοινωνούν με ασθενείς ή ηλικιωμένους και να στέλνουν και να αναλύουν τεράστια σύνολα δεδομένων. Η αξιοπιστία και η ασφάλειά του βελτιώνουν τις επικοινωνίες εντός νοσοκομείων και άλλων εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης. [127, 128, 129, 130]

Τα συστήματα 5G παρέχουν βελτιωμένη ευρυζωνική σύνδεση για κινητά, δυναμική χαμηλή καθυστέρηση, μεγαλύτερα εύρη ζώνης, κινητικότητα με επίκεντρο τις συσκευές, ταυτόχρονες πλεονάζουσες και αξιόπιστες συνδέσεις από συσκευή σε συσκευή και κοινό φάσμα. Η σύνδεση 5G αντιμετωπίζει διάφορους περιορισμούς μέσω της χρήσης υψηλότερου εύρους ζώνης και ενός ευφυούς δικτύου που μπορεί να διαχωρίσει και να δώσει προτεραιότητα σε κρίσιμες για τη ζωή δραστηριότητες, όπως η μεγάλη επικοινωνία μηχανής με τη μηχανή και ο υπολογισμός που είναι απαραίτητος για χειρουργική απτικής εξ αποστάσεως. Αυτές οι ανατρεπτικές τεχνολογικές λύσεις συμβάλλουν σε ένα μεγαλύτερο συνδεδεμένο [οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης](#), το οποίο απαιτεί τη βαρύτητα των δεδομένων και προσελκύει περισσότερη τεχνολογία και λύσεις λογισμικού. Αυτή η βελτιωμένη [διακυβέρνηση και ρύθμιση δεδομένων](#) υγειονομικής περίθαλψης, συμπεριλαμβανομένης της ταξινόμησης του ασθενούς και των σχετικών δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, της ασφάλειας, της συλλογής, αποθήκευσης, μεταφοράς, διατήρησης και διαγραφής. [131, 132, 133].

Η ενισχυμένη επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και η εικονική πραγματικότητα (VR) χρησιμοποιούν προηγμένες τεχνολογίες απεικόνισης και εφαρμογές χωρικών υπολογιστών. Η τεχνολογία 5G μπορεί να βοηθήσει τους κλινικούς γιατρούς να προσομοιώνουν πιο περίπλοκες ιατρικές καταστάσεις και να υποστηρίξουν λιγότερο παρεμβατικές επεμβάσεις. Οι πιο σύνθετες ρυθμίσεις εκπαίδευσης μπορούν να βοηθήσουν τους φοιτητές και τους κατοίκους της ιατρικής σχολής να μάθουν να φροντίζουν τους ασθενείς με ασφάλεια.<sup>134,135</sup> Το wearable gadget μπορεί να συλλέγει πληροφορίες σχετικά με τον χρήστη και να τις επικοινωνεί με τους παρόχους

υγειονομικής περίθαλψης εξ αποστάσεως χρησιμοποιώντας Bluetooth για σύνδεση με μια συσκευή 5G, όπως ένα smartphone. Σε πολλές περιπτώσεις, η παρακολούθηση του ασθενούς καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας προσφέρει μια πιο ακριβή εικόνα της κατάστασης του ασθενούς από ό,τι πολλά νοσοκομειακά μηχανήματα. Εξαιτίας αυτών των νέων χρήσεων για τεχνολογία wearable και μετάδοση δεδομένων, οι αξιόπιστες συνδέσεις υψηλής ταχύτητας θα είναι κρίσιμες για το μέλλον της ιατρικής βιομηχανίας.<sup>136,137</sup>

Καθώς η τεχνολογία 5G χρησιμοποιείται ευρύτερα, οι δυνατότητες για εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης γίνονται απεριόριστες. Η κατάλληλη στρατηγική, τακτική και τεχνολογία μπορούν να βοηθήσουν τους παρόχους να αξιοποιήσουν στο έπακρο αυτήν την πολλά υποσχόμενη τεχνολογία τα επόμενα χρόνια. Τα δεδομένα ασθενών πρέπει να διατηρούνται κεντρικά για τις εφαρμογές ασθενών για τη μετατροπή των νοσοκομείων σε [κέντρα δεδομένων](#) και των γιατρών σε επιστήμονες δεδομένων. Οι ασθενείς θα έχουν διαδικτυακή πρόσβαση σε ένα κεντρικό αποθετήριο ιατρικών αρχείων, επιτρέποντάς τους να διαχειρίζονται εύκολα την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα της περίθαλψής τους. Το 5G θα βελτιώσει την πρόσβαση σε αλγόριθμους πρόβλεψης, ταξινομώντας τα δεδομένα ασθενών κατά σειρά έκτακτης ανάγκης με μεγαλύτερη ακρίβεια και ευκολία. Το δίκτυο 5G παρέχει στις εταιρείες καλύτερη προσαρμογή και πλήρη έλεγχο της συνδεσιμότητάς τους. Επιτρέπει στα στελέχη της εταιρείας να εφαρμόζουν ομοιόμορφες στρατηγικές δικτύωσης σε όλη την εταιρεία. Τα δίκτυα 5G παρέχουν ευφυΐα στις εγκαταστάσεις παρέχοντας σημαντικά βελτιωμένη σύνδεση κινητής τηλεφωνίας που προωθεί τον ψηφιακό μετασχηματισμό.<sup>138,139</sup>

## 6.5 Εφαρμογές τεχνολογίας 5G για την υγειονομική περίθαλψη

Ένα δίκτυο 5G, με την υψηλή ταχύτητα και τη σούπερ χωρητικότητά του, είναι ένα σημαντικό στοιχείο. Αυτή η τεχνολογία βελτιώνει την εμπειρία προβολής προσφέροντας βίντεο 360 μοιρών και ενεργοποιώντας τη [ζωντανή ροή ασύρματης ροής](#). Βοηθά τους ιατρούς να αποκτήσουν εκτενή εμπειρία σε όλη την εκπαίδευσή τους και κατά τη θεραπεία ή τη χειρουργική επέμβαση σε ασθενείς. Οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να χρησιμοποιούν [συσκευές IoT](#) για την παρακολούθηση ασθενών και τη συλλογή δεδομένων που μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για να κάνουν την υγειονομική περίθαλψη πιο προσαρμοσμένη και προληπτική από ποτέ. Οι χρόνιες ασθένειες μπορούν να ελεγχθούν και το κόστος υγειονομικής περίθαλψης να μειωθεί χρησιμοποιώντας ένα απομακρυσμένο σύστημα παρακολούθησης της υγείας σε πραγματικό χρόνο. Μπορούν να αποκτήσουν γρήγορα τα δεδομένα που θέλουν σε πραγματικό χρόνο και να θεραπεύσουν τους ασθενείς τους κατάλληλα. Οι ασθενείς θα μπορούν να επικοινωνούν γρήγορα δεδομένα σε όλο το δίκτυο 5G. Αυτό τελικά επιτρέπει στους ασθενείς να χρησιμοποιούν πιο αποτελεσματικά τις πύλες ασθενών, να εξετάζουν τα αποτελέσματα των δοκιμών και τις εικόνες, να έχουν πρόσβαση στην απομακρυσμένη φροντίδα και να εντοπίζουν πληροφορίες για το σχέδιο φροντίδας. Αυτή η στροφή στην απομακρυσμένη φροντίδα θα υποστηριχθεί από το 5G, παρέχοντας πιο αξιόπιστες συνδέσεις για τη μεταφορά δεδομένων ασθενών. Αυτό θα διευκολύνει τους επαγγελματίες υγείας να κάνουν επιλογές υγειονομικής περίθαλψης βάσει δεδομένων [140, 141, 142, 143, 144] εξ αποστάσεως. [Ο Πίνακας 1](#) περιγράφει τις σημαντικές εφαρμογές του 5G για την υγειονομική περίθαλψη.

Τραπέζι 1 . Εφαρμογές τεχνολογίας 5G για την υγειονομική περίθαλψη.

---

### Εφαρμογές

### Περιγραφή

---



Εφαρμογές	Περιγραφή
1 Ψηφιακός μετασχηματισμός	<p>Το 5G μπορεί να προωθήσει διάφορες βελτιώσεις, συμπεριλαμβανομένου του ψηφιακού μετασχηματισμού σε όλους τους κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης, λόγω των υψηλότερων ρυθμών λήψης δεδομένων, της μειωμένης καθυστέρησης και των αξιόπιστων συνδέσεων. Η τεχνολογία 5G μπορεί να δημιουργήσει μια σταθερή βάση για καινοτομία, επιτρέποντας την αλληλεπίδραση αισθητήρων υγείας, αλγορίθμων και έξυπνων συσκευών και υποστηρίζοντας αποτελεσματικότερα και οικονομικά την απομακρυσμένη παρακολούθηση. Η τεχνολογία 5G μπορεί να υποστηρίξει διάφορες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της εικονικής πραγματικότητας και της εξ αποστάσεως χειρουργικής, επιτρέποντας συστήματα διαχείρισης νοσοκομείων. Με πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, οι ασθενείς υποβάλλονται σε ενδεδειγμένη εξέταση χρησιμοποιώντας διαγνωστικό εξοπλισμό συνδεδεμένο με 5G. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μειωμένη σωματική επαφή, μειώνοντας τον κίνδυνο μετάδοσης του κορωνοϊού και επιτρέποντας στους γιατρούς να εξυπηρετούν περισσότερους ασθενείς.</p>
2 Μεταφορά δεδομένων	<p>Ένα δίκτυο 5G στέλνει αρχεία δεδομένων γρήγορα μεταξύ γιατρών και νοσοκομείων, μειώνοντας τον χρόνο που απαιτείται για τη μεταφορά τους μέσω τυπικά υποτροφοδοτούμενων παραδοσιακών ενσύρματων δικτύων. Επειδή οι γιατροί μπορούν να στέλνουν και να καταναλώνουν ιατρικά δεδομένα πιο γρήγορα από ποτέ, είτε στο σπίτι είτε στο γραφείο, το 5G συνεπάγεται πιο γρήγορη διάγνωση, απόψεις, έναρξη θεραπείας και τροποποιήσεις. Η μετάβαση στο 5G παρέχει μια μακροπρόθεσμη απάντηση στη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για εύρος ζώνης. Οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να παρακολουθούν εξ αποστάσεως τους ασθενείς και να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για προληπτική θεραπεία και άλλες ειδικά προσαρμοσμένες λύσεις υγειονομικής περίθαλψης χρησιμοποιώντας φορητές συσκευές με δυνατότητα 5G.</p>
3 Οικιακή περίθαλψη	<p>Το 5G θα ενισχύσει την οικιακή υγειονομική περίθαλψη, την απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών και τις χειρουργικές επεμβάσεις. Αυτή η τεχνολογία θα βελτιώσει τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονται οι κρίσεις στις έξυπνες πόλεις. Οι κρίσιμες πληροφορίες θα είναι διαθέσιμες σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στις ομάδες να αντιδρούν πολύ πιο γρήγορα και να παρέχουν καλύτερη θεραπεία. Η μηχανική μάθηση, η τεχνητή νοημοσύνη και τα ρομπότ θα παίξουν σημαντικότερο ρόλο στην αύξηση της ακρίβειας. Το 5G μπορεί να αμβλύνει τις προκλήσεις των επιχειρήσεων υγειονομικής περίθαλψης επιταχύνοντας παράλληλα την ψηφιακή μετάβαση του κλάδου. Ωφελεί ασθενείς με χρόνιες ασθένειες που έχουν κάνει στο παρελθόν πολλές ιατρικές εξετάσεις και δυσκολεύονται να ταξιδέψουν σε γιατρό που βρίσκεται χιλιάδες μίλια μακριά.</p>
4 Μεταφορά μεγάλων ιατρικών αρχείων	<p>Η προσθήκη ενός δικτύου 5G σε μια υπάρχουσα υποδομή υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να βοηθήσει στη γρήγορη και</p>

Εφαρμογές	Περιγραφή
απεικόνιση	αξιόπιστη μεταφορά μεγάλων ιατρικών αρχείων απεικόνιση. Ο γιατρός λαμβάνει την αναφορά με ένα γρήγορο δίκτυο όταν ολοκληρωθεί η εξέταση ενός ασθενούς. Ως αποτέλεσμα, οι γιατροί λαμβάνουν ό,τι χρειάζονται για μελλοντική θεραπεία πιο γρήγορα, βελτιώνοντας τη συνολική φροντίδα των ασθενών. Οι ασθενείς δεν χρειάζεται πλέον να οδηγούν μεγάλες αποστάσεις για να δουν έναν γιατρό. Η υγειονομική περίθαλψη μπορεί πλέον να παρέχεται εξ αποστάσεως χρησιμοποιώντας τηλεϊατρική. Το δίκτυο 5G το έχει κάνει πιο ασφαλές και ομαλό. Παρέχει βίντεο για κινητά σε πραγματικό χρόνο, υψηλής ποιότητας. Ως αποτέλεσμα, οι άνθρωποι μπορεί να συμβουλευονται γιατρούς εκτός των συνηθισμένων τοποθεσιών τους και οι γιατροί μπορούν να αλληλεπιδρούν πιο αποτελεσματικά μεταξύ τους.
5 Τηλεϊατρική	Η τηλεϊατρική δίνει τη δυνατότητα στους χρόνια άρρωστους να λαμβάνουν την απαραίτητη θεραπεία όταν δεν μπορούν να βγουν από το σπίτι τους για να επισκεφτούν τους γιατρούς τους. Οι εφαρμογές τηλεϊατρικής αυξάνονται σημαντικά καθώς το 5G προσφέρει εξαιρετικά γρήγορο εύρος ζώνης με μειωμένη καθυστέρηση. Το αποτύπωμα δικτύου της επιχείρησης υγειονομικής περίθαλψης επεκτείνεται χρόνο με το χρόνο, υπονοώντας ότι ένας αυξανόμενος αριθμός υπηρεσιών και εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης βασίζεται σε γρήγορες ταχύτητες δικτύου. Η τεχνολογία 5G βοηθά στη μετατροπή των αρχαϊκών συστημάτων νοσοκομειακής υγειονομικής περίθαλψης σε έξυπνα νοσοκομεία ικανά να παρέχουν εξ αποστάσεως υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης σε ασθενείς σε όλο τον κόσμο.
6 Διαδικασία ασφαλείας	Είτε στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης είτε αλλού, οι επιχειρήσεις πρέπει να σχεδιάσουν να προσαρμόσουν τις διαδικασίες ασφαλείας τους για να διατηρούν ασφαλή τα ευαίσθητα δεδομένα κατά την εφαρμογή του 5G. Σύντομα, το 5G υπόσχεται να είναι βασικός επιταχυντής για την ανάπτυξη καινοτόμου τεχνολογίας. Η υγειονομική περίθαλψη είναι ένας από τους τομείς που περιμένουν το 5G να αρχίσει να επιφέρει τις βελτιώσεις που πρόκειται να επιφέρει. Το 5G επιτρέπει τις συνδέσεις για την υποστήριξη της μετάδοσης δεδομένων που απαιτείται από τους επαγγελματίες υγείας. Έτσι, σύντομα, οι λύσεις λογισμικού τηλεπικοινωνιών για την υγειονομική περίθαλψη θα γίνουν μια ελκυστική αναπτυσσόμενη αγορά, που υπόσχεται να πραγματοποιήσει μακροπρόθεσμα ιατρικές προόδους.
7 Βελτίωση της ανταπόκρισης	Οι τεχνολογίες 5G έχουν μεγαλύτερο εύρος ζώνης από τις τεχνολογίες 4G, με αποτέλεσμα ταχύτερες συνδέσεις στο Διαδίκτυο και συστήματα επικοινωνίας συσκευών μεγάλης κλίμακας. Οι τεχνολογίες 5G προσφέρουν βελτιωμένη απόκριση, πράγμα που σημαίνει πρόσβαση σε πολλές συσκευές συνδεδεμένες στο δίκτυο. Ως αποτέλεσμα, το 5G προβλέπεται να είναι κινητήριος παράγοντας για την ανάπτυξη του Διαδικτύου των Πραγμάτων, επιτρέποντας στην υγειονομική περίθαλψη να κατασκευάσει εξελιγμένα δίκτυα

Εφαρμογές	Περιγραφή
	<p>έξυπνου ιατρικού εξοπλισμού. Έτσι, το 5G είναι ένα ταχύτερο δίκτυο που επιτρέπει ταχύτερες μεταφορές δεδομένων και την αποτελεσματική συνδεσιμότητα πολλών συσκευών. Η τεχνολογία 5G μπορεί να διατηρήσει την επικοινωνία και να υπολογίσει γρήγορα τα δεδομένα. Αυτό προσφέρει νέες ιατρικές δυνατότητες, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης τεχνητής νοημοσύνης στη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο και άλλων εξελιγμένων τεχνολογιών για τη βελτίωση της φροντίδας των ασθενών.</p>
<p>8 Γρήγορη μετάδοση δεδομένων</p>	<p>Η ταχύτητα επεξεργασίας είναι κρίσιμη στη σύγχρονη ιατρική, ωστόσο ορισμένα ιατρικά δεδομένα, όπως οι εικόνες απεικόνισης, είναι σημαντικά. Το 5G επιτρέπει σημαντικά ταχύτερη μετάδοση δεδομένων, επιτρέποντας στους γιατρούς να λαμβάνουν γρήγορα αρχεία εικόνων υψηλής ποιότητας που δημιουργούνται από μαγνητικές τομογραφίες, CAT ή PET, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη γρήγορη λήψη αποφάσεων. Ως αποτέλεσμα, το 5G επιτρέπει τη γρήγορη μεταφορά δεδομένων μεταξύ γιατρών και νοσοκομείων, διασφαλίζοντας ακριβή διάγνωση και θεραπεία. Η βελτιωμένη διαθεσιμότητα δεδομένων και η ικανότητα χειρισμού τους σε πραγματικό χρόνο θα ωφελήσουν ολόκληρο το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης.</p>
<p>9 Υπηρεσία φροντίδας ασθενών</p>	<p>Το 5G βελτιώνει την απρόσκοπτη παροχή υπηρεσιών φροντίδας ασθενών στο νοσοκομείο. Σε σύγκριση με τις υπάρχουσες υπηρεσίες συνδεσιμότητας, το 5G επιτρέπει ταχύτερη και πλουσιότερη ανταλλαγή δεδομένων και πιο περίπλοκη επεξεργασία δεδομένων στην άκρη του δικτύου, στο σημείο φροντίδας. Σε σενάρια έκτακτης ανάγκης, όπως η απομακρυσμένη διάγνωση ασθενοφόρου και η μεταφορά δεδομένων υγείας σε πραγματικό χρόνο, η κοινή χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μπορεί να είναι κρίσιμη όταν η τηλεδιαβούλευση είναι η μόνη επιλογή. Το 5G είναι ένας τρόπος αλλαγής του παιχνιδιού για τις εταιρικές υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης που απαιτούν περισσότερη κλινική συνεργασία και επικοινωνίες πλούσια σε περιεχόμενο και μια αξιόπιστη υποδομή για εφαρμογές και συσκευές. Το 5G μπορεί να βελτιώσει την ανάπτυξη δεξιοτήτων στον ιατρικό τομέα αυξάνοντας την πρόσβαση σε δραστηριότητες προσομοίωσης, συμπεριλαμβανομένης της εικονικής πραγματικότητας και των απτικών, στην εκπαιδευτική διαδικασία και παρέχοντας ρεαλιστική, σε πραγματικό χρόνο απομακρυσμένη διδασκαλία με τη μεγαλύτερη ανάλυση.</p>
<p>10 Παράδοση υψηλής ταχύτητας</p>	<p>Το 5G προσφέρει στους επαγγελματίες υγείας και μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας που σώζουν ζωές εκτός των φυσικών τους ορίων. Αυτά περιλαμβάνουν πλεονεκτήματα δεδομένων, όπως η αποστολή μεγάλων ψηφιακών διαγνωστικών αρχείων όπως τα αποτελέσματα MRI. Το 5G αναμένεται να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο οι επαγγελματίες υγείας επικοινωνούν μεταξύ τους και με τους ασθενείς τους, από ταχύτερες δοκιμές και διαγνωστικά ευρήματα στην τηλεϊατρική, την απομακρυσμένη</p>

Εφαρμογές	Περιγραφή
	<p>παρακολούθηση και χειρουργική επέμβαση, τα ρομπότ και άλλες εφαρμογές. Το 5G είναι ένα νέο ασύρματο δίκτυο που βασίζεται κυρίως στο cloud. Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να χρησιμοποιήσουν το 5G για να επιτρέψουν στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας να πραγματοποιούν επισκέψεις τηλεϊατρικής, διευρύνοντας ουσιαστικά την εμβέλεια αυτών των προγραμμάτων. Επιτρέπει επίσης στους γιατρούς και στα άλλα μέλη του προσωπικού να εργάζονται πιο αποτελεσματικά και αποτελεσματικά.</p>
<p>11 Βοηθά τη χειρουργική επέμβαση σε πραγματικό χρόνο</p>	<p>Το 5G μπορεί να βοηθήσει με χειρουργικές επεμβάσεις σε πραγματικό χρόνο. Αυτό επιτρέπει στους νοσοκομειακούς γιατρούς να δίνουν συστάσεις θεραπείας σε απομακρυσμένες τοποθεσίες και στο προσωπικό πεδίου, μια άλλη περίπτωση χρήσης 5G έγκαιρα και παρούσα. Αναμένεται να επιτρέψει τελικά την εξ αποστάσεως χειρουργική επέμβαση και τη θεραπεία με χρήση ρομπότ, να υποστηρίξει επαυξημένη και εικονική πραγματικότητα και απομακρυσμένη κλινική φροντίδα και φορητές συσκευές για κινητή βοήθεια πεδίου. Σε τέτοιες περιπτώσεις, υψηλά εκπαιδευμένοι και έμπειροι ανώτεροι ιατροί μπορούν να βοηθήσουν ιατρούς εξ αποστάσεως και αγροτικούς ιατρούς από μια ενιαία και κεντρική τοποθεσία.</p>
<p>12 Υποστήριξη ιατρικών συσκευών</p>	<p>Το 5G θα υποστηρίξει διάφορες ιατρικές συσκευές, όπως smartphone, smartwatches, έξυπνες ζυγαριές και άλλες συσκευές μέτρησης. Οι βιοαισθητήρες και οι ιχνηλάτες που εμφυτεύονται στα ρούχα και τα αξεσουάρ μας θα δώσουν ουσιαστική ανατροφοδότηση και θα μας ειδοποιήσουν για πρώιμα συμπτώματα αλλαγής της υγείας. Οι τηλεπικοινωνίες 5G προσφέρουν μεγαλύτερο εύρος ζώνης, μειωμένο λανθάνον χρόνο και δυνατότητα συμπερίληψης gadget που είναι συνδεδεμένα στο cloud και στο δίκτυο. Ως αποτέλεσμα, το IoT θα συνδέσει πιο περίπλοκα δίκτυα, ενώ άλλα συστήματα απαιτούν τεράστιους όγκους μεταφοράς δεδομένων, όπως οχήματα χωρίς οδηγό, ρομποτική χειρουργική και παρακολούθηση κρίσιμων υποδομών.</p>
<p>13 Ποιότητα ζωής</p>	<p>Η υγειονομική περίθαλψη είναι ένας κρίσιμος τομέας υπηρεσιών με εκτεταμένες συνέπειες για την ποιότητα ζωής, ο οποίος μπορεί να υποστηριχθεί από το 5G, το οποίο μπορεί να διαδραματίσει θετικό ρόλο στην παροχή βελτιωμένων υπηρεσιών. Η έρευνα και οι συνεργασίες σε τεχνολογικούς φορείς και ακαδημαϊκούς δημιουργούν νέες εφαρμογές και υπηρεσίες στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Τα συνδεδεμένα wearables και οι τεχνολογίες IoT, όπως τα εργαλεία απομακρυσμένης παρακολούθησης ασθενών, βελτιώνουν τις πληροφορίες για την υγεία των ασθενών. Αυτό επιτρέπει στους ασθενείς να λαμβάνουν φροντίδα πιο γρήγορα και επιτρέπει τη συνεργασία μεταξύ γιατρών, εργαζομένων και ειδικών από οποιοδήποτε μέρος. Οι ασθενείς και οι γιατροί πρέπει να είναι βέβαιοι ότι μπορούν να βασίζονται στις υπηρεσίες Διαδικτύου που έχουν πρόσβαση και χρησιμοποιούν και</p>

Εφαρμογές	Περιγραφή
14 Καινοτομία	<p>στις πολυάριθμες συσκευές που έχουν πρόσβαση στο περιβάλλον τους. Πρέπει επίσης να πιστεύουν στις καθημερινές αλληλεπιδράσεις με τον υπολογιστή στις ρυθμίσεις τους, όπως αναβαθμίσεις λογισμικού, επικοινωνίες και άλλες συνήθειες δραστηριότητες.</p> <p>Η εξαιρετικά υψηλή χωρητικότητά του και η χαμηλή καθυστέρηση θα διακρίνουν το 5G. Καθώς όλο και περισσότερες εφαρμογές 5G γίνονται διαθέσιμες, η καινοτομία θα γίνεται όλο και πιο ουσιαστική στη σφαίρα του 5G. Μια τέτοια ποικιλία στη δημιουργικότητα θα χρειαστεί η υποκείμενη τεχνολογική αρχιτεκτονική να είναι ευκίνητη, κατά παραγγελία, ανοιχτή και συνεχώς αναπτυσσόμενη. Οι τεχνολογίες σύνδεσης 5G υψηλής ποιότητας μπορούν να αυξήσουν τη συνεργασία των ιατρικών επαγγελματιών συνεργαζόμενοι σε σαρώσεις για τη διάγνωση της φροντίδας των ασθενών καλύτερα. Οι δυνατότητες έξυπνων αλγορίθμων που βασίζονται σε δεδομένα στην υγειονομική περίθαλψη θα αυξηθούν παράλληλα με την ανάπτυξη των δικτύων και συσκευών υγείας IoT. Η χρήση λογισμικού τεχνητής νοημοσύνης για την αξιολόγηση δεδομένων ασθενών σε πραγματικό χρόνο που παρέχονται σε πλατφόρμες cloud θα ήταν ευκολότερη και πιο αξιόπιστη με την υποδομή 5G.</p>
15 Χειρουργείο εξ αποστάσεως	<p>Το 5G θέτει επίσης τις βάσεις για εξελιγμένες εφαρμογές όπως η εξ αποστάσεως χειρουργική από ειδικούς που χρησιμοποιούν ρομποτικούς βραχίονες που συνδέονται με δίκτυα επικοινωνιών. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν επίσης να παρέχουν νέες ροές εισοδήματος για τους φορείς εκμετάλλευσης, οι οποίοι διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο επιτρέποντας αυτήν την καινοτόμο εφαρμογή της σύγχρονης τεχνολογίας δικτύου. Η τεχνολογία 5G αναμφίβολα θα ενσωματωθεί σε βάθος με την ιατρική περίθαλψη. Αυτή η τεχνολογία θα κάνει την ιατρική περίθαλψη πιο εφικτή σε νοσοκομεία και ιδιωτικές κλινικές.</p>
16 Επίλυση προβλημάτων υγείας	<p>Τα φορητά ιατρικά gadgets έχουν αποδειχθεί ότι είναι ωφέλιμα για να βοηθήσουν διαφορετικές ομάδες κινδύνου στην επίλυση προβλημάτων υγείας και στη βελτίωση της πρόγνωσης των ασθενών. Οι ασθενείς και οι γιατροί μπορεί να επωφεληθούν από πιο σημαντικές λειτουργίες εάν οι συνδέσεις τους είναι πιο ομαλές με το 5G. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει στην ταχύτερη μετάδοση κρίσιμων δεδομένων. Το 5G μπορεί να παρέχει συνεχή ευρεία κάλυψη για οχήματα έκτακτης ανάγκης, επιτρέποντας στους ασθενείς να συνειδητοποιήσουν ότι «η επιβίβαση στο ασθενοφόρο συνεπάγεται την είσοδο στο νοσοκομείο. Οι ειδικοί εξ αποστάσεως μπορούν να διεξάγουν εξ αποστάσεως χειρουργική θεραπεία για ασθενείς σε τοπικά νοσοκομεία χρησιμοποιώντας ιατρικά ρομπότ και συστήματα ήχου και εικόνας υψηλής ευκρίνειας.</p>
17 Βελτίωση της ικανότητας του εργαζομένου στον τομέα της υγείας	<p>Η εφαρμογή του 5G στην Υγεία μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την επικοινωνία και τη συνεργασία των εργαζομένων στον τομέα της υγείας. Το 5G αυξάνει την ικανότητα των ιατρών να συνδέονται με ασθενείς και να συμπληρώνουν την τεχνογνωσία τους εξαλείφοντας</p>

Εφαρμογές	Περιγραφή
	<p>αρκετές δυσκολίες. Με τις μεγαλύτερες ταχύτητες του 5G, δεν υπάρχει όριο στην ποσότητα των δεδομένων που μπορούν να μεταφέρουν άμεσα οι επαγγελματίες υγείας μέσω ψηφιακών καναλιών. Αυτό είναι ιδιαίτερα ευεργετικό όταν χρησιμοποιούνται εικόνες υψηλής ανάλυσης, όπως ακτινογραφίες, στη διαγνωστική διαδικασία. Το πρόσθετο εύρος ζώνης που παρέχεται από το 5G επιτρέπει επίσης πιο σημαντική χρήση δικτύων χωρίς να θυσιάζονται οι ταχύτητες, κάτι που είναι απαραίτητο για την υιοθέτηση του IoT. Οι ιατρικές λύσεις IoT επιτρέπουν στις εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης να συλλέγουν και να αναλύουν συνεχώς δεδομένα ασθενών σε πραγματικό χρόνο.</p>
<p>18 Ενεργοποίηση της δημόσιας ασφάλειας</p>	<p>Οι τεχνολογίες με δυνατότητα 5G θα επιτρέψουν στους οργανισμούς δημόσιας ασφάλειας να δημιουργήσουν ρεαλιστικά σενάρια κρίσης για εκπαίδευση και δοκιμές. Η ανάπτυξη 5G παρέχει περισσότερες απίστευτες επιλογές για εταιρείες και ομάδες πληροφορικής για τη βελτίωση της ασφάλειας και την καταπολέμηση των χάκερ. Η κινητή τεχνολογία 5G έχει γίνει ευρύτερα διαθέσιμη. Προσφέρει αυξημένο εύρος ζώνης και ταχύτητες δεδομένων, μειωμένο λανθάνον χρόνο και τη δυνατότητα να φέρει πρακτικό IoT σε πολλές συσκευές. Το 5G συνεπάγεται τεράστιες προόδους στη φροντίδα των ασθενών, τα αποτελέσματα και τις εμπειρίες. Οι πελάτες χρησιμοποιούν έξυπνα ρολόγια και τηλέφωνα για να μετρήσουν την άσκηση, τη διατροφή, την παρακολούθηση της καρδιάς, την αρτηριακή πίεση και τα επίπεδα γλυκόζης.</p>
	<p>Η έλευση του 5G έχει καταλύσει την εφαρμογή πολλών καινοτόμων τεχνολογιών που απαιτούν περισσότερη ισχύ δικτύου και οδηγούν σε επαναστατικές νέες ιατρικές λύσεις. Οι εργαζόμενοι στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης όχι μόνο ασχολούνται με μεγάλη ποσότητα δεδομένων ασθενών, αλλά αυτά τα δεδομένα είναι επίσης ευαίσθητα και πρέπει να διατηρούνται με ασφάλεια. Το 5G θα φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο τα gadget και τα δίκτυα επικοινωνούν και προστατεύουν τις κρίσιμες για την αποστολή επικοινωνίες, επιτρέποντας στους γιατρούς να παρέχουν εξ αποστάσεως υγειονομική περίθαλψη. Η εμπειρία του ασθενούς θα επηρεαστεί σημαντικά από την υιοθέτηση της τεχνολογίας 5G. Η εισαγωγή της τεχνολογίας 5G θα ενισχύσει τα συστήματα απομακρυσμένης παρακολούθησης και τις δυνατότητες τηλειατρικής. Η προληπτική φροντίδα θα σημειώσει σημαντικά κέρδη ως αποτέλεσμα του 5G. Οι γιατροί μπορούν να μεταφέρουν αρχεία σε έναν ειδικό πολύ πιο γρήγορα χρησιμοποιώντας την ταχύτητα του 5G. Στη συνέχεια, μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία AI για να τους βοηθήσουν να διαγνώσουν ασθενείς με βάση εικόνες. [145, 146, 147]</p> <p>Καθώς ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών και δικτύων αυξάνεται, το 5G θα προσφέρει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στην ασφάλεια δικτύου και δεδομένων. Οι εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να αξιολογούν τους κινδύνους και τα τρωτά σημεία που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα και την πρόσβαση στα δεδομένα υγείας των ασθενών. Η τεχνολογία βρίσκεται στον πυρήνα της παρακολούθησης και παρακολούθησης από εσωτερικούς και εξωτερικούς ασθενείς, από τον εντοπισμό ενός δωματίου νοσοκομείου για έναν ασθενή που φτάνει μέχρι τη μεταφορά ασθενών γύρω και μεταξύ των δωματίων και των περιοχών διαγνωστικής θεραπείας μέχρι την</p>

παρακολούθηση ενός καρδιολογικού ελέγχου. Η άνοδος του 5G πρόκειται να επιταχύνει εκθετικά όλα αυτά τα δεδομένα και να ανοίξει κανάλια σύνδεσης με εντελώς νέους τρόπους, τόσο εντός όσο και εκτός των ορίων του νοσοκομείου. Θα αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο οι επαγγελματίες υγείας ανταλλάσσουν κρίσιμες πληροφορίες και οι ασθενείς τους. [148, 149, 150]

## 6.6 Συζήτηση

Το 5G υπόσχεται ένα νέο οικοσύστημα υγείας ικανό να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των ασθενών και [των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης](#) με ακρίβεια, αποτελεσματικότητα, βολική και οικονομική απόδοση. Τα δίκτυα 5G πρόκειται να αλλάξουν όλα τα βασικά στοιχεία της υγειονομικής περίθαλψης σε όλο τον κόσμο. Οι επιχειρήσεις υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να χρησιμοποιούν [τεχνολογίες μηχανικής εκμάθησης](#) για να προσφέρουν την καλύτερη δυνατή θεραπεία στο νοσοκομείο ή την κλινική μεταβαίνοντας σε δίκτυα 5G υψηλής χωρητικότητας. Τα δίκτυα 5G μπορούν να επιτρέψουν ακριβή μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, διασφαλίζοντας την ποιότητα και την αξιοπιστία των ιατρικών δεδομένων μέσω συστημάτων AI. Το 5G και η τεχνητή νοημοσύνη θα μειώσουν τα εμπόδια στη διασύνδεση των νοσοκομείων, επιτρέποντας την ανταλλαγή βελτιωμένων εμπειριών διάγνωσης και θεραπείας μεταξύ μεγάλων και μικρών νοσοκομείων. Η τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει στους κλινικούς γιατρούς να αξιολογούν συγκεκριμένες καταστάσεις ασθενών σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας τη διάγνωση και την παροχή υγειονομικής περίθαλψης ανεξάρτητα από την τοποθεσία του ασθενούς. Αυτό εξοικονομεί χρήματα, συντομεύει το χρόνο θεραπείας και δίνει στον τελικό χρήστη περισσότερες επιλογές. Οι κλινικοί γιατροί πρέπει να κατανοήσουν την πολυπλοκότητα και τις δυναμικές τους αλλαγές, οι οποίες μπορεί να είναι χρονοβόρες και επιρρεπείς σε σφάλματα λόγω της οπτικής καταπόνησης.

Οι εφαρμογές του 5G επηρεάζουν τους γιατρούς που μαθαίνουν, επιτρέποντάς τους να χρησιμοποιούν πιο εξελιγμένες εφαρμογές επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας. [Η εφαρμογή VR](#) βοηθά στη διδασκαλία των φοιτητών ιατρικής σχετικά με τη φυσιολογία και τη διάγνωση του εγκεφαλικού. Οι μαθητές χρησιμοποιούν ακουστικά VR και βυθίζονται σε έναν εικονικό κόσμο όπου αλληλεπιδρούν με έναν ασθενή για να προσδιορίσουν εάν εμφανίζει συμπτώματα. Οι μαθητές μπορούν να παρακολουθήσουν πώς μπορεί να επηρεαστούν άτομα που υποφέρουν από εγκεφαλικό, ζητώντας τους να σηκώσουν τα χέρια τους. Το 5G δίνει τη δυνατότητα σε εφαρμογές που προσφέρουν στους κλινικούς ιατρούς γρήγορη και αξιόπιστη πρόσβαση σε μεγάλα αρχεία, όπως ιατρικά αρχεία και εικόνες, αλλά παρέχει επίσης μεγαλύτερη κάλυψη. Λόγω της δυνατότητάς τους να αλλάξουν ψηφιακά την [εμπειρία εκμάθησης](#), τα προγράμματα εικονικών συσκευέσεων όπως το Zoom, το Microsoft Teams και το Google Meet έχουν αυξήσει τις συνδρομές πελατών.

Η επόμενη γενιά του Διαδικτύου και του 5G θα επηρεάσει έντονα κάθε κρίσιμο ενδιαφερόμενο μέρος στην υγειονομική περίθαλψη, τους παρόχους, τους πληρωτές και τις φαρμακευτικές εταιρείες. Με τα δίκτυα 5G, οι αρχές υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα και τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες όπως το IoT για να μεγιστοποιήσουν τα οφέλη της μειωμένης καθυστέρησης, με αποτέλεσμα την καλύτερη φροντίδα των ασθενών με λιγότερες καθυστερήσεις. Αυτό επιτρέπει ταχύτερες και πιο αξιόπιστες συνδέσεις βίντεο, προληπτική φροντίδα που βασίζεται στην εισαγωγή ιατρικού εξοπλισμού και ανάλυση δεδομένων ασθενών μεγάλης κλίμακας για τη βελτίωση των συνολικών

αποτελεσμάτων υγείας. Αυτές οι επιπτώσεις μπορούν να επηρεάσουν ουσιαστικά την ικανότητα των επαγγελματιών υγείας να αλληλεπιδρούν με τους ασθενείς τους, να παρακολουθούν την υγεία τους και να δίνουν φάρμακα και συμβουλές για τον τρόπο ζωής σε κρίσιμες στιγμές για να εγγραφούν τη βέλτιστη αποτελεσματικότητα.

Οι ασθενείς μπορούν πλέον να έχουν πρόσβαση σε εξατομικευμένες θεραπείες χρησιμοποιώντας τεχνολογία 5G και IoT. Οι δυνατότητες παρακολούθησης ενημερώνουν τους ασθενείς για τα προσωπικά πρότυπα υγείας, όπως η αύξηση των επιπέδων σακχάρου στο αίμα, η οποία μπορεί να σηματοδοτεί προδιαβήτη. Αυτό το [σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης](#) μπορεί να αποθαρρύνει ή να αποτρέψει πολλά σημαντικά συμβάντα υγείας. Αυτές οι τεχνολογίες βοηθούν επίσης πολλούς ανθρώπους να αναρρώσουν μετά από ένα ιατρικό συμβάν. Τα ταχύτερα δίκτυα παρέχουν παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο τις προτιμήσεις προϊόντων των πελατών και μοτίβα αγορών στο κατάστημα με χρήση 5G. Αυτά τα δεδομένα επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να προσφέρουν μια πιο προσαρμοσμένη εμπειρία πελατών στέλνοντας στοχευμένα email σχετικά με τις πιο σημαντικές εκπτώσεις. Λόγω των περιορισμών στην υγεία του COVID-19, το 5G βοήθησε οικογένειες και φίλους να παραμείνουν συνδεδεμένοι μέσω διαφόρων ψηφιακών καναλιών με ασθενείς που δεν μπορούν να συναντήσουν τα αγαπημένα τους πρόσωπα αυτοπροσώπως.

Η χρήση δικτύων 5G θα γνωρίσει τεράστια ανάπτυξη σε όλη την ψηφιακή εποχή. Οι μακροπρόθεσμες συνέπειες θα βελτιώσουν τον [τομέα της υγειονομικής περίθαλψης](#), συμπεριλαμβανομένων αποτελεσματικότερων τρόπων για τη φροντίδα των ασθενών, την παροχή βοήθειας στους εργαζόμενους στον τομέα της υγείας και, τελικά, θα σώσουν πολλές ζωές λόγω της ευεργετικής επιρροής των τεχνολογικών εξελίξεων. Η έρευνα και η ανάπτυξη του 5G άνοιξε το δρόμο για ένα ισχυρό νέο πρότυπο επικοινωνίας που συνδέει δισεκατομμύρια συσκευές και αισθητήρες στο διαδίκτυο. Οι πιο γρήγορες ταχύτητες δικτύου και το μεγαλύτερο εύρος ζώνης του 5G όχι μόνο εξοικονομούν χρόνο και χρήμα για τους οργανισμούς, αλλά στην περίπτωση της επιχείρησης υγειονομικής περίθαλψης, αυτή η αναβαθμισμένη τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να σώσει ζωές.

## 6.7 Προκλήσεις του 5G

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα του 5G είναι ότι έχει μόνο τοπική διαθεσιμότητα και έχει αποσπασματική παγκόσμια κάλυψη. Μόνο οι αστικές περιοχές θα επωφεληθούν σημαντικά από το δίκτυο 5G, ενώ οι αγροτικές περιοχές ενδέχεται να έχουν κάλυψη μόνο για λίγα χρόνια. Επίσης, το κόστος που σχετίζεται με την εγκατάσταση σταθμών πύργων είναι σημαντικό σε σύγκριση με άλλα δίκτυα. Η εισαγωγή και η εφαρμογή του 5G θα χρειαστούν χρόνια, καθώς οι δοκιμές, οι δοκιμές και η εγκατάσταση πύργων 5G είναι δαπανηρές. Ενώ το 5G λειτουργεί γρήγορα σε υψηλές ταχύτητες, δεν θα έχει το ίδιο εύρος με το 4G. Επιπλέον, μεγάλες κατασκευές και δέντρα ενδέχεται να εμποδίσουν τη συχνότητα του δικτύου 5G, γεγονός που θα προκαλέσει αρκετά προβλήματα. Εξαιτίας αυτού, η παροχή κάλυψης με πρόσθετους πύργους διαρκεί περισσότερο και κοστίζει περισσότερα χρήματα. Η βροχή μπορεί επίσης να επηρεάσει την κάλυψη 5G, η οποία απαιτεί πρόσθετη προστασία. Αν και έχουν τη δυνατότητα για υψηλότερες ταχύτητες λήψης, οι ειδικοί προβλέπουν ότι η τεχνολογία 5G θα έχει χαμηλότερη ταχύτητα μεταφόρτωσης από το 4G και το 4G LTE. [151, 152, 153]

Ένα άλλο μειονέκτημα της τεχνολογίας 5G είναι ότι βλάπτει [τις συσκευές κινητής τηλεφωνίας](#) μειώνοντας τη διάρκεια ζωής τους και εξαντλώντας τις μπαταρίες τους.



Μια σύνδεση 5G στο τηλέφωνο θα προκαλέσει σημαντική κατανάλωση ενέργειας, μειώνοντας σημαντικά τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Έτσι, για να προστατεύσουν την μπαταρία από βλάβες και άλλα ζητήματα, οι παραγωγοί πρέπει να επενδύσουν σε καινοτόμες τεχνολογίες μπαταριών. Μια άλλη αρνητική πτυχή της τεχνολογίας 5G είναι ότι καθιστά την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο πιο ευάλωτη σε επιθέσεις. Ωστόσο, η απουσία κρυπτογράφησης κατά τη σύνδεση καθιστά επίσης τις συσκευές με δυνατότητα 5G πιο προσιτό στόχο για κυβερνοεπιθέσεις και κλοπή δεδομένων. Ένα από τα ζητήματα με το 5G είναι η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο αφού θα συμβεί το hacking. Η αύξηση του εύρους ζώνης καθιστά εύκολο για τους κλέφτες να αρπάξουν τη βάση δεδομένων. Επίσης, το λογισμικό που χρησιμοποιεί το κάνει να υπόκειται σε επιθέσεις. Οι επιθέσεις είναι πιθανές όταν το 5G συνδέεται με περισσότερες συσκευές. Λόγω της απουσίας κρυπτογράφησης στο 5G, οι χάκερ θα μπορούν να οργανώνουν τις επιθέσεις τους πιο αποτελεσματικά, κάτι που θα βλάψει σημαντικά τις επιχειρήσεις.

## 6.8 Μελλοντικό πεδίο εφαρμογής

Στο μέλλον, η τεχνολογία 5G θα παρέχει εξ αποστάσεως υποστήριξη εξαιρετικής υγειονομικής περίθαλψης, περιορίζοντας παράλληλα την έκθεση των ασθενών, εξαλείφοντας τις προσωπικές επισκέψεις σε γιατρούς και εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης. Οι ασθενείς που δεν μπορούν να πάνε στους επαγγελματίες υγείας τους θα τους επισκέπτονται μέσω συσκευών [τηλεπαρουσίας](#) φυσικής αίσθησης που χρησιμοποιούν 5G. Κατά συνέπεια, ένα ασύρματο δίκτυο μπορεί να παρέχει ζωτικής σημασίας θεραπείες υγειονομικής περίθαλψης για χρόνια άρρωστους ή περιορισμένους ασθενείς. Το 5G έχει τη δυνατότητα να αλλάξει πλήρως την υποδομή του Healthcare IT. Η τεχνολογία 5G θα γίνει πιο εφικτή και θα προσφέρει μια ψηφιακή επανάσταση για την υγειονομική περίθαλψη. Οι εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να αξιολογήσουν την υποδομή και τον εξοπλισμό τους για να άρουν πιθανά εμπόδια και να σχεδιάσουν ένα μέλλον 5G. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να μεταμορφώσει πλήρως την ενδυνάμωση των ασθενών και την υγειονομική περίθαλψη στο σπίτι.

Τα δίκτυα 5G θα θέσουν τις βάσεις για τις επιχειρήσεις να παρακολουθούν τη συμπεριφορά των καταναλωτών, να εξατομικεύουν σχέδια μάρκετινγκ, να παρέχουν καλύτερες υπηρεσίες και παραδόσεις, να βελτιώνουν τη λειτουργική αποτελεσματικότητα, να ενισχύουν τους υπαλλήλους μέσω απρόσκοπτα συνδεδεμένων συσκευών και προσβασιμότητας και τελικά να οδηγούν σε προγνωστικά αναλυτικά στοιχεία και καλύτερη λήψη αποφάσεων για μια βιώσιμη και κερδοφόρο μέλλον. Η τεχνολογία 5G θα επιτρέψει στους γιατρούς και άλλους ιατρούς να κάνουν τη δουλειά τους με μεγαλύτερη επιτυχία και να κάνουν πράγματα που δεν μπορούσαν να κάνουν στο παρελθόν. Η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση θα είναι απαραίτητα για την επιτυχία του 5G στην υγειονομική περίθαλψη. Τεράστιοι όγκοι δεδομένων θα διαρρεύσουν στο δίκτυο από ηλεκτρονικά αρχεία υγείας, φορητές συσκευές, αρχεία απεικόνισης και σύντομα το μαζικά συνδεδεμένο παράδειγμα υγειονομικής περίθαλψης. Το 5G θα βελτιώσει τη διοίκηση και τη διαχείριση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών και άλλων οχημάτων χωρίς πλήρωμα, επιτρέποντας στο προσωπικό δημόσιας ασφάλειας να ανταποκρίνεται γρηγορότερα και να αποκτά μεγαλύτερη επίγνωση της κατάστασης σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

## 6.9 Συμπέρασμα

Τα δίκτυα 5G παρουσιάζουν νέες επιλογές για την παροχή υγειονομικής περίθαλψης. Αντί να μεταφέρουν ασθενείς σε γιατρό για θεραπεία, τα δίκτυα 5G ενδέχεται να συνδέουν ασθενείς και γιατρούς σε όλο τον κόσμο. Συνδυάζοντας περισσότερο ιατρικό εξοπλισμό με IoT, οι γιατροί θα παρακολουθούν ασθενείς χωρίς δαπανηρή νοσηλεία. Η ψηφιακή απεικόνιση μπορεί να μεταδοθεί οπουδήποτε παγκοσμίως για ανάλυση, αυξάνοντας την πρόσβαση για ασθενείς που βρίσκονται μακριά από τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης και μειώνοντας το κόστος. Η επιχείρηση υγειονομικής περίθαλψης έχει ένα περίπλοκο ρυθμιστικό πλαίσιο και βαθιά ριζωμένα συστήματα παλαιού τύπου, τα οποία έχουν καθυστερήσει ιστορικά την υιοθέτηση της νέας τεχνολογίας. Ωστόσο, η υγειονομική περίθαλψη μπορεί να δει τις πιο σημαντικές αλλαγές και μπορεί να επωφεληθεί από πολλά στοιχεία της τεχνολογίας 5G. Το 5G μπορεί να βελτιώσει την παρακολούθηση και τη φροντίδα των ασθενών στο σπίτι και την αποτελεσματικότητα των ιατρείων και των νοσοκομείων. Οι φορητές συσκευές που μεταφέρουν δεδομένα ασθενών μέσω δικτύων 5G απαιτούν την ανάπτυξη τεχνολογίας που διασφαλίζει ασφαλείς και ασφαλείς επικοινωνίες. Ο ιατρικός κλάδος μπορεί να αξιοποιήσει τη βιομηχανική εμπειρία επιλέγοντας λύσεις που έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές σε άλλους ευαίσθητους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των κέντρων δεδομένων και των ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης. Αυτό βοηθά τον ειδικό να επιβλέπει μια απαραίτητη χειρουργική επέμβαση χρησιμοποιώντας εικόνες υψηλής ποιότητας και ελάχιστα λανθάνοντα χρόνο για να παρέχει γρήγορη ανατροφοδότηση. Στο μέλλον, με ένα δίκτυο 5G υψηλής χωρητικότητας, θα είναι εύκολα δυνατή η εξ αποστάσεως χειρουργική επέμβαση με ρομποτική βοήθεια.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

### REFERENCES

- [1] M. H. Miraz, M. Ali, P. S. Excell, and R. Picking, “A Review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT)”, in 2015 Internet Technologies and Applications (ITA), pp. 219–224, Sep. 2015, DOI: 10.1109/ITechA.2015.7317398.
- [2] M. Miraz, M. Ali, P. Excell, and R. Picking, “Internet of Nano-Things, Things and Everything: Future Growth Trends”, *Future Internet*, vol. 10, no. 8, p. 68, 2018, DOI: 10.3390/fi10080068.
- [3] K. K. Patel, S. M. Patel, et al., “Internet of things IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application future challenges,” *International journal of engineering science and computing*, vol. 6, no. 5, pp. 6122–6131, 2016.
- [4] S. V. Zanjali and G. R. Talmale, “Medicine reminder and monitoring system for secure health using IOT,” *Procedia Computer Science*, vol. 78, pp. 471–476, 2016.
- [5] R. Jain, “A Congestion Control System Based on VANET for Small Length Roads”, *Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC)*, vol. 2, no. 1, pp. 17–21, 2018, DOI: 10.33166/AETiC.2018.01.003.

- [6] S. Soomro, M. H. Miraz, A. Prasanth, M. Abdullah, “Artificial Intelligence Enabled IoT: Traffic Congestion Reduction in Smart Cities,” IET 2018 Smart Cities Symposium, pp. 81–86, 2018, DOI: 10.1049/cp.2018.1381.
- [7] Mahmud, S. H., Assan, L. and Islam, R. 2018. “Potentials of Internet of Things (IoT) in Malaysian Construction Industry”, *Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC)*, Print ISSN: 2516-0281, Online ISSN: 2516-029X, pp. 44-52, Vol. 2, No. 1, International Association of Educators and Researchers (IAER), DOI: 10.33166/AETiC.2018.04.004.
- [8] Mano, Y., Faical B. S., Nakamura L., Gomes, P. G. Libralon, R. Meneguete, G. Filho, G. Giancristofaro, G. Pessin, B. Krishnamachari, and Jo Ueyama. 2015. Exploiting IoT technologies for enhancing Health Smart Homes through patient identification and emotion recognition. *Computer Communications*, 89.90, (178-190). DOI: 10.1016/j.comcom.2016.03.010.
- [9] Z. Alansari, N. B. Anuar, A. Kamsin, M. R. Belgaum, J. Alshaer, S. Soomro, and M. H. Miraz, “Internet of Things: Infrastructure, Architecture, Security and Privacy”, in 2018 International Conference on Computing, Electronics Communications Engineering (iCCECE), pp. 150–155, Aug 2018, DOI: 10.1109/iCCECOME.2018.8658516.
- [10] J. A. Chaudhry, K. Saleem, P. S. Haskell-Dowland, and M. H. Miraz, “A Survey of Distributed Certificate Authorities in MANETs,” *Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC)*, vol. 2, no. 3, pp. 11–18, 2018, DOI: 10.33166/AETiC.2018.03.002.
- [11] A. S. A. Daia, R. A. Ramadan, and M. B. Fayek, “Sensor Networks Attacks Classifications and Mitigation”, *Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC)*, vol. 2, no. 4, pp. 28–43, 2018, DOI: 10.33166/AETiC.2018.04.003.
- [12] Z. Alansari, N. B. Anuar, A. Kamsin, S. Soomro, M. R. Belgaum, M. H. Miraz, and J. Alshaer, “Challenges of Internet of Things and Big Data Integration”, in *Emerging Technologies in Computing (M. H. Miraz, P. Excell, A. Ware, S. Soomro, and M. Ali, eds.)*, (Cham), pp. 47–55, Springer International Publishing, 2018, DOI: 10.1007/978-3-319-95450-9\_4.
- [13] J. Cooper and A. James, “Challenges for database management in the internet of things” *IETE Technical Review*, vol.26,no.5,pp.320–329,2009.
- [14] D. B. Ansari, A.-U. Rehman, and R. Ali, “Internet of Things (IoT) Protocols: A Brief Exploration of MQTT and CoAP,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 179, pp. 9–14, 03 2018.
- [15] A. Mazayev, J. A. Martins, and N. Correia, “Interoperability in IoT Through the Semantic Profiling of Objects,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 19379–19385, 2018.
- [16] R. Porkodi and V. Bhuvaneshwari, “The Internet of Things (IoT) Applications and Communication Enabling Technology Standards: An Overview,” in 2014 International Conference on Intelligent Computing Applications, pp. 324–329, March 2014.
17. Bhalla M.R., Bhalla A.V. Generations of mobile wireless technology: A survey. *Int. J. Comput. Appl.* 2010;**5**:26–32. doi: 10.5120/905-1282. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
18. Mehta H., Patel D., Joshi B., Modi H. 0G to 5G mobile technology: A survey. *J. Basic Appl. Eng. Res.* 2014;**5**:56–60. [[Google Scholar](#)]
19. Sharma V., Choudhary G., You I., Lim J.D., Kim J.N. Self-enforcing Game Theory-based Resource Allocation for LoRaWAN Assisted Public Safety Communications. *J. Internet Technol.* 2018;**2**:515–530. [[Google Scholar](#)]
20. Al-Namari M.A., Mansoor A.M., Idris M.Y.I. A brief survey on 5G wireless mobile network. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 2017;**8**:52–59. [[Google Scholar](#)]

21. Agiwal M., Roy A., Saxena N. Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey. *IEEE Commun. Surv.* 2016;**18**:1617–1655. doi: 10.1109/COMST.2016.2532458. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
22. Buzzi S., Chih-Lin I., Klein T.E., Poor H.V., Yang C., Zappone A. A survey of energy-efficient techniques for 5G networks and challenges ahead. *IEEE J. Sel. Areas Commun.* 2016;**34**:697–709. doi: 10.1109/JSAC.2016.2550338. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
23. Dash L., Khuntia M. Energy efficient techniques for 5G mobile networks in WSN: A Survey; Proceedings of the 2020 International Conference on Computer Science, Engineering and Applications (ICCSEA); Gunupur, India. 13 March 2020; pp. 1–5. [[Google Scholar](#)]
24. Milovanovic D.A., Bojkovic Z.S. *5G Multimedia Communication*. CRC Press; Boca Raton, FL, USA: 2020. An Evolution of 5G Multimedia Communication: New Ecosystem; pp. 129–156. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
25. Hui H., Ding Y., Shi Q., Li F., Song Y., Yan J. 5G network-based Internet of Things for demand response in smart grid: A survey on application potential. *Appl. Energy*. 2020;**257**:113972. doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113972. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
26. Maynard AD. Navigating the fourth industrial revolution. *Nat Nanotechnol.* 2015;10(12):1005–6.
27. Beata Ślusarczyk. Industry 4.0: are we ready? *Pol J Manage Stud.* 2018;17:20
28. Sarker IH. Machine learning: algorithms, real-world applications and research directions. *SN Comput Sci.* 2021;2(3):1–21
29. Sarker IH. Deep learning: a comprehensive overview on techniques, taxonomy, applications and research directions. *SN Comput Sci.* 2021;2(6):1–20
30. Sarker Iqbal H. Data science and analytics: an overview from data-driven smart computing, decision-making and applications perspective. *SN Comput Sci.* 2021;20:21.
31. Sarker IH. Ai-driven cybersecurity: an overview, security intelligence modeling and research directions. *SN Comput Sci.* 2021;20:21.
32. Brito, J.M. Technological Trends for 5G Networks Influence of E-Health and IoT Applications. *Int. J. Health Med Commun. (IJEHMC)* **2018**, 9, 1–22. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
33. Rodrigues, J.J.; Pedro, L.M.; Vardasca, T.; de la Torre-Díez, I.; Martins, H.M. Mobile health platform for pressure ulcer monitoring with electronic health record integration. *Health Informatics J.* **2013**, 19, 300–311. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- 34 Rodrigues, J.J.; Lopes, I.M.; Silva, B.M.; Torre, I.D. A new mobile ubiquitous computing application to control obesity: SapoFit. *Informatics Health Soc. Care* **2013**, 38, 37–53. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

35 Silva, B.M.; Rodrigues, J.J.; Lopes, I.M.; Machado, T.M.; Zhou, L. A novel cooperation strategy for mobile health applications. *IEEE J. Sel. Areas Commun.* **2013**, *31*, 28–36.

[[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

36 Yang, G.; Urke, A.R.; Øvsthus, K. Mobility Support of IoT Solution in Home Care Wireless Sensor Network. In *Proceedings of the 2018 Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation and Location-Based Services (UPINLBS)*, Wuhan, China, 22–23 March 2018; pp. 475–480. [[Google Scholar](#)]

37 Santos, J.; Rodrigues, J.J.; Silva, B.M.; Casal, J.; Saleem, K.; Denisov, V. An IoT-based mobile gateway for intelligent personal assistants on mobile health environments. *J. Netw. Comput. Appl.* **2016**, *71*, 194–204. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[Green Version](#)]

38 Vilela, P.H.; Rodrigues, J.J.; Solic, P.; Saleem, K.; Furtado, V. Performance evaluation of a Fog-assisted IoT solution for e-Health applications. *Future Gener. Comput. Syst.* **2019**, *97*, 379–386. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

39 Ahad, A.; Al Faisal, S.; Ali, F.; Jan, B.; Ullah, N. Design and Performance Analysis of DSS (Dual Sink Based Scheme) Protocol for WBASNs. *Adv. Remote Sens.* **2017**, *6*, 245.

[[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[Green Version](#)]

40 Ahad, A.; Tahir, M.; Yau, K.L. 5G-Based Smart Healthcare Network: Architecture, Taxonomy, Challenges and Future Research Directions. *IEEE Access* **2019**, *7*, 100747–100762. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

41 Mahmoud, M.M.; Rodrigues, J.J.; Ahmed, S.H.; Shah, S.C.; Al-Muhtadi, J.F.; Korotaev, V.V.; De Albuquerque, V.H.C. Enabling technologies on cloud of things for smart healthcare. *IEEE Access* **2018**, *6*, 31950–31967. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

42 Qi, J.; Yang, P.; Min, G.; Amft, O.; Dong, F.; Xu, L. Advanced internet of things for personalised healthcare systems: A survey. *Pervasive Mob. Comput.* **2017**, *41*, 132–149.

[[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

43 Dhanvijay, M.M.; Patil, S.C. Internet of Things: A survey of enabling technologies in healthcare and its applications. *Comput. Netw.* **2019**, *153*, 113–131. [[Google Scholar](#)]

[[CrossRef](#)]

44 Baker, S.B.; Xiang, W.; Atkinson, I. Internet of things for smart healthcare: Technologies, challenges, and opportunities. *IEEE Access* **2017**, *5*, 26521–26544. [[Google Scholar](#)]

[[CrossRef](#)]

45 Istepanian, R.S.; Hu, S.; Philip, N.Y.; Sungoor, A. The potential of Internet of m-health Things “m-LoT” for non-invasive glucose level sensing. In *Proceedings of the 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Boston, MA, USA, 30 August–3 September 2011; pp. 5264–5266. [[Google Scholar](#)]

46 Liu, S.H.; Lin, C.B.; Chen, Y.; Chen, W.; Huang, T.S.; Hsu, C.Y. An EMG Patch for the Real-Time Monitoring of Muscle-Fatigue Conditions During Exercise. *Sensors* **2019**, *19*,

3108. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[Green Version](#)]

47 Guan, Z.J. Internet-of-Things human body data blood pressure collecting and transmitting device. *Chin. Pat.* **2013**, 202, 362. [[Google Scholar](#)]

48 Curran, K.; Mansell, G.; Curran, J. An IoT Framework for Detecting Movement Within Indoor Environments. In *International Conference on Machine Learning for Networking*; Springer: Cham, Switzerland, 2018; pp. 333–340. [[Google Scholar](#)]

49 Mi, Z.; Wei, G. A CoAP-Based Smartphone Proxy for Healthcare with IoT Technologies. In *Proceedings of the 2018 IEEE 9th International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, Beijing, China, 23–25 November 2018; pp. 271–278. [[Google Scholar](#)]

50 Tabish, R.; Ghaleb, A.M.; Hussein, R.; Touati, F.; Mnaouer, A.B.; Khriji, L.; Rasid, M.F. A 3G/WiFi-enabled 6LoWPAN-based U-healthcare system for ubiquitous real-time monitoring and data logging. In *Proceedings of the 2014 Middle East Conference on Biomedical Engineering (MECBME)*, Doha, Qatar, 17–20 February 2014; pp. 277–280. [[Google Scholar](#)]

51 Fan, Y.J.; Yin, Y.H.; Da Xu, L.; Zeng, Y.; Wu, F. IoT-based smart rehabilitation system. *IEEE Trans. Ind. Inf.* **2014**, 10, 1568–1577. [[Google Scholar](#)]

52 Pang, Z.; Tian, J.; Chen, Q. Intelligent packaging and intelligent medicine box for medication management towards the Internet-of-Things. In *Proceedings of the 16th International Conference on Advanced Communication Technology*, Pyeong Chang, Korea, 16–19 February 2014; pp. 352–360. [[Google Scholar](#)]

53 Yang, L.; Ge, Y.; Li, W.; Rao, W.; Shen, W. A home mobile healthcare system for wheelchair users. In *Proceedings of the 2014 IEEE 18th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, Hsinchu, Taiwan, 21–23 May 2014; pp. 609–614. [[Google Scholar](#)]

54 Pesta, M.; Fichtl, J.; Kulda, V.; Topolcan, O.; Treska, V. Monitoring of circulating tumor cells in patients undergoing surgery for hepatic metastases from colorectal cancer. *Anticancer Res.* **2013**, 33, 2239–2243. [[Google Scholar](#)]

55 Hii, P.C.; Chung, W.Y. A comprehensive ubiquitous healthcare solution on an Android™ mobile device. *Sensors* **2011**, 11, 6799–6815. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[Green Version](#)]

56. Nasri F, Mtibaa A. Smart mobile healthcare system based on WBSN and 5G. *Int J Adv Comput Sci Appl.* 2017;8(10):147–156.

57. Haleem A, Javaid M, Singh RP, Suman R. Medical 4.0 technologies for healthcare: features, capabilities, and applications. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems.* 2022;2:12–30.

58. Mavrogiorgou A, Kiourtis A, Touloupou M, Kapassa E, Kyriazis D, Themistocleous M. The road to the future of Healthcare: transmitting interoperable healthcare data through a 5G based communication platform. In: *European, Mediterranean, and Middle Eastern Conference On Information Systems*. Cham: Springer; 2018, October:383–401.

59. Kiani SH, Altaf A, Anjum MR, et al. MIMO antenna system for modern 5G handheld devices with healthcare and high rate delivery. *Sensors*. 2021;21(21):7415.
60. Hu J, Liang W, Hosam O, Hsieh MY, Su X. 5GSS: a framework for 5G-secure-smart healthcare monitoring. *Connect Sci*. 2021:1–23.
61. Lin D, Hu S, Gao Y, Tang Y. Optimising MEC networks for healthcare applications in 5G communications with the authenticity of Users' priorities. *IEEE Access*. 2019;7: 88592–88600.
62. Mohanta B, Das P, Patnaik S. Healthcare 5.0: a paradigm shift in digital healthcare system using artificial intelligence, IoT and 5G communication. In: 2019 International Conference on Applied Machine Learning (ICAML). IEEE; 2019, May: 191–196.
63. Dighriri M, Lee GM, Baker T. Big data environment for smart healthcare applications over 5g mobile network. In: *Applications of Big Data Analytics*. Cham: Springer; 2018:1–29.
64. Ullah H, Nair NG, Moore A, Nugent C, Muschamp P, Cuevas M. 5G communication: an overview of vehicle-to-everything, drones, and healthcare use-cases. *IEEE Access*. 2019;7:37251–37268.
65. Hossain MS, Muhammad G. Emotion-aware connected healthcare big data towards 5G. *IEEE Internet Things J*. 2017;5(4):2399–2406
66. Hughes JD, Occhiuzzi C, Batchelor J, Marrocco G. Folded comb-line array for healthcare 5G-RFID-based IoT applications. In: 2021 IEEE International Conference on RFID (RFID). IEEE; 2021, April:1–5.
67. Hamm S, Schleser AC, Hartig J, Thomas P, Zoesch S, Bulitta C. 5G as an enabler for digital healthcare. *Current Directions in Biomedical Engineering*. 2020;6(3):1–4.
68. Ren H, Shen J, Tang X, Feng T. 5G healthcare applications in COVID-19 prevention and control. In: 2020 ITU Kaleidoscope: Industry-Driven Digital Transformation (ITU K). IEEE; 2020, December:1–4.
69. Zhan K. Sports and health big data system based on 5G network and Internet of Things system. *Microprocess Microsyst*. 2021;80, 103363.
70. Skondras E, Michalas A, Tsolis N, Vergados DD. A VHO scheme for supporting healthcare services in 5G vehicular cloud computing systems. In: 2018 Wireless Telecommunications Symposium (WTS). IEEE; 2018, April:1–6.
71. Khujamatov K, Reypnazarov E, Akhmedov N, Khasanov D. Blockchain for 5G healthcare architecture. In: 2020 International Conference on Information Science And Communications Technologies (ICISCT). IEEE; 2020, November:1–5.
72. Mwangama J, Malila B, Douglas T, Rangaka M. What can 5G do for Healthcare in Africa? *Nature Electronics*. 2020;3(1):7–9
73. Chen M, Yang J, Zhou J, Hao Y, Zhang J, Youn CH. 5G-smart diabetes: toward personalised diabetes diagnosis with healthcare big data clouds. *IEEE Commun Mag*. 2018;56(4):16–23.
74. Usman MA, Philip NY, Politis C. 5G enabled mobile healthcare for ambulances. In: 2019 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps). IEEE; 2019, December:1–6.
75. Soldani D, Innocenti M, Imran MA, Sambo YA, Abbasi QH. 5G communication systems and connected healthcare. In: *Enabling 5G Communication Systems to Support*



Vertical Industries. Wiley; 2019:149–177.

76. Ramli HAM. A study on packet scheduling algorithms for healthcare contents over fifth-generation (5G) mobile cellular network. *Int. J. Elect. Telecom.* 2020;66(4): 729–735.
77. Mistry I, Tanwar S, Tyagi S, Kumar N. Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: a systematic review, solutions, and challenges. *Mech Syst Signal Process.* 2020;135, 106382.
78. Tarikere S, Donner I, Woods D. Diagnosing a healthcare cybersecurity crisis: the impact of IoMT advancements and 5G. *Bus Horiz.* 2021;64(6):799–807.
79. Prakash V, Garg L, Camilleri L, Curmi J, Camilleri D. 5G in healthcare: features, advantages, limitations, and applications. In: *Implementing Data Analytics and Architectures for Next-Generation Wireless Communications.* IGI Global; 2022:51–68.
80. Javaid M, Haleem A, Singh RP, Haq MIU, Raina A, Suman R. Industry 5.0: potential applications in COVID-19. *J. Indus. Integr. Manag.* 2020;5(4):507–530.
81. Mamun MI, Rahman A, Khaleque MA, Mridha MF, Hamid MA. Healthcare monitoring system inside self-driving smart car in 5g cellular network. In: *2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN).* 1. IEEE; 2019, July:1515–1520.
82. Priya B, Malhotra J. 5GhNet: an intelligent QoE aware RAT selection framework for 5G-enabled healthcare network. *J Ambient Intell Hum Comput.* 2021:1–22.
83. Pundziene A, Heaton S, Teece DJ. 5G, dynamic capabilities and business models innovation in healthcare industry. In: *2019 IEEE International Symposium on Innovation and Entrepreneurship (TEMS-ISIE).* IEEE; 2019, October:1–8.
84. Aldaej A, Tariq U. IoT in 5G aeon: an inevitable fortuity of next-generation healthcare. In: *2018 1st International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS).* IEEE; 2018, April:1–4.
85. Lin K, Xia F, Wang W, Tian D, Song J. System design for big data application in emotion-aware healthcare. *IEEE Access.* 2016;4:6901–6909.
86. Zhong M, Yang Y, Yao H, Fu X, Dobre OA, Postolache O. 5G and IoT: towards a new era of communications and measurements. *IEEE Instrum Meas Mag.* 2019;22(6): 18–26.
87. Anwar S, Prasad R. Framework for future telemedicine planning and infrastructure using 5G technology. *Wireless Pers Commun.* 2018;100(1):193–208.
88. Gupta A, Hasiya Y. Next generation 5G wireless technologies in healthcare. In: *ICT with Intelligent Applications.* Singapore: Springer; 2022:393–402.
89. Kapassa E, Touloupou M, Mavrogiorgou A, et al. An innovative eHealth system powered by 5G network slicing. In: *2019 Sixth International Conference on Internet Of Things: Systems, Management And Security (IOTSMS).* IEEE; 2019, October:7–12.
90. Ahad A, Tahir M, Sheikh MA, Ahmed KI, Mughees A. An intelligent clustering-based routing protocol (CRP-GR) for 5G-based smart healthcare using game theory and reinforcement learning. *Appl Sci.* 2021;11(21):9993.
91. Srinivasu PN, Bhoi AK, Nayak SR, Bhutta MR, Woźniak M. Blockchain technology for secured healthcare data communication among the non-terminal nodes in IoT architecture in 5G network. *Electronics.* 2021;10(12):1437.
92. Sharmila AH, Jaisankar N. Edge intelligent agent assisted hybrid hierarchical blockchain for continuous healthcare monitoring & recommendation system in 5G WBAN-IoT. *Comput Network.* 2021;200, 108508.
93. Nguyen DC, Pathirana PN, Ding M, Seneviratne A. Blockchain for 5G and beyond networks: a state of the art survey. *J Netw Comput Appl.* 2020;166, 102693.
94. Paramita S, Bebartta HND, Pattanayak P. IoT-based healthcare monitoring system using 5G communication and machine learning models. In: *Health Informatics: A Computational Perspective in Healthcare.* Singapore: Springer; 2021:159–182.
95. Ahad A, Tahir M, Sheikh MAS, Hassan N, Ahmed KI, Mughees A. A game theory based clustering scheme (GCS) for 5G-based smart healthcare. In: *2020 IEEE 5th*



- International Symposium on Telecommunication Technologies (ISTT). IEEE; 2020, November:157–161.
96. Sivasangari A, Lakshmanan L, Ajitha P, Deepa D, Jabez J. Big data analytics for 5G-enabled IoT healthcare. In: *Blockchain for 5G-Enabled IoT*. Cham: Springer; 2021: 261–275.
97. Padmashree T, Nayak SS. 5G technology for E-health. In: *2020 Fourth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics And Cloud)(I-SMAC)*. IEEE; 2020, October:211–216.
98. Dzogovic B, Mahmood T, Santos B, et al. Advanced 5G network slicing isolation using enhanced VPN for healthcare verticals. In: *International Conference on Smart Objects And Technologies For Social Good*. Cham: Springer; 2021, September: 121–135.
99. Markhasin A. Fundamentals of the extremely green, flexible, and profitable 5G M2M ubiquitous communications for remote e-healthcare and other social e-Applications. In: *2017 International Multi-Conference on Engineering, Computer And Information Sciences (SIBIRCON)*. IEEE; 2017, September:292–297.
100. Cisotto G, Casarin E, Tomasin S. Requirements and enablers of advanced healthcare services over future cellular systems. *IEEE Commun Mag.* 2020;58(3):76–81.
101. Chen JIZ. 5G technology and advancements in connected living-comprehensive survey. *J Electron.* 2019;1(2):71–79.
102. Magsi H, Sodhro AH, Chachar FA, Abro SAK, Sodhro GH, Pirbhulal S. Evolution of 5G in Internet of medical things. In: *2018 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*. IEEE; 2018, March:1–7.
103. Al-Turjman F, Alturjman S. Context-sensitive access in industrial internet of things (IIoT) healthcare applications. *IEEE Trans Ind Inf.* 2018;14(6):2736–2744.
104. Zhang Y, Wang X, Han N, Zhao R. Ensemble learning based postpartum hemorrhage diagnosis for 5G remote healthcare. *IEEE Access.* 2021;9:18538–18548.
105. Stefano GB, Kream RM. The micro-hospital: 5G telemedicine-based care. *Medical science monitor basic research.* 2018;24:103.
106. Hossain MS, Xu C, Li Y, Bilbao J, El Saddik A. Advances in next-generation networking technologies for smart healthcare. *IEEE Commun Mag.* 2018;56(4): 14–15.
107. Chamola V, Hassija V, Gupta V, Guizani M. A comprehensive review of the COVID-19 pandemic and the role of IoT, drones, AI, blockchain, and 5G in managing its impact. *IEEE Access.* 2020;8:90225–90265.
108. de Mattos WD, Gondim PR. M-health solutions using 5G networks and M2M communications. *IT Professional.* 2016;18(3):24–29.
109. Mavrogiorgou A, Kiourtis A, Touloupou M, Kapassa E, Kyriazis D. Internet of medical things (IoMT): acquiring and transforming data into HL7 FHIR through 5G network slicing. *Emer Sci Journal.* 2019;3(2):64–77.
110. Khushal M, Asif W. Necessity of automated vulnerability assessment in healthcare with the emergence of 5G. In: *2021 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*. IEEE; 2021, September:1–6.
111. Selem E, Fatehy M, Abd El-Kader SM. E-Health applications over 5G networks: challenges and state of the art. In: *2019 6th International Conference on Advanced Control Circuits And Systems (ACCS) & 2019, 5th International Conference On New Paradigms In Electronics & Information Technology (PEIT)*. IEEE; 2019, November: 111–118.
112. Bekaroo G, Santokhee A, Augusto JC. 5G smart and innovative healthcare services: opportunities, challenges, and perspective solutions. In: *5G Multimedia Communication*. CRC Press; 2020:279–297.
113. Sherazi HHR, Asif W, Khan ZA. 5G enabled realtime healthcare system for heart patients. In: *2021 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*. IEEE; 2021, September:1–6.

114. Gohar A, Nencioni G. The role of 5G technologies in a smart city: the case for intelligent transportation system. *Sustainability*. 2021;13(9):5188.
115. Thayananthan V. Healthcare management using ICT and IoT based 5G. *Int J Adv Comput Sci Appl*. 2019;10:305–312.
116. Gupta N, Juneja PK, Sharma S, Garg U. Future aspect of 5G-IoT architecture in smart healthcare system. In: 2021 5th International Conference on Intelligent Computing And Control Systems (ICICCS). IEEE; 2021, May:406–411.
117. Le TV, Hsu CL. An anonymous key distribution scheme for group healthcare services in 5G-enabled multi-server environments. *IEEE Access*. 2021;9:53408–53422.
118. Gupta R, Tanwar S, Tyagi S, Kumar N. Tactile-internet-based telesurgery system for healthcare 4.0: an architecture, research challenges, and future directions. *IEEE Network*. 2019;33(6):22–29.
119. Lema MA, Antonakoglou K, Sardis F, et al. 5G case study of Internet of Skills: slicing the human senses. In: 2017 European Conference on Networks and Communications (EuCNC). IEEE; 2017, June:1–6.
120. Loghin D, Cai S, Chen G, et al. The disruptions of 5G on data-driven technologies and applications. *IEEE Trans Knowl Data Eng*. 2020;32(6):1179–1198.
121. Ismail A, Abdelrazek S, Elhenawy I. IoT wearable devices for health issue monitoring using 5G networks' opportunities and challenges. In: *Blockchain for 5G-Enabled IoT*. Cham: Springer; 2021:521–530.
122. Chowdhury MZ, Hossain MT, Shahjalal M, Hasan MK, Jang YM. A new 5g eHealth architecture based on optical camera communication: an overview, prospects, and applications. *IEEE Consumer Electronics Magazine*. 2020;9(6):23–33.
123. Chen M, Qian Y, Hao Y, Li Y, Song J. Data-driven computing and caching in 5G networks: architecture and delay analysis. *IEEE Wireless Commun*. 2018;25(1):70–75.
124. Hewa T, Braeken A, Ylianttila M, Liyanage M. Multi-access edge computing and blockchain-based secure telehealth system connected with 5G and IoT. In: *GLOBECOM 2020-2020 IEEE Global Communications Conference*. IEEE; 2020, December:1–6.
125. Kapassa E, Kyriazis D, Themistocleous M. The road to the future of healthcare: transmitting interoperable healthcare data through a 5G based communication platform. In: *Information Systems: 15th European, Mediterranean, and Middle Eastern Conference, EMCIS 2018, Limassol, Cyprus, October 4-5, 2018, Proceedings*. 341. Springer; 2019, January:383.
126. Ning Z, Dong P, Wang X, et al. Mobile edge computing enabled 5G health monitoring for Internet of medical things: a decentralised game-theoretic approach. *IEEE J Sel Area Commun*. 2020;39(2):463–478.
127. Alhussein M, Muhammad G, Hossain MS, Amin SU. Cognitive IoT-cloud integration for smart healthcare: case study for epileptic seizure detection and monitoring. *Mobile Network Appl*. 2018;23(6):1624–1635.
128. Kumar A, Dhanagopal R, Albream MA, Le DN. A comprehensive study on the role of advanced technologies in 5G based smart hospital. *Alex Eng J*. 2021;60(6):5527–5536.
129. Lin TW, Hsu CL. FAIDM for medical privacy protection in 5G telemedicine systems. *Appl Sci*. 2021;11(3):1155.
130. Quasim MT, Khan MA, Abdullah M, Meraj M, Singh SP, Johri P. Internet of things for smart healthcare: a hardware perspective. In: 2019 First International Conference of Intelligent Computing And Engineering (ICOICE). IEEE; 2019, December:1–5.
131. Gupta P, Ghosh M. Revolutionising healthcare with 5G. *Telecom Bus Rev*. 2019;12(1):41.
132. Wong AMK, Hsu CL, Le TV, Hsieh MC, Lin TW. Three-factor fast authentication scheme with time-bound and user anonymity for multi-server e-health systems in 5g-based wireless sensor networks. *Sensors*. 2020;20(9):2511.

133. Gupta R, Kumari A, Tanwar S. Fusion of blockchain and artificial intelligence for secure drone networking underlying 5G communications. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. 2021;32(1):e4176.
134. Rehman IU, Nasralla MM, Ali A, Philip N. Small cell-based ambulance scenario for medical video streaming: a 5G-health use case. In: 2018 15th International Conference on Smart Cities: Improving Quality Of Life Using ICT &IoT (HONET-ICT). IEEE; 2018, October:29–32.
135. Pilz J, Mehlhose M, Wirth T, Wieruch D, Holfeld B, Haustein T. A Tactile Internet demonstration: 1ms ultra-low delay for wireless communications towards 5G. In: 2016 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPs). IEEE; 2016, April:862–863.
136. Ayub MF, Mahmood K, Kumari S, Sangaiah AK. Lightweight authentication protocol for e-health clouds in IoT-based applications through 5G technology. *Digital Communications and Networks*. 2021;7(2):235–244.
137. Haider D, Romain O, Le Kernec J, Shah SY, Farooq MMU, Qadus Z. Monitoring body motions related to Huntington disease by exploiting the 5G paradigm. In: 2019 UK/China Emerging Technologies (UCET). IEEE; 2019, August:1–4.
138. Ray PP, Nguyen K. A review on blockchain for medical delivery drones in 5G-IoT era: progress and challenges. In: 2020 IEEE/CIC International Conference on Communications In China (ICCC Workshops). IEEE; 2020, August:29–34.
139. Condoluci M, Lema MA, Mahmoodi T, Dohler M. 5g IoT industry verticals and network requirements. In: *Powering the Internet of Things with 5G Networks*. IGI Global; 2018:148–175.
140. Li G, Lian W, Qu H, Li Z, Zhou Q, Tian J. Improving patient care through the development of a 5G-powered smart hospital. *Nat Med*. 2021;27(6):936–937.
141. Franchi A, Franchi L, Franchi T. Digital health, big data and connectivity: 5G and beyond for patient-centred care. *Int J Dent Hyg*. 2021;1(1).
142. Ahad A, Tahir M, Aman Sheikh M, Ahmed KI, Mughees A, Numani A. Technologies trend towards 5G network for smart healthcare using IoT: a review. *Sensors*. 2020; 20(14):4047.
143. Tiwari S, Sharma N. Idea, architecture and applications of 5G enabled IoMT systems for smart health care system. *SPAST Abstracts*. 2021;1(1).
144. Humayun M, Jhanjhi N, Alruwaili M, Amalathas SS, Balasubramanian V, Selvaraj B. Privacy protection and energy optimisation for 5G-aided industrial Internet of Things. *IEEE Access*. 2020;8:183665–183677.
145. Ashleibta AM, Taha A, Khan MA, et al. 5g-enabled contactless multi-user presence and activity detection for independent assisted living. *Sci Rep*. 2021;11(1):1–15.
146. Budhiraja I, Tyagi S, Tanwar S, Kumar N, Rodrigues JJ. Tactile Internet for smart communities in 5G: an insight for NOMA-based solutions. *IEEE Trans Ind Inf*. 2019; 15(5):3104–3112.
147. Mamun MI, Rahman A, Khaleque MA, Hamid MA, Mridha MF. AutoLife: a healthcare monitoring system for autism center in 5G cellular network using machine learning approach. In: 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN). 1. IEEE; 2019, July:1501–1506.
105. Taboada I, Shee H. Understanding 5G technology for future supply chain management. *Int J Logist Res Appl*. 2021;24(4):392–406.
148. Nayak S, Patgiri R. A vision on intelligent medical service for emergency on 5g and 6g communication era. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*. 2020;6(22).
149. Dzogovic B, Santos B, Jacot N, Feng B, Van Do T. Secure Healthcare: 5G-enabled network slicing for elderly care. In: 2020 5th International Conference on Computer And Communication Systems (ICCCS). IEEE; 2020, May:864–868.
150. Outlook Business Team. 5G Technology: What Are its Advantages and Disadvantages; 2023. <https://www.outlookindia.com/business/5g-technology-what-are-its-advantages-and-disadvantages-news-214808>.
151. Mehta R. Pros and Cons of 5G Technology; 2021. <https://timesofindia.indiatime>

s.com/blogs/digital-mehta/pros-and-cons-of-5g-technology/.

152. Javaid M, Haleem A, Rab S, Singh RP, Suman R, Mohan S. Progressive schema of 5G for Industry 4.0: features, enablers, and services. *Ind Robot: Int J Robot Res Appl*. 2022;49(3):527–543.

153. Ali HM, Bomgni AB, Bukhari SAC, Hameed T, Liu J. Power-Aware fog supported IoT network for healthcare infrastructure using swarm intelligence-based algorithms. *Mobile Network Appl*. 2023:1–15.

**<https://intuji.com/what-is-5g-how-it-works-amp-6g-future>**

**<https://www.emfexplained.info>**

**<https://todiktio.eu>**

**<https://www.foreseemed.com/artificial-intelligence-in-healthcare>**