

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Τεχνητή Νοημοσύνη και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων στη σύγχρονη εποχή

Διπλωματική Εργασία

του

Καραδημούλα Γεώργιου

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2024

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΚΑΙ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗ
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΠΟΧΗ

Καραδημούλας Γεώργιος

Μηχανικός Παραγωγής και Διοίκησης, Τμήμα Αυτοματισμού, ΔΙΠΑΕ, 2012

Διπλωματική Εργασία

υποβαλλόμενη για τη μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Επιβλέπων Καθηγητής
Ψάννης Κωνσταντίνος

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 01/03/2024

Ψάννης Κων/νος

Μαντάς Μιχαήλ

Ξυνόγαλος Στυλιανός

.....

.....

.....

Καραδημούλας Γεώργιος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, αρχικά πραγματοποιήθηκε μια εισαγωγική παρουσίαση του Διαδικτύου των Πραγμάτων, δίνοντας έμφαση στα συστατικά του στοιχεία, το πεδίο εφαρμογής και τις προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή του. Στην συνέχεια, μελετήθηκαν οι ανάγκες και τα πλεονεκτήματα εφαρμογής της Τεχνητής Νοημοσύνης στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, καθώς και οι αντίστοιχες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν με στόχο την επιτυχή εφαρμογή της. Τέλος, παρουσιάστηκαν αναλυτικά τομείς εφαρμογής της Τεχνητής Νοημοσύνης των Πραγμάτων, όπως η φροντίδα υγείας, η βιομηχανία και οι μεταφορές.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ: Τεχνητή Νοημοσύνη, Διαδίκτυο των Πραγμάτων

ABSTRACT

In the context of this thesis, an introductory presentation of the Internet of Things was initially held, emphasizing its components, scope and challenges related to its implementation. Next, we studied the needs and advantages of the application of Artificial Intelligence in the Internet of things, as well as the corresponding challenges that need to be addressed in order to successfully implement it. Finally, areas of Artificial Intelligence application of things such as health care, industry and transportation were presented in detail.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Internet Of Things

Πρόλογος - Ευχαριστίες

Η επιλογή της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας και έρευνας έγινε βάσει των τεχνολογιών αυτών που μονοπωλούν το ενδιαφέρον του τεχνολογικού κόσμου. Ο συνδυασμός της Τεχνητής Νοημοσύνης με το Διαδίκτυο των πραγμάτων, μια νέα και ραγδαία αναπτυσσόμενη τεχνολογία σε συνδυασμό με μία σχετικά ώριμη τεχνολογία προσφέρουν ένα μοναδικό αποτέλεσμα.

Ένα μεγάλο προσωπικό ευχαριστώ πάει στον κ.Ψάννη, τον επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής εργασίας. Δίχως αυτόν και τη συνεισφορά του, η διπλωματική εργασία αυτή δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί. Έπαιξε καθοριστικό ρόλο στο έργο αυτό και εγγυήθηκε την ποιότητα του. Επίσης, στον κ.Μέμο και την βοήθεια του για την ολοκλήρωση της έρευνας με τα εξαιρετικά εργαλεία που παραχωρήθηκαν.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου. Όλα όσα είμαι, όλα όσα έχω και έχω καταφέρει είναι γιατί έχω τους ανθρώπους αυτούς να με υποστηρίζουν.

Πίνακας Περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή	11
1.1. Πρόβλημα – Σημαντικότητα του θέματος.....	11
1.2. Σκοπός - Στόχοι.....	11
1.3. Συνεισφορά - Μεθοδολογία.....	11
1.4. Διάρθρωση της μελέτης	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT).....	14
2.1. Βασικά Συστατικά IoT	14
2.2. Πεδίο Εφαρμογής IoT.....	16
2.3. Τύποι Συσκευών στο IoT.....	19
2.4. Μοντέλα επικοινωνίας.....	21
2.4.1. Device – to – Device	21
2.4.2. Device – to – Cloud	22
2.4.3. Device-to-Gateway.....	23
2.5. Προκλήσεις Διαδικτύου των Πραγμάτων	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑIoT.....	27
3.1. Εισαγωγή.....	27
3.2. Ανάγκη IoT για ΑΙ	28
3.3. Πλεονεκτήματα χρήσης ΑΙ στο IoT.....	30
3.4. Συμβολή της ΑΙ στην ασφάλεια του IoT.....	32
3.4.1. Δυνατότητα αναγνώρισης προτύπων και ανωμαλιών	34
3.4.2. Δυνατότητα αυτόνομης προστασίας	35
3.4.3. Δυνατότητα επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων.....	36
3.4.4. Διαδικασία εφαρμογής ΑΙ λύσεων για την ενίσχυση της ασφάλειας στην περίπτωση του IoT	37
3.5. Προκλήσεις χρήσης ΑΙ στο IoT	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εφαρμογές ΑIoT.....	44
4.1. Αυτόνομα οχήματα	44
4.2. Παρακολούθηση Βίντεο	45

4.3. Παρακολούθηση Κυκλοφορίας	46
4.4. Βιομηχανία.....	49
4.5. Έξυπνα Σπίτια.....	51
4.6. Γεωργία	53
4.7. Φροντίδα Υγείας.....	55
4.8. Έξυπνα Πλέγματα	57
4.9. Τεχνολογία.....	59
4.10. Λιανεμπόριο.....	60
Συμπεράσματα	62

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική ΙοΤ.....	16
Εικόνα 2: Τύποι αισθητήρων στο ΙοΤ.....	21
Εικόνα 3: Επικοινωνία Device - to - Device	22
Εικόνα 4: Επικοινωνία Device - to - Cloud	23
Εικόνα 5: Επικοινωνία Device - to - Gateway.....	24
Εικόνα 6: Αρχιτεκτονική ΑΙοΤ.....	28
Εικόνα 7: Μηχανική Μάθηση για ασφάλεια στο ΙοΤ.....	33
Εικόνα 8: Παράδειγμα χρήσης SVM	35
Εικόνα 9: Παράδειγμα χρήσης K-Means	36
Εικόνα 10: Βήματα εφαρμογής ΑΙ λύσεων στο ΙοΤ.....	38
Εικόνα 11: Αυτόνομα οχήματα	45
Εικόνα 12: Ανίχνευση παραβίασης χώρου	46
Εικόνα 13: Παρακολούθηση κυκλοφορίας	47
Εικόνα 14: Ανίχνευση εργαλείων στην βιομηχανία.....	49
Εικόνα 15: Εφαρμογές έξυπνου σπιτιού	52
Εικόνα 16: Έξυπνη Γεωργία.....	54
Εικόνα 17: ΑΙοΤ και φροντίδα υγείας	57
Εικόνα 18: ΑΙοΤ και έξυπνα πλέγματα.....	59
Εικόνα 19: ΑΙοΤ και λιαν εμπόριο	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

1.1. Πρόβλημα – Σημαντικότητα του θέματος

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αποτελούν δύο σύγχρονες εξελίξεις στην εφαρμοσμένη πληροφορική, οι οποίες έχουν επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την σημερινή πραγματικότητα, εστιάζοντας στην συλλογή, διαχείριση και ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων και έχοντας σαν απώτερο στόχο την αυτοματοποίηση διαδικασιών, την πραγματοποίηση προβλέψεων και την υποβοήθηση της λήψης αποφάσεων.

1.2. Σκοπός - Στόχοι

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, την αποκαλούμενης «Τεχνητή Νοημοσύνη των Πραγμάτων», η οποία θα αποτελέσει το πεδίο ενδιαφέροντος και επιστημονικών μελετών τα επόμενα χρόνια.

1.3. Συνεισφορά - Μεθοδολογία

Όσο αφορά την βιβλιογραφική ανασκόπηση η οποία ακολουθήθηκε, προτιμήθηκε μια από τις πλέον δημοφιλείς μεθόδους, η μέθοδος PRISMA, η οποία περιλαμβάνει συνοπτικά τα παρακάτω στάδια:

- Αναζήτηση επιστημονικών άρθρων σε βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων
- Συλλογή άρθρων
- Εξέταση περιεχομένου συλλεχθέντων άρθρων
- Απομάκρυνση άρθρων μη - συναφών με το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας
- Λήψη και απόδοση περιεχομένου άρθρων

1.4. Διάρθρωση της μελέτης

Όσο αφορά την διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας:

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται εισαγωγικά στοιχεία όσο αφορά το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, εστιάζοντας στα συστατικά του στοιχεία, το πεδίο εφαρμογής, τους τύπους των συσκευών, τα μοντέλα επικοινωνίας και τις προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή του.

Στο **τρίτο κεφάλαιο**, αφού πρώτα παρουσιαστεί ή έννοια της Τεχνητής Νοημοσύνης των Πραγμάτων, εξηγείται η ανάγκη του Διαδικτύου των Πραγμάτων για εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα εφαρμογής, καθώς και η συμβολή της Τεχνητής Νοημοσύνης σε ζητήματα ασφάλειας του ΙοΤ. Τέλος, παρουσιάζονται και οι μελλοντικές προκλήσεις της ΑΙοΤ.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο**, παρουσιάζονται τομείς εφαρμογής της Τεχνητής Νοημοσύνης των Πραγμάτων, όπως: αυτόνομα οχήματα, παρακολούθηση

βίντεο, παρακολούθηση κυκλοφορίας, γεωργία, έξυπνα σπίτια, έξυπνα πλέγματα, βιομηχανία και λιαν εμπόριο.

Τέλος, εξάγονται τα συμπεράσματα από την πραγματοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)

2.1. Βασικά Συστατικά IoT

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) [1] [2] περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και συσκευών. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης ενότητας παρουσιάζονται τα βασικά συστατικά ενός IoT συστήματος:

Συσκευές: Πρόκειται για φυσικά αντικείμενα ή αισθητήρες που είναι εξοπλισμένοι με υπολογιστικές δυνατότητες και δυνατότητα σύνδεσης σε δίκτυο. Οι IoT συσκευές βρίσκονται σε διάφορες μορφές, από απλούς αισθητήρες (π.χ. αισθητήρες θερμοκρασίας, ανιχνευτές κίνησης) έως πιο σύνθετες συσκευές (π. χ. έξυπνοι θερμοστάτες, συνδεδεμένα οχήματα).

Συνδεσιμότητα: Οι IoT συσκευές πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους ή με ένα κεντρικό σύστημα. Οι επιλογές συνδεσιμότητας περιλαμβάνουν Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth, Zigbee, κυψελοειδή δίκτυα (3G/4G/5G), LoRaWAN και δορυφορικές συνδέσεις, ανάλογα με τη εκάστοτε περίπτωση χρήσης και τις απαιτήσεις της συσκευής.

Επεξεργασία και αποθήκευση δεδομένων: Τα δεδομένα που παράγονται από IoT συσκευές πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία, ανάλυση και αποθήκευση. Αυτό μπορεί να συμβεί στην ίδια τη συσκευή (edge computing) ή σε ένα κεντρικό σύστημα βασισμένο σε cloud

Υποδομή δικτύου: Μια ισχυρή υποδομή δικτύου, συμπεριλαμβανομένων δρομολογητών, πυλών και πρωτοκόλλων δικτύωσης, είναι απαραίτητη

προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα μπορούν να ρέουν αξιόπιστα και με ασφάλεια μεταξύ συσκευών και συστημάτων υποστήριξης.

IoT Πλατφόρμα: Μία IoT πλατφόρμα χρησιμεύει ως το ενδιάμεσο λογισμικό που διευκολύνει την επικοινωνία, τη διαχείριση δεδομένων και την ανάπτυξη εφαρμογών. Συχνά περιλαμβάνει:

- Διαχείριση συσκευών
- Ανάλυση Δεδομένων
- Ασφάλεια
- Υποστήριξη API

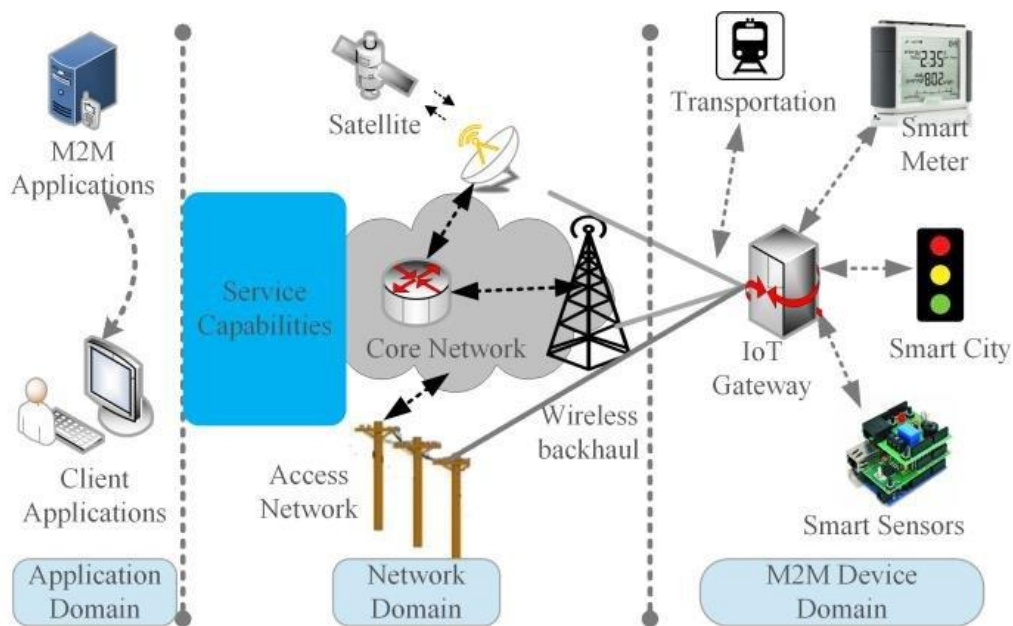
Ασφάλεια: Η ασφάλεια [3] αποτελεί μια κρίσιμη πτυχή των IoT συστημάτων για την προστασία δεδομένων, συσκευών και δικτύων από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, παραβίαση ή παραβίαση δεδομένων. Τα μέτρα ασφαλείας περιλαμβάνουν κρυπτογράφηση, έλεγχο ταυτότητας, έλεγχο πρόσβασης και τακτικές ενημερώσεις ασφαλείας.

Διεπαφή χρήστη (UI) και εφαρμογές: Οι τελικοί χρήστες ή οι διαχειριστές αλληλεπιδρούν με IoT συστήματα μέσω διεπαφών χρήστη, όπως είναι οι εφαρμογές κινητών συσκευών. Αυτές οι διεπαφές επιτρέπουν στους χρήστες να παρακολουθούν την κατάσταση της συσκευής, να ελέγχουν τις συσκευές και να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες.

Ανάλυση δεδομένων: Τα IoT συστήματα συχνά αξιοποιούν εργαλεία και αλγόριθμους ανάλυσης δεδομένων για να αποκτήσουν πολύτιμες πληροφορίες από τα δεδομένα που συλλέγονται.

Διαχείριση ενέργειας: Πολλές IoT συσκευές λειτουργούν με μπαταρία ή έχουν περιορισμένες πηγές ενέργειας. Οι αποτελεσματικές τεχνικές διαχείρισης ενέργειας είναι απαραίτητες για την παράταση της διάρκειας ζωής της συσκευής και τη μείωση της συντήρησης.

Edge Computing: Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα IoT συστήματα χρησιμοποιούν την τεχνική edge computing για την επεξεργασία δεδομένων τοπικά σε συσκευές πριν τα στείλουν στο cloud. Αυτή η τεχνική μπορεί να μειώσει τις απαιτήσεις καθυστέρησης και εύρους ζώνης.



Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική IoT [12]

2.2. Πεδίο Εφαρμογής IoT

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται ενδεικτικοί τομείς εφαρμογής των Διαδικτύου των Πραγμάτων [4] [5] [6]:

Έξυπνα σπίτια: Οι IoT συσκευές χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία έξυπνων σπιτιών, όπου οι συσκευές, ο φωτισμός, οι θερμοστάτες, τα συστήματα ασφαλείας και άλλα συνδέονται και μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως μέσω smartphone ή φωνητικών εντολών.

Έξυπνες πόλεις: Οι τεχνολογίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των αστικών υποδομών και υπηρεσιών. Παραδείγματα αποτελούν τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας, η διαχείριση αποβλήτων, ο φωτισμός δρόμων και η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την ενίσχυση της δημόσιας ασφάλειας.

Βιομηχανικό IoT: Το βιομηχανικό IoT χρησιμοποιείται ευρέως στις βιομηχανίες για απομακρυσμένη παρακολούθηση, προγνωστική συντήρηση και βελτιστοποίηση λειτουργιών. Πιο συγκεκριμένα, τα εργοστάσια παραγωγής, τα διυλιστήρια πετρελαίου και οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας χρησιμοποιούν το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων για να αυξήσουν την αποδοτικότητα και να μειώσουν το χρόνο διακοπής λειτουργίας.

Υγειονομική περίθαλψη: Οι IoT συσκευές, όπως οι φορητοί ιχνηλάτες γυμναστικής και οι ιατρικοί αισθητήρες, βοηθούν τα άτομα να παρακολουθούν την υγεία τους. Τα νοσοκομεία χρησιμοποιούν το IoT με σκοπό την παρακολούθηση των ασθενών, και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών υγειονομικής περίθαλψης.

Γεωργία: Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων χρησιμοποιείται στη γεωργία ακριβείας με σκοπό την παρακολούθηση των συνθηκών του εδάφους, της υγείας των καλλιεργειών και των καιρικών δεδομένων. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στους

αγρότες να λαμβάνουν αποφάσεις βάσει δεδομένων σχετικά με τη φύτευση, την άρδευση και τη συγκομιδή.

Μεταφορές: Χρησιμοποιείται στον τομέα των μεταφορών με σκοπό τη διαχείριση στόλου, την καταδίωξη οχημάτων, και τη βελτιστοποίηση των μεταφορών. Διαδραματίζει επίσης βασικό ρόλο στην ανάπτυξη αυτόνομων οχημάτων και ευφυών συστημάτων μεταφοράς.

Διαχείριση ενέργειας: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της κατανάλωσης ενέργειας σε κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Οι έξυπνοι μετρητές, οι αισθητήρες και τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας συμβάλλουν στη μείωση του ενεργειακού κόστους και στη βελτίωση της βιωσιμότητας των επιχειρήσεων.

Περιβαλλοντική παρακολούθηση: Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και του νερού, των καιρικών συνθηκών και των φυσικών καταστροφών. Αυτά τα δεδομένα είναι κρίσιμης σημασίας για την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαχείριση καταστροφών.

Έξυπνα κτίρια: Το IoT χρησιμοποιείται για τη δημιουργία έξυπνων, ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων. Τα έξυπνα συστήματα κτιρίων ελέγχουν τον φωτισμό, το HVAC (θέρμανση, εξαερισμός και κλιματισμός), την ασφάλεια και την πληρότητα με βάση δεδομένα πραγματικού χρόνου.

2.3. Τύποι Συσκευών στο ΙοΤ

Το ΙοΤ περιλαμβάνει μια τεράστια γκάμα συσκευών [1] [4] [6], η καθεμία σχεδιασμένη για να εξυπηρετεί συγκεκριμένους σκοπούς σε διάφορους κλάδους. Στον τομέα των έξυπνων σπιτιών, επικρατούν συσκευές όπως έξυπνοι θερμοστάτες, συστήματα φωτισμού, κλειδαριές και κάμερες ασφαλείας. Αυτές οι συσκευές επιτρέπουν στους ιδιοκτήτες των σπιτιών να ελέγχουν και να παρακολουθούν τα σπίτια τους από απόσταση, να βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση και να ενισχύουν την ασφάλεια.

Οι φορητές συσκευές έχουν αποκτήσει σημαντική δημοτικότητα τα τελευταία χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, παρακολουθούν τις μετρήσεις υγείας των χρηστών, παρακολουθούν την άσκηση και παρέχουν ειδοποιήσεις, ενσωματώνοντας την ΙοΤ τεχνολογία στην καθημερινή ζωή. Επιπλέον, οι συσκευές παρακολούθησης της υγείας, όπως οι οθόνες γλυκόζης και οι οθόνες ηλεκτροκαρδιογραφημάτων, καθίστανται όλο και πιο σημαντικές για την απομακρυσμένη φροντίδα των ασθενών και τη διαχείριση της υγειονομικής περίθαλψης.

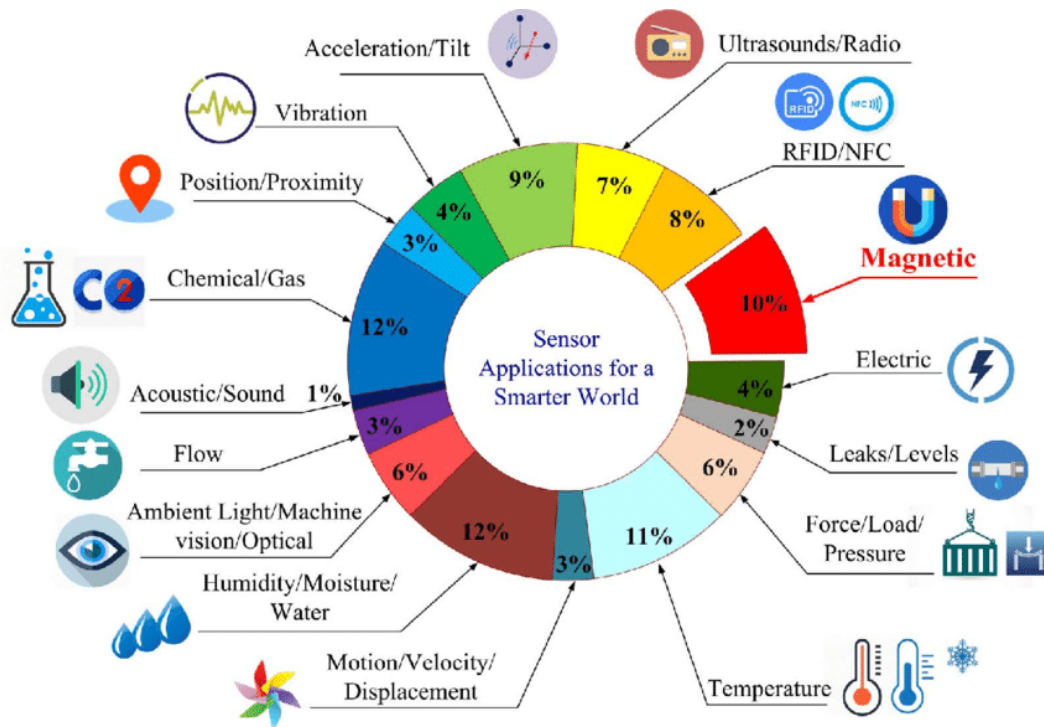
Στον βιομηχανικό τομέα, οι βιομηχανικές συσκευές διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο. Περιλαμβάνουν αισθητήρες για την παρακολούθηση του εξοπλισμού και των μηχανημάτων, αισθητήρες πρόβλεψης συντήρησης, βιομηχανικά ρομπότ και drones. Αυτές οι συσκευές βελτιώνουν τη λειτουργική αποδοτικότητα, μειώνουν το χρόνο διακοπής, και ενισχύουν την ασφάλεια. Επιπλέον, οι συσκευές παρακολούθησης του περιβάλλοντος, ικανές να μετρήσουν παράγοντες όπως η ποιότητα του αέρα και οι περιβαλλοντικές συνθήκες, συμβάλλουν σε βιώσιμες πρακτικές και κανονιστική συμμόρφωση.

Επιπλέον, τα συνδεδεμένα οχήματα αποτελούν μια άλλη εξέχουσα περίπτωση, με πιο χαρακτηριστικά τα συστήματα τηλεματικής, τις συσκευές διαχείρισης στόλου και τις συσκευές επικοινωνίας οχήματος με όχημα (V2V). Αυτές οι τεχνολογίες όχι μόνο ενισχύουν την ασφάλεια των οχημάτων αλλά και παρέχουν πολύτιμα δεδομένα για τις αυτοκινητοβιομηχανίες και τις εταιρείες μεταφορών. Επιτρέπουν την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, τη βελτιστοποίηση διαδρομής και την πρόβλεψη συντήρησης.

Στο πεδίο των έξυπνων πόλεων, οι IoT συσκευές περιλαμβάνουν συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας, έξυπνα φώτα δρόμου, αισθητήρες διαχείρισης αποβλήτων και περιβαλλοντικές οθόνες. Οι τεχνολογίες αυτές ενισχύουν την αστική αποδοτικότητα, μειώνουν τη συμφόρηση και προωθούν τη βιωσιμότητα. Εν τω μεταξύ, στη γεωργία, IoT συσκευές όπως αισθητήρες υγρασίας εδάφους, συστήματα παρακολούθησης καλλιεργειών και συσκευές παρακολούθησης ζώων βελτιστοποιούν τις γεωργικές πρακτικές, εξασφαλίζοντας καλύτερες αποδόσεις των καλλιεργειών και αξιοποίηση των πόρων.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων διαδραματίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην υγειονομική περίθαλψη μέσω συσκευών απομακρυσμένης παρακολούθησης ασθενών, και ιατρικού εξοπλισμού με δυνατότητες IoT. Αυτές οι συσκευές διευκολύνουν την τηλεϊατρική, επιτρέπουν την έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων υγείας και ενισχύουν τη φροντίδα των ασθενών.

Στην παρακάτω εικόνα, συνοψίζονται οι πιο συνηθισμένοι τύποι αισθητήρων, που χρησιμοποιούνται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων:

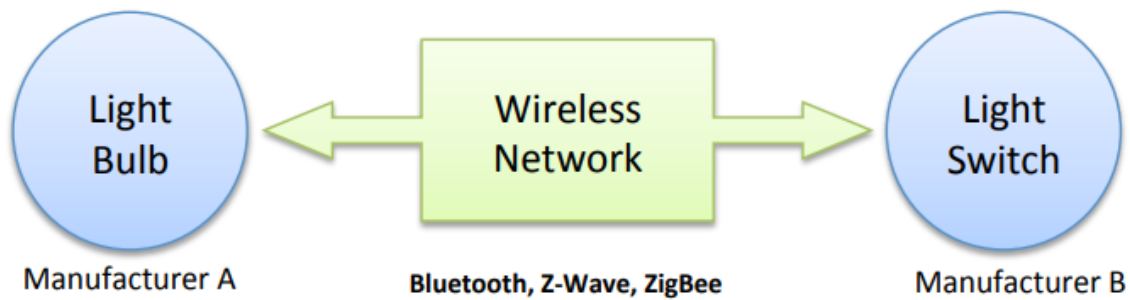


Εικόνα 2: Τύποι αισθητήρων στο IoT [13]

2.4. Μοντέλα επικοινωνίας

2.4.1. Device – to – Device

Το μοντέλο επικοινωνίας συσκευής με συσκευή [14] αντιπροσωπεύει δύο ή περισσότερες συσκευές που συνδέονται και επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους, αντί μέσω ενός ενδιάμεσου διακομιστή εφαρμογών. Αυτές οι συσκευές επικοινωνούν μέσω πολλών τύπων δικτύων, συμπεριλαμβανομένων των δικτύων IP ή του Διαδικτύου. Συχνά, ωστόσο, αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούν πρωτόκολλα όπως Bluetooth, Z-Wave ή ZigBee για να δημιουργήσουν άμεσες επικοινωνίες συσκευής-συσκευής, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα:



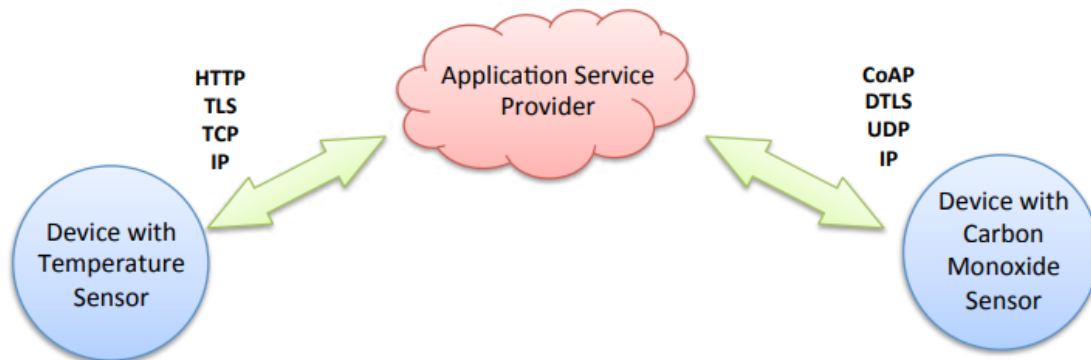
Εικόνα 3: Επικοινωνία Device - to - Device [14]

Αυτού του τύπου τα δίκτυα επιτρέπουν σε συσκευές που τηρούν ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν μηνύματα για να επιτύχουν τη λειτουργία τους. Αυτό το μοντέλο επικοινωνίας χρησιμοποιείται συνήθως σε εφαρμογές όπως συστήματα οικιακού αυτοματισμού, τα οποία συνήθως χρησιμοποιούν μικρά πακέτα δεδομένων πληροφοριών ώστε να επικοινωνούν μέσω συσκευών με σχετικά χαμηλές απαιτήσεις ρυθμού δεδομένων. Όπως είναι αναμενόμενο, οικιακές συσκευές όπως λαμπτήρες, διακόπτες φωτός, θερμοστάτες και κλειδαριές θυρών στέλνουν συνήθως μικρές ποσότητες πληροφοριών μεταξύ τους.

2.4.2. Device – to – Cloud

Σε ένα μοντέλο επικοινωνίας συσκευής-cloud [14], η συσκευή συνδέεται απευθείας με μια υπηρεσία cloud, όπως ένας πάροχος υπηρεσιών εφαρμογών για την ανταλλαγή δεδομένων και τον έλεγχο της κυκλοφορίας μηνυμάτων. Αυτή η προσέγγιση συχνά εκμεταλλεύεται τους υπάρχοντες μηχανισμούς

επικοινωνίας όπως οι παραδοσιακές ενσύρματες συνδέσεις Ethernet ή Wi-Fi για να δημιουργήσει μια σύνδεση μεταξύ της συσκευής και του δικτύου IP, το οποίο τελικά συνδέεται με την υπηρεσία υπολογιστικού νέφους.



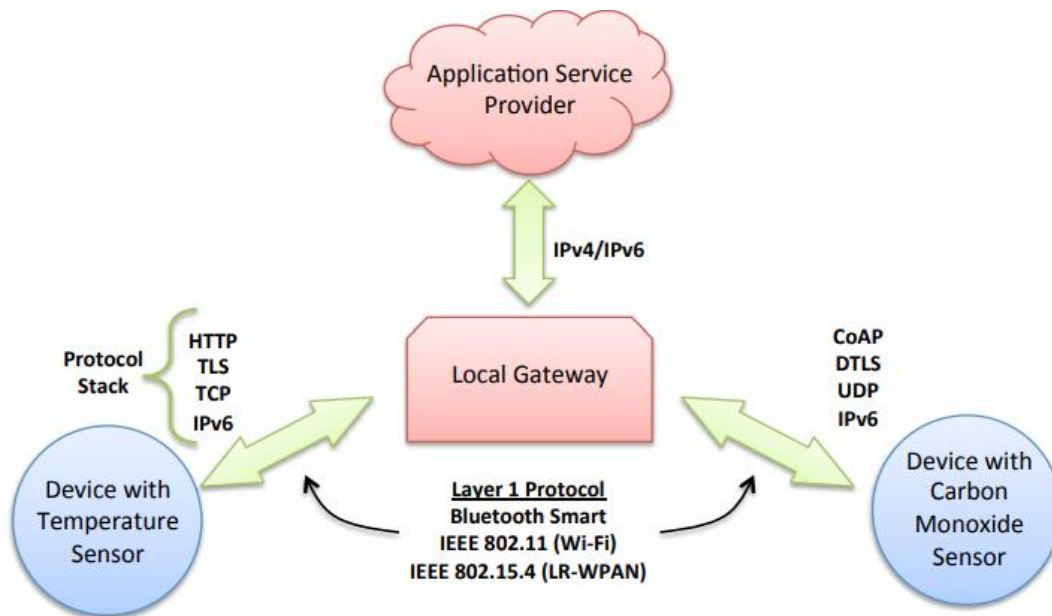
Εικόνα 4: Επικοινωνία Device - to - Cloud [14]

Ωστόσο, μπορεί να προκύψουν προκλήσεις διαλειτουργικότητας κατά την προσπάθεια ενσωμάτωσης συσκευών που κατασκευάζονται από διαφορετικούς κατασκευαστές. Συχνά, η συσκευή και η υπηρεσία cloud προέρχονται από τον ίδιο προμηθευτή. Εάν χρησιμοποιούνται ιδιόκτητα πρωτόκολλα δεδομένων μεταξύ της συσκευής και της υπηρεσίας cloud, ο κάτοχος ή ο χρήστης της συσκευής μπορεί να συνδέεται με μια συγκεκριμένη υπηρεσία cloud, περιορίζοντας ή εμποδίζοντας τη χρήση εναλλακτικών παρόχων υπηρεσιών.

2.4.3. Device-to-Gateway

Σε αυτό το μοντέλο επικοινωνίας [14], η συσκευή IoT συνδέεται μέσω μιας υπηρεσίας ALG ως αγωγός για να φτάσει σε μια υπηρεσία cloud. Με

απλούστερους όρους, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει λογισμικό εφαρμογών που λειτουργεί σε μια τοπική συσκευή πύλης, η οποία λειτουργεί ως ενδιάμεσος μεταξύ της συσκευής και της υπηρεσίας cloud και παρέχει ασφάλεια και άλλες λειτουργίες όπως μετάφραση δεδομένων ή πρωτοκόλλου.



Εικόνα 5: Επικοινωνία Device - to - Gateway [14]

2.5. Προκλήσεις Διαδικτύου των Πραγμάτων

Όσο αφορά τις προκλήσεις εφαρμογής του [7] [8] [9] [10] [11]:

Ζητήματα σχετικά με την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικής ζωής: Οι IoT συσκευές συχνά συλλέγουν και μεταδίδουν ευαίσθητα δεδομένα, καθιστώντας τα ευάλωτα σε κυβερνοεπιθέσεις. Η διασφάλιση της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας των δεδομένων αποτελεί σημαντική πρόκληση. Οι

αδυναμίες στην ασφάλεια των συσκευών μπορούν να οδηγήσουν σε παραβιάσεις δεδομένων, μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και ακόμη και σωματική βλάβη εάν οι συσκευές IoT ελέγχουν κρίσιμα συστήματα.

Διαλειτουργικότητα: Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα συσκευών και πλατφορμών από διαφορετικούς κατασκευαστές, με τον κάθε ένα να χρησιμοποιεί διάφορα πρωτόκολλα και πρότυπα επικοινωνίας. Η διασφάλιση ότι αυτές οι συσκευές μπορούν να επικοινωνούν και να συνεργάζονται απρόσκοπτα αποτελεί σημαντική πρόκληση.

Επεκτασιμότητα: Καθώς ο αριθμός των συσκευών συνεχίζει να αυξάνεται, η διαχείριση και η κλιμάκωση των IoT δικτύων γίνεται όλο και πιο περίπλοκη. Η διασφάλιση ότι η υποδομή μπορεί να υποστηρίξει αποτελεσματικά δισεκατομμύρια συσκευές αποτελεί πρόκληση.

Αξιοπιστία και διαθεσιμότητα: Πολλές εφαρμογές, όπως αυτές στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης και των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, απαιτούν υψηλά επίπεδα αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας. Τα προβλήματα διακοπής λειτουργίας ή συνδεσιμότητας μπορεί να επιφέρουν σοβαρές συνέπειες, καθιστώντας απαραίτητη τη διατήρηση της συνεπούς συνδεσιμότητας και του χρόνου λειτουργίας της υπηρεσίας.

Διαχείριση δεδομένων: Το IoT παράγει τεράστιες ποσότητες δεδομένων και η διαχείριση, επεξεργασία και ανάλυση αυτών των δεδομένων μπορεί να είναι δύσκολη. Η αποτελεσματική αποθήκευση δεδομένων, η επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο και η ανάλυση είναι απαραίτητες για την εξαγωγή ουσιαστικών πληροφοριών από τα δεδομένα.

Ενεργειακή απόδοση: Πολλές συσκευές τροφοδοτούνται με μπαταρία ή έχουν περιορισμένες πηγές ενέργειας. Η βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας και η παράταση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας είναι κρίσιμης σημασίας όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως για τις IoT συσκευές με σκοπό να λειτουργούν αποτελεσματικά σε απομακρυσμένα ή περιορισμένα περιβάλλοντα.

Κόστος: Η ανάπτυξη IoT λύσεων μπορεί να είναι δαπανηρή. Το κόστος του υλικού, της ανάπτυξης λογισμικού, της υποδομής και της συνεχούς συντήρησης μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για ορισμένους οργανισμούς που βασίζουν την λειτουργία τους στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Ηθικές και κοινωνικές ανησυχίες: Η ανάπτυξη του Διαδικτύου των Πραγμάτων σε διάφορους τομείς εγείρει ηθικά και κοινωνικά ζητήματα που σχετίζονται με την επιτήρηση, την εισβολή στην ιδιωτική ζωή, τον εκτοπισμό θέσεων εργασίας και την πιθανότητα κατάχρησης της τεχνολογίας.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις: Καθώς αυξάνεται ο αριθμός των συσκευών IoT, προκύπτουν επίσης ανησυχίες σχετικά με τα ηλεκτρονικά και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υλικού και της χρησιμοποιούμενης υποδομής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΙoT

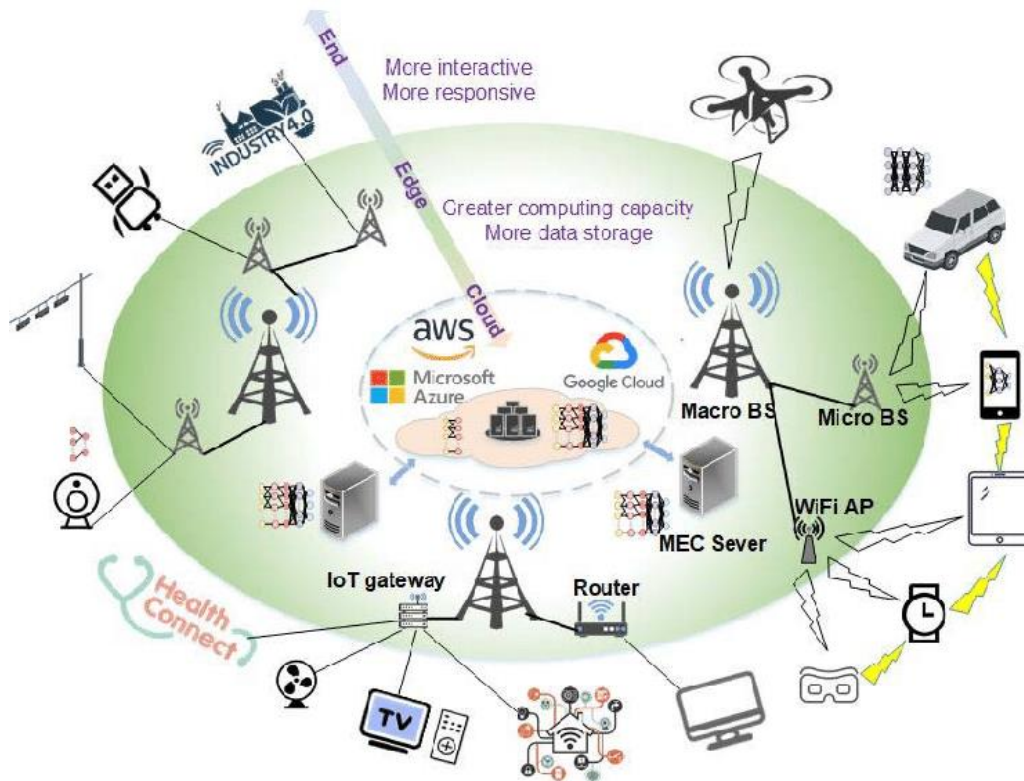
3.1. Εισαγωγή

Ο κόσμος της τεχνολογίας εξελίσσεται συνεχώς και μία από τις πιο μετασχηματιστικές εξελίξεις τα τελευταία χρόνια είναι η συγχώνευση δύο ισχυρών τομέων: της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΑΙ) και του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT). Αυτή η σύγκλιση έχει γεννήσει αυτό που είναι γνωστό ως ΑΙoT, ή τεχνητή νοημοσύνη των πραγμάτων [15]. Η ΑΙoT αντιπροσωπεύει μια πρωτοποριακή συνέργεια μεταξύ της νοημοσύνης του ΑΙ και της συνδεσιμότητας του IoT, εγκαινιάζοντας μια νέα εποχή καινοτομίας και δυνατοτήτων.

Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί την προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης στις μηχανές. Περιλαμβάνει διάφορα υποπεδία, συμπεριλαμβανομένης της μηχανικής μάθησης και της βαθιάς μάθησης, και επιτρέπει στις μηχανές να μαθαίνουν από δεδομένα, να κάνουν προβλέψεις και να προσαρμόζονται σε νέες πληροφορίες. Η IoT, από την άλλη πλευρά, σημαίνει το Διαδίκτυο των πραγμάτων, ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων φυσικών συσκευών που μπορούν να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Αυτό το δίκτυο περιλαμβάνει τα πάντα, από έξυπνους θερμοστάτες και φορητούς ιχνηλάτες γυμναστικής έως βιομηχανικούς αισθητήρες και αυτόνομα οχήματα.

Η βασική ιδέα της ΑΙoT είναι να ενσωματώσει τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης σε συσκευές και IoT συστήματα, μετατρέποντάς τις από απλούς συλλέκτες δεδομένων σε έξυπνες οντότητες λήψης αποφάσεων. Με το ΑΙ ενσωματωμένο σε IoT συσκευές, μπορούν να αναλύσουν τα δεδομένα που

συλλέγουν, να αναγνωρίσουν μοτίβα και να λάβουν αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτή η σύγκλιση ανοίγει έναν κόσμο ευκαιριών σε διάφορους τομείς, από την υγειονομική περίθαλψη έως τις έξυπνες πόλεις, από τη γεωργία έως τη μεταποίηση.



Εικόνα 6: Αρχιτεκτονική AIoT

3.2. Ανάγκη IoT για AI

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων επιτρέπει στις συσκευές να επικοινωνούν μεταξύ τους και να ενεργούν με βάση τις γνώσεις που αποκομίζουν από την μεταξύ τους επικοινωνία. Επομένως, για να είναι χρήσιμα για τη λήψη αποφάσεων, τα δεδομένα πρέπει να συλλέγονται, να αποθηκεύονται, να υποβάλλονται σε

επεξεργασία και να αναλύονται. Καθώς αυξάνεται η χρήση του IoT, οι επιχειρήσεις οφείλουν να επεξεργαστούν τα δεδομένα αποτελεσματικά και να τα χρησιμοποιήσουν για τη λήψη αποφάσεων και την αποκόμιση γνώσεων που σχετίζονται με τον πραγματικό κόσμο.

Αυτό οφείλεται σε δύο προβλήματα: το υπολογιστικό νέφος (cloud) και τη μεταφορά δεδομένων. Το υπολογιστικό νέφος δεν μπορεί να κλιμακωθεί ώστε να χειριστεί όλα τα δεδομένα που προέρχονται από τις IoT συσκευές και η μεταφορά δεδομένων από τις συσκευές IoT στο υπολογιστικό νέφος είναι περιορισμένη σε εύρος ζώνης. Ανεξάρτητα από το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του δικτύου επικοινωνιών, ο τεράστιος όγκος δεδομένων που συλλέγονται από τις IoT συσκευές οδηγεί σε λανθάνουσα κατάσταση και συμφόρηση.

Αρκετές εφαρμογές IoT βασίζονται στην ταχεία λήψη αποφάσεων στον πραγματικό χρόνο. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση των αυτόνομων οχημάτων. Για να είναι αποτελεσματικά και ασφαλή, τα αυτόνομα αυτοκίνητα πρέπει να επεξεργάζονται δεδομένα και να λαμβάνουν στιγμιαίες αποφάσεις, όπως θα πραγματοποιούσε και ο ανθρώπινος παράγοντας. Δεν μπορούν να περιοριστούν από οποιαδήποτε λανθάνουσα κατάσταση, αναξιόπιστη συνδεσιμότητα και το χαμηλό εύρος ζώνης.

Όσο αφορά την ασφάλεια, τα βιομετρικά στοιχεία χρησιμοποιούνται συχνά για να περιορίσουν ή να επιτρέψουν την πρόσβαση σε συγκεκριμένες περιοχές. Χωρίς ταχεία επεξεργασία δεδομένων, θα μπορούσαν να υπάρξουν καθυστερήσεις που επηρεάζουν την ταχύτητα και την απόδοση. Αυτές οι εφαρμογές απαιτούν εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση και υψηλή ασφάλεια,

γεγονός που σημαίνει ότι είναι απαραίτητη η ύπαρξη τεχνικών που θα οδηγήσουν σε βελτιστοποίηση όσο αφορά την πραγματοποίηση των εκάστοτε λειτουργιών. [18] [19]

3.3. Πλεονεκτήματα χρήσης ΑΙ στο ΙοΤ

Καθώς οι απαιτήσεις και οι προσδοκίες αλλάζουν, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων δεν αρκεί προκειμένου να ανταποκριθεί, αλλά θα πρέπει να συνδυαστεί και με άλλα πεδία της επιστήμης της πληροφορικής. Τα δεδομένα αυξάνονται, δημιουργώντας περισσότερες προκλήσεις παρά ευκαιρίες. Τα εμπόδια περιορίζουν τις γνώσεις και τις δυνατότητες όλων αυτών των δεδομένων, αλλά οι έξυπνες συσκευές μπορούν να το αλλάξουν και να επιτρέψουν στους οργανισμούς να ξεκλειδώσουν τις πραγματικές δυνατότητες των οργανωτικών τους δεδομένων.

Με την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, τα δίκτυα και οι ΙοΤ συσκευές μπορούν να εκπαιδευτούν με βάση προηγούμενες αποφάσεις, να προβλέψουν τη μελλοντική δραστηριότητα και να βελτιώσουν συνεχώς τις επιδόσεις και τις δυνατότητες λήψης αποφάσεων. Η τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει στις συσκευές να "σκέφτονται αυτόνομα", να ερμηνεύουν δεδομένα και να λαμβάνουν αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο χωρίς τις καθυστερήσεις και τη συμφόρηση που προκύπτουν από τις μεταφορές δεδομένων.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται πλεονεκτήματα εφαρμογής τεχνητής νοημοσύνης στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων [16] [17]:

Αποφυγή διακοπής λειτουργίας

Ορισμένες βιομηχανίες παρεμποδίζονται από το χρόνο διακοπής λειτουργίας, όπως είναι η βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η απροσδόκητη κατανομή του εξοπλισμού μπορεί να οδηγήσει σε διακοπή λειτουργίας για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Για να αποφευχθεί αυτό, οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης της τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να προβλέψουν βλάβες του εξοπλισμού εκ των προτέρων. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να προγραμματιστεί συντήρηση του εξοπλισμού, πριν εμφανιστούν βλάβες οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε οδυνηρά αποτελέσματα για τις βιομηχανικές μονάδες.

Αύξηση της λειτουργικής αποδοτικότητας

Η τεχνητή νοημοσύνη επεξεργάζεται τους τεράστιους όγκους δεδομένων που εισέρχονται σε IoT συσκευές και ανιχνεύει τα υποκείμενα πρότυπα πολύ πιο αποτελεσματικά από ό, τι οι άνθρωποι. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι η τεχνητή νοημοσύνη με μηχανική μάθηση μπορεί να ενισχύσει αυτή την ικανότητα προβλέποντας τις λειτουργικές συνθήκες και τις τροποποιήσεις που απαιτούνται με σκοπό την επίτευξη βελτιωμένων αποτελεσμάτων.

Ενεργοποίηση νέων και βελτιωμένων προϊόντων και υπηρεσιών

Η επεξεργασία της φυσικής γλώσσας βελτιώνεται συνεχώς, επιτρέποντας στις συσκευές και τους ανθρώπους να επικοινωνούν πιο αποτελεσματικά. Επομένως, μπορεί να βελτιώσει νέα ή υπάρχοντα προϊόντα και υπηρεσίες επιτρέποντας καλύτερη επεξεργασία δεδομένων και ανάλυση.

Βελτιωμένη διαχείριση κινδύνου

Η διαχείριση του κινδύνου είναι απαραίτητη για να προσαρμοστεί στο ταχέως μεταβαλλόμενο τοπίο της αγοράς. Η τεχνητή νοημοσύνη στην περίπτωση του Διαδικτύου των Πραγμάτων μπορεί να χρησιμοποιήσει δεδομένα με σκοπό να προβλέψει τους κινδύνους και να δώσει προτεραιότητα στην ιδανική απάντηση, βελτιώνοντας την ασφάλεια των εργαζομένων, μετριάζοντας τις απειλές στον κυβερνοχώρο και ελαχιστοποιώντας τις οικονομικές απώλειες.

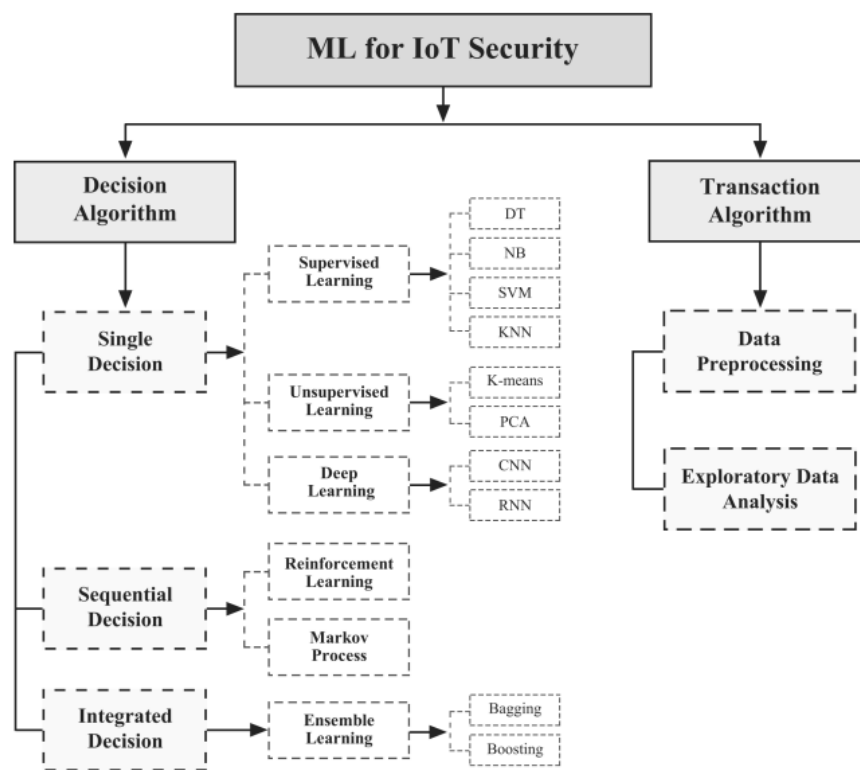
Βελτιστοποίηση εξυπηρέτησης πελατών

Τέλος, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συμβάλλει στην εξατομικευμένη εξυπηρέτηση πελατών. Για παράδειγμα, σε πολλές εφαρμογές, οι έξυπνες συσκευές μπορούν να μάθουν τις προτιμήσεις των χρηστών και να προσαρμόσουν ανάλογα τη συμπεριφορά τους, παρέχοντας μια προσαρμοσμένη και διαισθητική εμπειρία χρήστη. Αυτή η εξατομίκευση όχι μόνο ενισχύει την ικανοποίηση των χρηστών, αλλά προσφέρει επίσης ευκαιρίες στις επιχειρήσεις ώστε να εξυπηρετούν καλύτερα τους πελάτες τους.

3.4. Συμβολή της ΑΙ στην ασφάλεια του ΙοΤ

Η ιδιαιτερότητα της ασφάλειας [20] του Διαδικτύου των Πραγμάτων και οι περιορισμοί των παραδοσιακών μεθόδων υπογραμμίζουν την επείγουσα ανάγκη για νέες τεχνολογίες ασφάλειας. Σαν νέα τεχνολογική κατεύθυνση, η τεχνητή νοημοσύνη διαθέτει ένα ευρύ φάσμα όσο αφορά τις δυνατότητες

εφαρμογής. Η μηχανική μάθηση (ML) αποτελεί μια ερευνητική εστίαση στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης. Η θεωρία και οι μέθοδοι της έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων σε πολλές εφαρμογές. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που εφαρμόζονται στην ασφάλεια του IoT μπορούν να χωριστούν σε αλγόριθμους συναλλαγών και αλγόριθμους αποφάσεων.



Εικόνα 7: Μηχανική Μάθηση για ασφάλεια στο IoT [20]

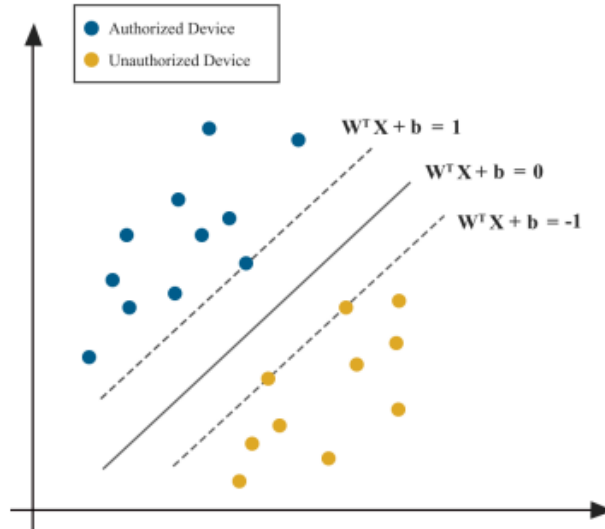
Οι αλγόριθμοι συναλλαγών είναι κυρίως υπεύθυνοι για την εξερεύνηση δεδομένων και την προεπεξεργασία δεδομένων. Οι αλγόριθμοι συναλλαγών χρησιμοποιούν λίγα δείγματα και απλά μοντέλα για να αποκτήσουν τα γενικά χαρακτηριστικά του συνόλου δεδομένων και να παρέχουν τη βάση για τους

αλγόριθμους αποφάσεων. Οι αλγόριθμοι αποφάσεων είναι κυρίως κατάλληλοι για πραγματοποίηση επιχειρηματικών αποφάσεων και υιοθετούν διαφορετικές στρατηγικές λήψης αποφάσεων με σκοπό τη μείωση του λόγου εσφαλμένης εκτίμησης, έτσι ώστε το συνολικό κέρδος να είναι το υψηλότερο. Οι αλγόριθμοι αποφάσεων μπορούν να χωριστούν σε τρεις τύπους σύμφωνα με στρατηγικές και σενάρια: ενιαία λήψη αποφάσεων, διαδοχική λήψη αποφάσεων και ολοκληρωμένη λήψη αποφάσεων.

3.4.1. Δυνατότητα αναγνώρισης προτύπων και ανωμαλιών

Οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης, όπως η εποπτευόμενη μάθηση και η μη εποπτευόμενη μάθηση μπορούν να παρέχουν ισχυρή ικανότητα σύλληψης μη φυσιολογικών δραστηριοτήτων και διάκρισης μη φυσιολογικών προτύπων, έτσι ώστε να ταξινομούνται οι φυσιολογικές και οι μη φυσιολογικές συμπεριφορές. Έτσι, η εποπτευόμενη μάθηση και η μη εποπτευόμενη μάθηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευρέως για την ενίσχυση της ασφάλειας του Διαδικτύου των Πραγμάτων.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η χρήση του μοντέλου SVM (Support Vector Machine), μιας εποπτευόμενης μεθόδου μάθησης, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 8: Παράδειγμα χρήσης SVM [20]

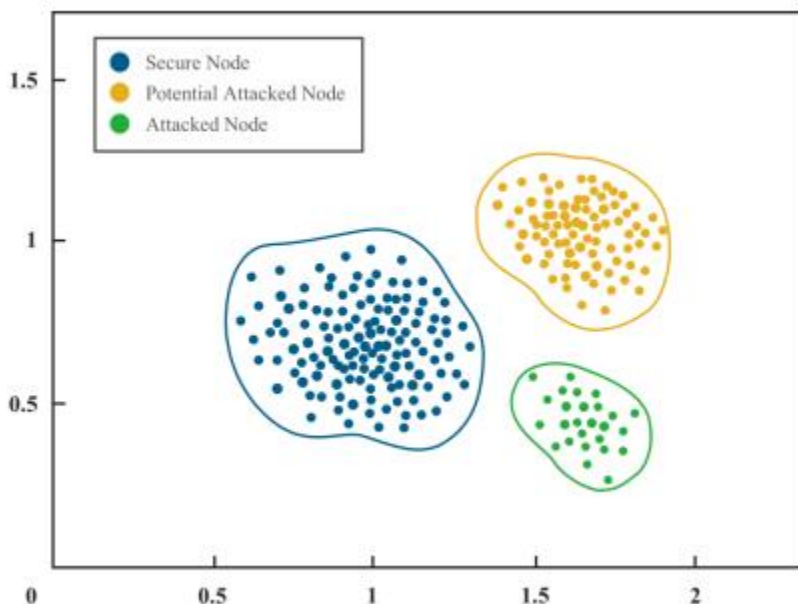
3.4.2. Δυνατότητα αυτόνομης προστασίας

Η έλλειψη μάθησης είναι ένας από τους πλέον σημαντικούς λόγους για την περιορισμένη εφαρμογή των παραδοσιακών σχημάτων ασφάλειας σε πρακτικές εφαρμογές. Τα παραδοσιακά συστήματα ασφαλείας δεν είναι αρκετά προετοιμασμένα για νέους ιούς ή επιθέσεις και δεν μπορούν να παρέχουν έγκαιρα και αποτελεσματικά μέσα προστασίας.

Αντίθετα, η τεχνητή νοημοσύνη παρέχει δυνατότητες αυτοματισμού και νοημοσύνης όσο αφορά την ασφάλεια του IoT. Αρχικά, η μη εποπτευόμενη μάθηση μπορεί να αποκτήσει αυτόματα γνώση από τα δεδομένα χωρίς γνωστές ετικέτες. Για παράδειγμα, οι μη εποπτευόμενες μέθοδοι ομαδοποίησης, με πιο χαρακτηριστικό τον αλγόριθμο K-Means, μπορούν να χωρίσουν τα δεδομένα

εισόδου σε διαφορετικές ομάδες χωρίς ετικέτες ανιχνεύοντας την ομοιότητα μεταξύ των δεδομένων εισόδου.

Όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα, όταν $K = 3$, ο αλγόριθμος K-Means διαιρεί όλα τα σημεία του δείγματος σε τρεις συστάδες και στη συνέχεια καθορίζει τον κίνδυνο κόμβου κάθε συστάδας σύμφωνα με τις κοινές ιδιότητες των δειγμάτων σε κάθε συστάδα. Έπειτα, το επίπεδο ασφάλειας των κόμβων μπορεί να διαβαθμιστεί έτσι ώστε να ληφθούν διαφορετικά αντίμετρα.



Εικόνα 9: Παράδειγμα χρήσης K-Means [20]

3.4.3. Δυνατότητα επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων

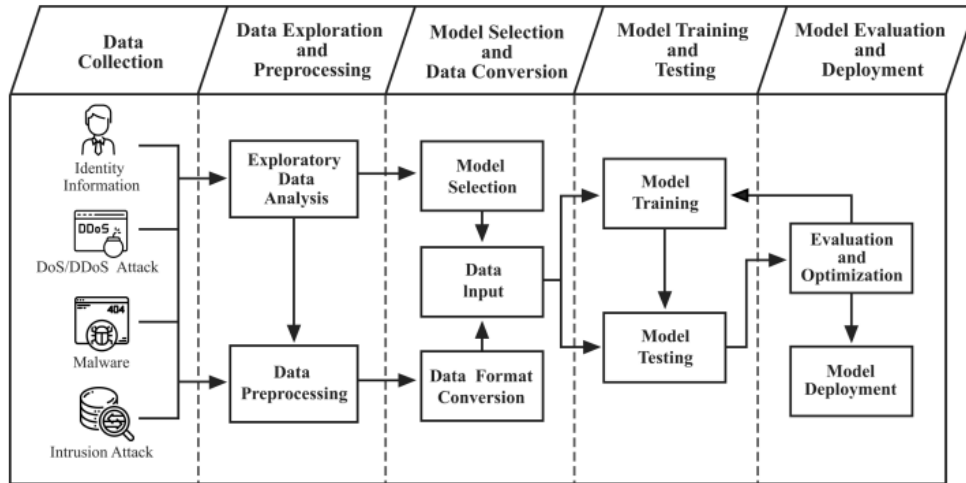
Τα παραδοσιακά συστήματα ασφαλείας του Διαδικτύου των Πραγμάτων λειτουργούν συνήθως υπό τον περιορισμένο όγκο δεδομένων. Με την αυξανόμενη παραγωγή δεδομένων, επισημαίνονται οι ελλείψεις αυτών των συστημάτων όσο αφορά την ικανότητα επεξεργασίας μεγάλου όγκου

δεδομένων και την υπολογιστική απόδοση. Για παράδειγμα, η ανίχνευση κακόβουλου λογισμικού αποτελεί το κύριο καθήκον της ασφάλειας λογισμικού στο επίπεδο υπηρεσιών εφαρμογών. Οι παραδοσιακές μέθοδοι ανίχνευσης κακόβουλου λογισμικού εξάγουν κακόβουλους κώδικες συμπεριφοράς από κακόβουλο λογισμικό ως υπογραφές και κρίνουν εάν ένα νέο λογισμικό είναι κακόβουλο υπολογίζοντας την ομοιότητα μεταξύ του λογισμικού που θα ανιχνευθεί και της βάσης δεδομένων υπογραφών.

Σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα, το πλεονέκτημα των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης είναι ότι δεν περιορίζονται σε σύνολα δεδομένων μικρής κλίμακας, αλλά μπορούν να λειτουργήσουν πάνω σε σύνολα δεδομένων μεγαλύτερης κλίμακας. Για παράδειγμα, το "ImageNet " είναι ένα από τα πιο διάσημα σύνολα δεδομένων στον τομέα της επεξεργασίας εικόνας. Ο όγκος των δεδομένων του έχει φτάσει τα 10 εκατομμύρια, και πολλά από τα υποσύνολα δεδομένων του διαθέτουν επίσης ένα εκατομμύριο δεδομένα. Παρόλα αυτά, πολλά μοντέλα βαθιάς μάθησης έχουν επιτύχει πολύ καλά αποτελέσματα σε ορισμένα υποσύνολα δεδομένων του ImageNet.

3.4.4. Διαδικασία εφαρμογής AI λύσεων για την ενίσχυση της ασφάλειας στην περίπτωση του IoT

Στην παρακάτω εικόνα, παρουσιάζονται τα βήματα εφαρμογής AI λύσεων για την ενίσχυση της ασφάλειας στην περίπτωση του IoT:



Εικόνα 10: Βήματα εφαρμογής AI λύσεων στο IoT [20]

Συλλογή δεδομένων

Οι λύσεις μηχανικής μάθησης απαιτούν συνήθως σύνολα δεδομένων από συγκεκριμένα περιβάλλοντα. Για διαφορετικά προβλήματα, πρέπει να επιλεγεί το κατάλληλο περιβάλλον για τη συλλογή δεδομένων για να σχηματιστούν σύνολα δεδομένων εκπαίδευσης και σύνολα δεδομένων δοκιμής. Για παράδειγμα, τα σύνολα δεδομένων ελέγχου ταυτότητας συσκευής πρέπει να περιέχουν τις πληροφορίες των διαμορφώσεων της συσκευής, της συμπεριφοράς των χρηστών και των συνηθειών λειτουργίας ώστε να αντικατοπτρίζουν τις διαφορές μεταξύ των χρηστών.

Προεπεξεργασία δεδομένων

Η ποιότητα των δεδομένων εκπαίδευσης συνδέεται άμεσα με την αποτελεσματικότητα των λύσεων. Τα σύνολα δεδομένων στην περίπτωση του

IoT προέρχονται από διάφορους αισθητήρες σε διάφορους τομείς. Ωστόσο, υπάρχουν περισσότερα ή λιγότερα προβλήματα στο αρχικό σύνολο δεδομένων, όπως η ακανόνιστη κατανομή δεδομένων και τα ελλιπή δεδομένα. Επομένως, είναι απαραίτητο να εξορυχθούν τα δεδομένα εκπαίδευσης και στην συνέχεια να εφαρμοστούν διάφορες τεχνικές προεπεξεργασίας με στόχο την μετέπειτα αποτελεσματική εφαρμογή των μεθόδων μηχανικής μάθησης.

Επιλογή μοντέλου

Υπάρχουν πολλά μοντέλα μηχανικής μάθησης που μπορούν να επιλεγούν για την περίπτωση της ασφάλειας στο IoT, αλλά το κάθε μοντέλο έχει το δικό του σενάριο εφαρμογής. Επομένως, θα πρέπει να επιλεγεί το κατάλληλο μοντέλο σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του προβλήματος. Επιπροσθέτως, το μέγεθος του συνόλου δεδομένων και η ανάλυση που έχει πραγματοποιηθεί επηρεάζουν την διαδικασία επιλογής του μοντέλου.

Μετατροπή δεδομένων

Σε πραγματικές εφαρμογές, τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται είναι συνήθως ασυνεπή με τα δεδομένα εισόδου τα οποία απαιτούνται από τα μοντέλα και χρειάζονται να μετατραπούν έτσι ώστε να συναντήσουν τις απαιτήσεις των μοντέλων που έχουν επιλεγεί. Για παράδειγμα, τα δεδομένα ήχου που συλλέγονται από τους αισθητήρες φωνής δεν μπορούν να εισαχθούν απευθείας στα RNN μοντέλα, επομένως είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί μετατροπή των δεδομένων.

Εκπαίδευση και έλεγχος

Μετά την προεπεξεργασία των δεδομένων και την επιλογή του μοντέλου, απαιτείται η είσοδος των δεδομένων στα μοντέλα για την πραγματοποίηση της εκπαίδευσης. Στην διαδικασία της εκπαίδευσης, μπορεί να παρατηρηθεί η τιμή της συνάρτησης απώλειας (loss function), έτσι ώστε να μπορεί να τροποποιηθεί η παράμετρος μάθησης ή άλλες παράμετροι και με τον τρόπο αυτό να βελτιστοποιηθεί η συμπεριφορά του μοντέλου.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας εκπαίδευσης, τα δεδομένα ελέγχου χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελεγχθεί η ικανότητα γενίκευσης του μοντέλου. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι τα μοντέλα μπορεί να έχουν υποστεί υπό – εκπαίδευση ή υπέρ – εκπαίδευση, επομένως οι παράμετροι θα πρέπει να τροποποιηθούν ξανά.

Αξιολόγηση μοντέλου και ανάπτυξη

Αφού έχει επιλεγεί το τελικό μοντέλο για ανάπτυξη και εφαρμογή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μετρικές αξιολόγησης με σκοπό την τελική αξιολόγηση. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι χρησιμοποιούνται διαφορετικές μετρικές αξιολόγησης ανάλογα με το πρόβλημα. Για την περίπτωση της ασφάλειας στο IoT, συχνά χρησιμοποιούμενες μετρικές είναι οι:

- Precision
- Recall
- F1 score
- AUC

3.5. Προκλήσεις χρήσης ΑΙ στο ΙοΤ

Οι προκλήσεις χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων συνοψίζονται στην συνέχεια [17] [18] [19]:

Υπερφόρτωση και διαχείριση δεδομένων

Οι συσκευές ΙοΤ παράγουν έναν τεράστιο όγκο δεδομένων, συχνά σε διαφορετικές μορφές. Αυτές οι πηγές δεδομένων περιλαμβάνουν αναγνώσεις αισθητήρων, εικόνες, βίντεο και πολλά άλλα. Ο χειρισμός και η επεξεργασία αυτού του τεράστιου κατακλυσμού δεδομένων μπορεί να επιβαρύνει την υπάρχουσα υποδομή και οι οργανισμοί πρέπει να επενδύσουν σε ισχυρές λύσεις διαχείρισης δεδομένων για την αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση αυτών των πληροφοριών αποτελεσματικά. Η πρόκληση έγκειται στην κατασκευή κλιμακωτών και οικονομικά αποδοτικών αγωγών δεδομένων και συστημάτων αποθήκευσης ικανών να χειρίζονται τα συνεχώς αυξανόμενα δεδομένα που παράγονται από συσκευές ΙοΤ.

Ασφάλεια δεδομένων και απόρρητο

Η ασφάλεια στο πλαίσιο του ΙοΤ και της ΑΙ είναι πρωταρχικής σημασίας. Είναι αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι οι ΙοΤ συσκευές είναι ευάλωτες σε κυβερνοεπιθέσεις. Όταν εφαρμόζονται μέθοδοι τεχνητής νοημοσύνης σε αυτές τις συσκευές, συχνά επεξεργάζονται ευαίσθητες πληροφορίες. Η διασφάλιση της ασφάλειας των δεδομένων και της ιδιωτικής ζωής είναι μια τρομακτική

πρόκληση.. Είναι ζωτικής σημασίας να εφαρμοστούν ισχυρά μέτρα ασφαλείας, όπως η κρυπτογράφηση και ο έλεγχος ταυτότητας, για την προστασία των δεδομένων τόσο σε κατάσταση ηρεμίας όσο και κατά τη μεταφορά.

Επεκτασιμότητα

Καθώς ο αριθμός των συσκευών IoT συνεχίζει να αυξάνεται εκθετικά, η διασφάλιση ότι οι λύσεις AI μπορούν να κλιμακωθούν ώστε να χειριστούν τον αυξανόμενο όγκο δεδομένων και συσκευών αποτελεί μια πρόκληση. Πολλοί αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να απαιτούν συνεχή επανεκπαίδευση ώστε να προσαρμοστούν σε νέα πρότυπα δεδομένων ή για να φιλοξενήσουν νέες συσκευές. Αυτή η πρόκληση περιλαμβάνει τη βελτιστοποίηση μοντέλων και συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης για επεκτασιμότητα και οικονομική αποδοτικότητα, διασφαλίζοντας ότι παραμένουν αποτελεσματικά καθώς επεκτείνονται για να φιλοξενήσουν μεγαλύτερα και πιο ποικίλα οικοσυστήματα IoT.

Επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο

Πολλές εφαρμογές στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, όπως τα αυτόνομα οχήματα, ο βιομηχανικός αυτοματισμός και παρακολούθηση της υγειονομικής περίθαλψης, απαιτούν λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο ή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να λαμβάνουν αποφάσεις σε κλάσματα δευτερολέπτου εντός αυστηρών περιορισμών καθυστέρησης. Η επίτευξη επεξεργασίας σε πραγματικό χρόνο, ειδικά σε

σενάρια edge computing, είναι δύσκολη και συχνά απαιτεί τη χρήση ελαφρών μοντέλων και αποδοτικού υλικού.

Ηθικά και νομικά ζητήματα

Η συλλογή τεράστιου όγκου δεδομένων με σκοπό την εφαρμογή των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης αποτελεί μια σημαντική πρόκληση όσο αφορά την τήρηση του ηθικού και νομικού πλαισίου σχετικά με την προστασία των προσωπικών δεδομένων. Συμπερασματικά μιλώντας, τα δεδομένα θα πρέπει να συλλέγονται και να επεξεργάζονται με τέτοιο τρόπο που να μην παραβιάζουν το απόρρητο των πληροφοριών, ειδικά σε περιπτώσεις που πρόκεινται για ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα (όπως είναι τα δεδομένα υγείας).

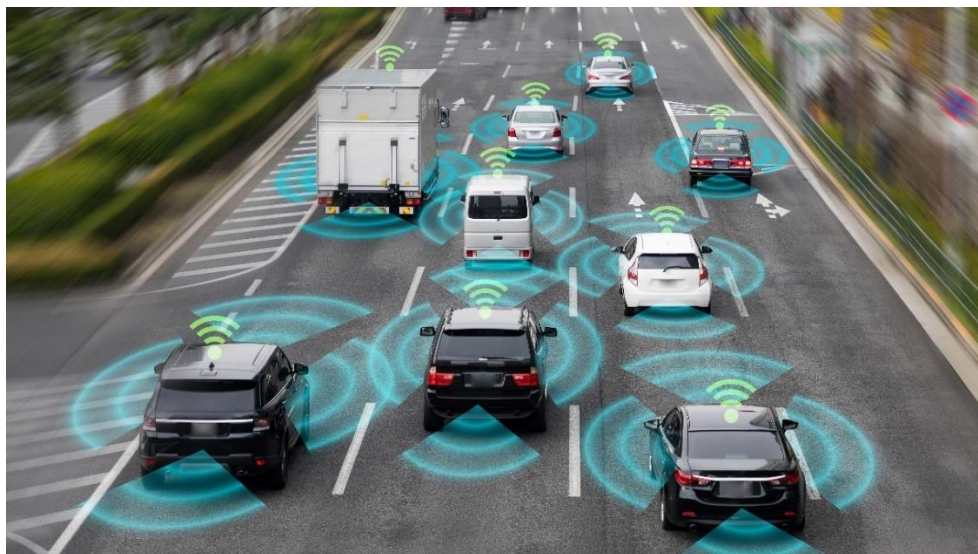
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εφαρμογές ΑΙοΤ

4.1. Αυτόνομα οχήματα

Τα αυτόνομα οχήματα [21] μπορούν να κινούνται με ασφάλεια από το ένα σημείο στο άλλο χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτό γίνεται εφικτό από μια σειρά προηγμένων τεχνολογιών, στον πυρήνα των οποίων βρίσκεται το Διαδίκτυο των Πραγμάτων.

Τα αυτοκίνητα της Tesla είναι ένα καλό παράδειγμα για το πώς ένας συνδυασμός ΑΙ και ΙοΤ μπορεί να μεταμορφώσει δραστικά την αυτοκινητοβιομηχανία. Αυτού του είδους τα οχήματα χρησιμοποιούν αισθητήρες, συσκευές, κάμερες και μια σειρά προηγμένων τεχνολογιών που συνεργάζονται προκειμένου να εξασφαλίσουν ασφαλή αυτοματοποιημένη οδήγηση.

Οι υπολογιστές των αυτόνομων οχημάτων μπορούν να συλλέγουν και να αναλύουν πληροφορίες από διάφορες πηγές σε πραγματικό χρόνο με σκοπό να λαμβάνουν τις πιο ακριβείς αποφάσεις οδήγησης. Κατά συνέπεια, τα αυτόνομα οχήματα αποτελούν ένα εξαιρετικό παράδειγμα της edge ΑΙ, όπου οι κατακευματισμένοι υπολογιστές συνδέονται μέσω του υπολογιστικού νέφους και επεξεργάζονται τα οπτικά στοιχεία χωρίς εκφόρτωση δεδομένων.



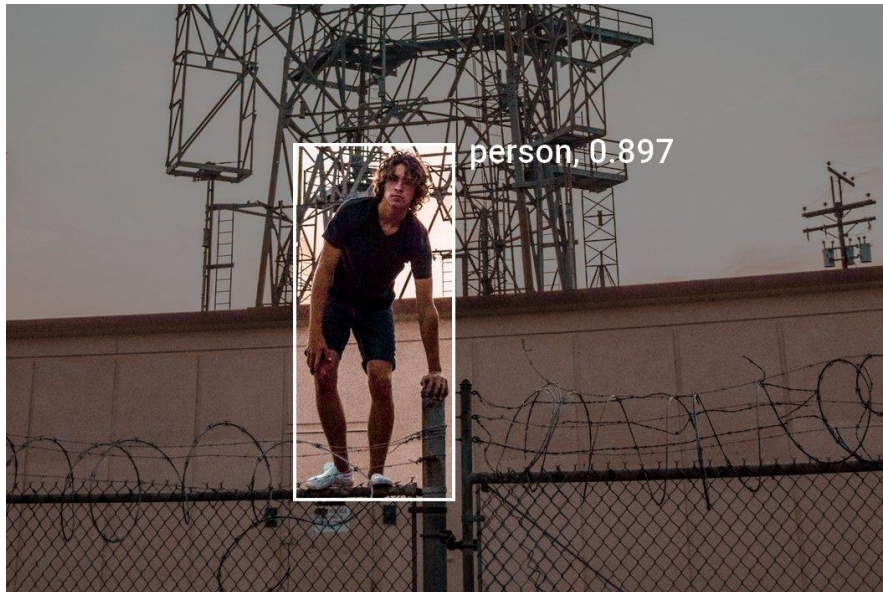
Εικόνα 11: Αυτόνομα οχήματα [22]

4.2. Παρακολούθηση Βίντεο

Ο συνδυασμός ΑΙ και ΙοΤ καθιστά την παρακολούθηση βίντεο [23] και την ασφάλεια πιο έξυπνη. Με τα παραδοσιακά συστήματα διαχείρισης βίντεο (VMS), οι ανθρώπινοι χειριστές υποχρεούνται να παρακολουθούν πολλαπλές ροές βίντεο. Ως αποτέλεσμα, τα χειροκίνητα συστήματα ασφαλείας εξαρτώνται από την υποκειμενική κρίση, την περιορισμένη προσοχή και τους ασυνεπείς χρόνους αντίδρασης.

Επομένως, η ΑΙοΤ συνδυάζει αλγόριθμους μηχανικής μάθησης με τη ροή βίντεο για την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, την ανίχνευση αντικειμένων, την αναγνώριση ατόμων και την αυτόματη αναγνώριση συμβάντων. Η έξυπνη παρακολούθηση βίντεο εφαρμόζεται συχνά και στο λιανικό εμπόριο. Για παράδειγμα, ο κολοσσός των σουπερμάρκετ των ΗΠΑ Walmart χρησιμοποιεί κάμερες αναγνώρισης εικόνας στα ταμεία για την

ανίχνευση κλοπής. Άλλες τυπικές εφαρμογές ασφάλειας βαθιάς μάθησης περιλαμβάνουν ανίχνευση όπλων ή ανίχνευση συμβάντων εισβολής με εικονικούς φράκτες.

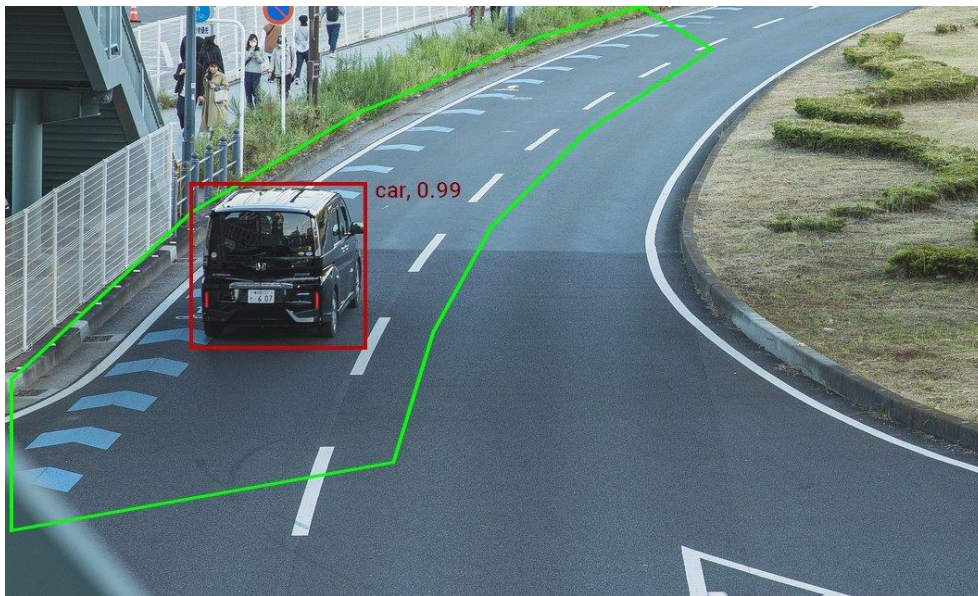


Εικόνα 12: Ανίχνευση παραβίασης χώρου [24]

4.3. Παρακολούθηση Κυκλοφορίας

Η ΑΙoT μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην παρακολούθηση της κυκλοφορίας [25] [26] [27] και στη βελτίωση των συστημάτων μεταφοράς στις αστικές περιοχές. Συνδυάζοντας τις δυνατότητες ΑΙ με συσκευές και υποδομές ΙοT, οι πόλεις μπορούν να δημιουργήσουν έξυπνες λύσεις διαχείρισης της κυκλοφορίας που ενισχύουν την ασφάλεια, μειώνουν τη συμφόρηση και βελτιστοποιούν τη συνολική ροή της κυκλοφορίας. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί η «έξυπνη παρακολούθηση» της κυκλοφορίας :

Ανάλυση κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο: Τα συστήματα AIoT μπορούν να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα από ένα δίκτυο αισθητήρων, φωτογραφικών μηχανών και άλλων συσκευών IoT εγκατεστημένων σε όλη την πόλη. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την πυκνότητα της κυκλοφορίας, τις ταχύτητες των οχημάτων, και τις συνθήκες του δρόμου. Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να επεξεργάζονται αυτά τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για να παρέχουν ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με τα πρότυπα κυκλοφορίας.



Εικόνα 13: Παρακολούθηση κυκλοφορίας [24]

Ανάλυση δεδομένων κυκλοφορίας: Η AIoT μπορεί να χρησιμοποιήσει ιστορικά δεδομένα κίνησης και αλγόριθμους μηχανικής μάθησης με σκοπό να προβλέψει μελλοντικές συνθήκες κυκλοφορίας. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας να προβλέπουν τη συμφόρηση και να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα για τον μετριασμό της, όπως η προσαρμογή

των χρονισμών των σημάτων κυκλοφορίας ή η σύσταση εναλλακτικών διαδρομών στους οδηγούς.

Βελτιστοποίηση χρήσης φωτεινού σηματοδότη: Μπορεί να βελτιστοποιήσει τους χρόνους σήματος κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο με βάση τις τρέχουσες συνθήκες κυκλοφορίας. Για παράδειγμα, όταν η κυκλοφορία είναι υψηλή σε έναν δρόμο, το σύστημα μπορεί να διαθέσει περισσότερο πράσινο χρόνο προς αυτή την κατεύθυνση για να μειώσει τη συμφόρηση.

Δυναμική δρομολόγηση: Η τεχνητή νοημοσύνη των πραγμάτων μπορεί να παρέχει στους οδηγούς ενημερώσεις κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο και να προτείνει εναλλακτικές διαδρομές με σκοπό την αποφυγή συμφόρησης. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να παραδοθούν μέσω εφαρμογών πλοήγησης, οδικών πινακίδων ή άλλων καναλιών επικοινωνίας.

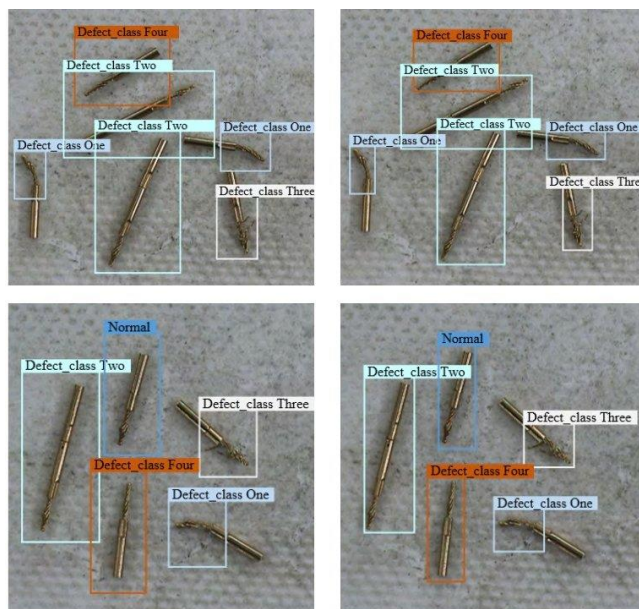
Διαχείριση στάθμευσης: Μπορεί να βοηθήσει τους οδηγούς να βρουν πιο εύκολα διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης χρησιμοποιώντας αισθητήρες για τον εντοπισμό κενών σημείων και τη μετάδοση αυτών των πληροφοριών στους οδηγούς μέσω εφαρμογών για κινητά.

Ανίχνευση έκτακτων συμβάντων: Μπορεί να εντοπίσει γρήγορα και να ανταποκριθεί σε τροχαία περιστατικά, όπως ατυχήματα ή κλείσιμο δρόμων. Ένα τέτοιου τύπου σύστημα μπορεί να ειδοποιήσει τις αρχές και τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης για ταχεία ανταπόκριση.

4.4. Βιομηχανία

Όσο αφορά τον βιομηχανικό τομέα, στην συνέχεια παρατίθενται οι τρόποι με τους οποίους η Τεχνητή Νοημοσύνη των Πραγμάτων μπορεί να συμβάλλει με θετικό πρόσημο στον βιομηχανικό κλάδο [28] [29]:

Παρακολούθηση κατάστασης εξοπλισμού: Τα συστήματα AIoT μπορούν να παρακολουθούν την κατάσταση του εξοπλισμού και των μηχανημάτων κατασκευής σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες. Αναλύοντας αυτά τα δεδομένα, οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να προβλέψουν πότε ο εξοπλισμός είναι πιθανό να αποτύχει ή να απαιτήσει συντήρηση. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στους κατασκευαστές να προγραμματίζουν προληπτικά τη συντήρηση, μειώνοντας το χρόνο διακοπής λειτουργίας και αποφεύγοντας δαπανηρές βλάβες.



Εικόνα 14: Ανίχνευση εργαλείων στην βιομηχανία [24]

Έλεγχος ποιότητας: Μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα των προϊόντων με την επιθεώρηση και τον προσδιορισμό των ατελειών σε πραγματικό χρόνο. Οι κάμερες και οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση ελαττωμάτων ή παρατυπιών στα προϊόντα στη γραμμή παραγωγής. Τα ελαττωματικά αντικείμενα μπορούν να επισημανθούν και να αφαιρεθούν, εξασφαλίζοντας υψηλότερα πρότυπα ποιότητας.

Βελτιστοποίηση διαδικασιών: Μπορεί να συμβάλλει στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών κατασκευής αναλύοντας δεδομένα από διάφορους αισθητήρες και συσκευές. Οι κατασκευαστές μπορούν να τελειοποιήσουν τις παραμέτρους σε πραγματικό χρόνο, να προσαρμόσουν τα χρονοδιαγράμματα παραγωγής και να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση για να μεγιστοποιήσουν την παραγωγή.

Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας: Οι IoT συσκευές μπορούν να παρακολουθούν τη θέση και την κατάσταση των πρώτων υλών, των εργασιών σε εξέλιξη και των τελικών προϊόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Η AIoT μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση αποθεμάτων, στην πρόβλεψη της ζήτησης και στη διασφάλιση ότι τα προϊόντα φτάνουν στους προορισμούς τους σε βέλτιστη κατάσταση.

Απομακρυσμένος έλεγχος: Οι κατασκευαστές μπορούν απομακρυσμένα να ελέγξουν και να διαχειριστούν τις εγκαταστάσεις και τον εξοπλισμό παραγωγής, που μειώνουν την ανάγκη για το επιτόπιο προσωπικό. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε σενάρια όπου η πρόσβαση είναι δύσκολη ή σε επικίνδυνα περιβάλλοντα.

4.5. Έξυπνα Σπίτια

Όσο αφορά την διαχείριση των έξυπνων σπιτιών, μπορούν συγκεντρωτικά να γραφούν τα παρακάτω [30] [31] [32]:

Διαχείριση ενέργειας: Τα συστήματα AIoT μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση ενέργειας σε έξυπνα κτίρια παρακολουθώντας και ελέγχοντας συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού, κλιματισμού, φωτισμού και άλλων συσκευών που καταναλώνουν ενέργεια. Η έξυπνη διαχείριση οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μειωμένο λειτουργικό κόστος.

Ανίχνευση πληρότητας: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να ανιχνεύσουν την πληρότητα σε διάφορες περιοχές ενός κτιρίου. Με την σειρά τους, οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτά τα δεδομένα με σκοπό να προσαρμόσουν τις ρυθμίσεις φωτισμού και κλιματισμού σε πραγματικό χρόνο, διασφαλίζοντας ότι οι χώροι θερμαίνονται, ψύχονται ή φωτίζονται μόνο όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο.

Ασφάλεια και έλεγχος πρόσβασης: Η Τεχνητή Νοημοσύνη των Πραγμάτων μπορεί επίσης να συμβάλλει στην δημιουργία συστημάτων ασφάλειας και ελέγχου πρόσβασης. Για παράδειγμα, η τεχνολογία αναγνώρισης προσώπου σε συνδυασμό με την χρήση καμερών μπορεί να παρέχει ασφαλή και βολική πρόσβαση σε εξουσιοδοτημένο προσωπικό, ενώ ανιχνεύει και προειδοποιεί για μη εξουσιοδοτημένες καταχωρήσεις.

Αυτοματοποίηση κτιρίου: Μπορεί να αυτοματοποιήσει εργασίες ρουτίνας, όπως ρύθμιση περσίδων ή έλεγχο θερμοκρασίας δωματίου με βάση τις προτιμήσεις των ενοίκων και τα καθημερινά χρονοδιαγράμματα που αυτοί

ακολουθούν. Αυτή η δυνατότητα ενισχύει την ευκολία και βελτιώνει τη συνολική εμπειρία των ενοίκων.

Περιβαλλοντική βιωσιμότητα: Τα έξυπνα κτίρια που είναι εξοπλισμένα με ΑΙoT συστήματα μπορούν να μειώσουν ενεργά το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα με την αποτελεσματική διαχείριση των πόρων, την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και ακόμη και την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.



Εικόνα 15: Εφαρμογές έξυπνου σπιτιού [33]

Βοηθεί φωνής και έξυπνα χειριστήρια: Τα έξυπνα κτίρια μπορούν να ενσωματώσουν βοηθούς με φωνητικό έλεγχο ή εφαρμογές για κινητά με σκοπό να επιτρέψουν στους ενοίκους να αλληλεπιδρούν με απομακρυσμένο και εύχρηστο τρόπο.

4.6. Γεωργία

Όσο αφορά των γεωργικό τομέα [34] [35] [36], μπορούν να συνοψιστούν τα παρακάτω:

Γεωργία Ακριβείας: Τα συστήματα AIoT χρησιμοποιούν αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τις συνθήκες του εδάφους, τον καιρό, και την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης αναλύουν αυτά τα δεδομένα ώστε να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το πότε και πώς να φυτέψουν, να ποτίσουν, να γονιμοποιήσουν και να συγκομίσουν καλλιέργειες με τη μέγιστη απόδοση.

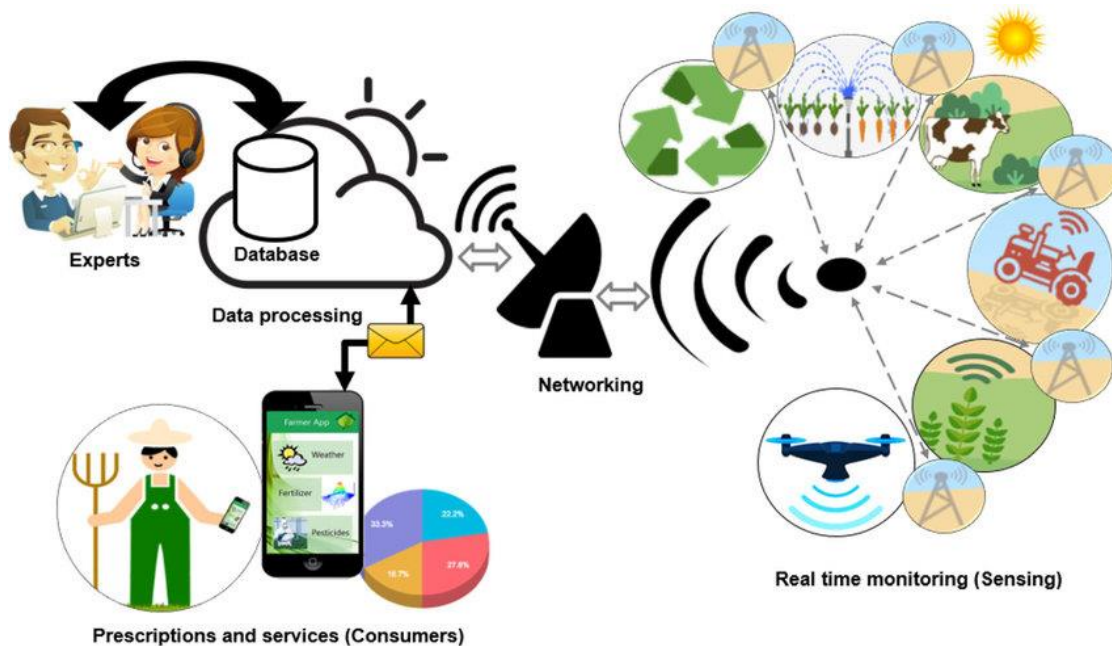
Έξυπνη άρδευση: Οι αισθητήρες μπορούν να παρακολουθούν τα επίπεδα υγρασίας του εδάφους και οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να καθορίσουν τα βέλτιστα προγράμματα άρδευσης και τη χρήση νερού. Αυτό βοηθά στη διατήρηση του νερού και στην πρόληψη της υπερβολικής άρδευσης, η οποία μπορεί να βλάψει τις καλλιέργειες και να εξαντλήσει τους πόρους.

Παρακολούθηση καλλιεργειών: Τα drones, οι δορυφόροι και οι επίγειοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της υγείας και της ανάπτυξης των καλλιεργειών. Η AIoT μπορεί να ανιχνεύσει πρώιμα σημάδια ασθένειας, παρασιτώσεις από παράσιτα ή ανεπάρκειες θρεπτικών ουσιών, επιτρέποντας την έγκαιρη παρέμβαση.

Διαχείριση ζωικού κεφαλαίου: Οι IoT συσκευές μπορούν να παρακολουθήσουν την υγεία και τη κατάσταση του ζωικού κεφαλαίου. Τα AIoT συστήματα μπορούν να προβλέψουν πότε τα ζώα είναι έτοιμα για

αναπαραγωγή ή πότε χρειάζονται ιατρική φροντίδα, βελτιώνοντας τη συνολική διαχείριση των ζώων.

Παρακολούθηση του κλίματος και του περιβάλλοντος: Μπορεί να παρέχει δεδομένα καιρού σε πραγματικό χρόνο και παρακολούθηση του κλίματος, βοηθώντας τους αγρότες να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες και να μειώσουν τους κινδύνους που σχετίζονται με ακραία καιρικά φαινόμενα.



Εικόνα 16: Εξυπνη Γεωργία [37]

Πραγματοποίηση αναλύσεων: Μπορεί να προβλέπει τις αποδόσεις των καλλιεργειών, τους βέλτιστους χρόνους φύτευσης και τη ζήτηση της αγοράς, επιτρέποντας στους αγρότες να σχεδιάζουν και να βελτιστοποιούν τις δραστηριότητές τους.

Διαχείριση πόρων: Βοηθά τους αγρότες να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τους πόρους, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης ενέργειας, της εφαρμογής λιπασμάτων και του ελέγχου των παρασίτων. Αυτό μειώνει τα απόβλητα και μειώνει το λειτουργικό κόστος.

Ανάπτυξη αυτόνομου γεωργικού εξοπλισμού: Η ΑΙoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη αυτόνομου γεωργικού εξοπλισμού, όπως αυτοκινούμενα τρακτέρ και θεριστικές μηχανές, που μπορούν να λειτουργούν 24 ώρες το 24ωρο και 7 ημέρες την εβδομάδα, αυξάνοντας την παραγωγικότητα και μειώνοντας το κόστος εργασίας.

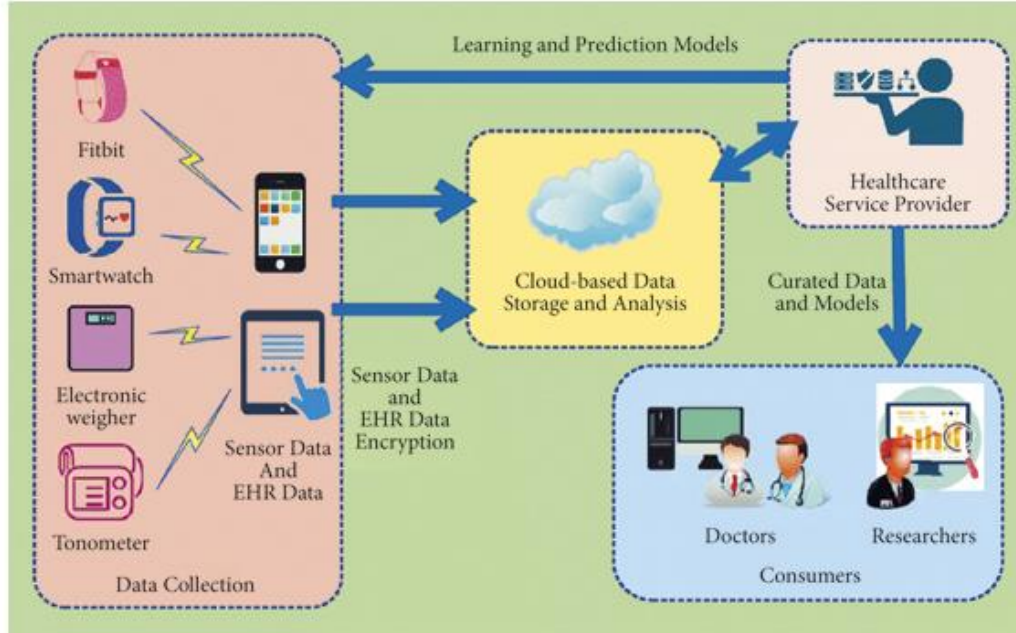
4.7. Φροντίδα Υγείας

Παρόμοια ανάλυση πραγματοποιείται και για την περίπτωση της φροντίδας υγείας [38] [39] [40]:

Απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών: Οι ΙoT συσκευές, όπως οι φορητοί ιχνηλάτες φυσικής κατάστασης και οι ιατρικοί αισθητήρες, μπορούν να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την υγεία του ασθενούς. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αναλύσει αυτά τα δεδομένα προκειμένου να ανιχνεύσει μοτίβα ή ανωμαλίες, επιτρέποντας στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να παρακολουθούν εξ αποστάσεως ασθενείς με χρόνιες παθήσεις και να παρεμβαίνουν όταν είναι απαραίτητο. Επιπλέον, μπορεί να γίνει με ασφαλή τρόπο καθώς τα έξυπνα δωμάτια των ασθενών μπορούν να χρησιμοποιούν ελάχιστη ή καθόλου σύνδεση στο διαδίκτυο εξασφαλίζοντας πλήρη ασφάλεια προς τα δεδομένα των ασθενών [52].

Διάγνωση ασθενειών: Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση μεγάλων όγκων ιατρικών δεδομένων με σκοπό τον εντοπισμό τάσεων, την πρόβλεψη εστιών ασθενειών και την έγκαιρη διάγνωση ασθενειών. Συνδυάζοντας συσκευές IoT με AI, καθίσταται δυνατή η παροχή εξατομικευμένων συστάσεων για την υγεία και η πρόβλεψη πιθανών προβλημάτων υγείας.

Έξυπνα νοσοκομεία: Οι αισθητήρες μπορούν να αναπτυχθούν σε όλες τις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης με σκοπό την παρακολούθηση του εξοπλισμού, την παρακολούθηση της θέσης των περιουσιακών στοιχείων και τη βελτιστοποίηση της κατανομής των πόρων. Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν στη συνέχεια να αναλύσουν αυτά τα δεδομένα ώστε να βελτιώσουν την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα, τη φροντίδα των ασθενών και την ασφάλεια των ασθενών. Όμως, είναι προφανές ότι οι αναδυόμενες τεχνολογίες πρέπει να ενσωματωθούν και να χρησιμοποιηθούν σωστά ώστε να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα [50].



Εικόνα 17: AIoT και φροντίδα υγείας [41]

Παρακολούθηση χορήγησης φαρμάκων: Οι έξυπνοι διανομείς χαπιών και οι συσκευασίες φαρμάκων με ενσωματωμένους αισθητήρες μπορούν να βοηθήσουν τους ασθενείς ώστε να τηρούν τα προγράμματα χορήγησης των φαρμάκων τους. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να παρέχει υπενθυμίσεις και να παρακολουθεί εάν οι ασθενείς παίρνουν τα φάρμακά τους σύμφωνα με τις οδηγίες που τους έχουν δοθεί.

4.8. Έξυπνα Πλέγματα

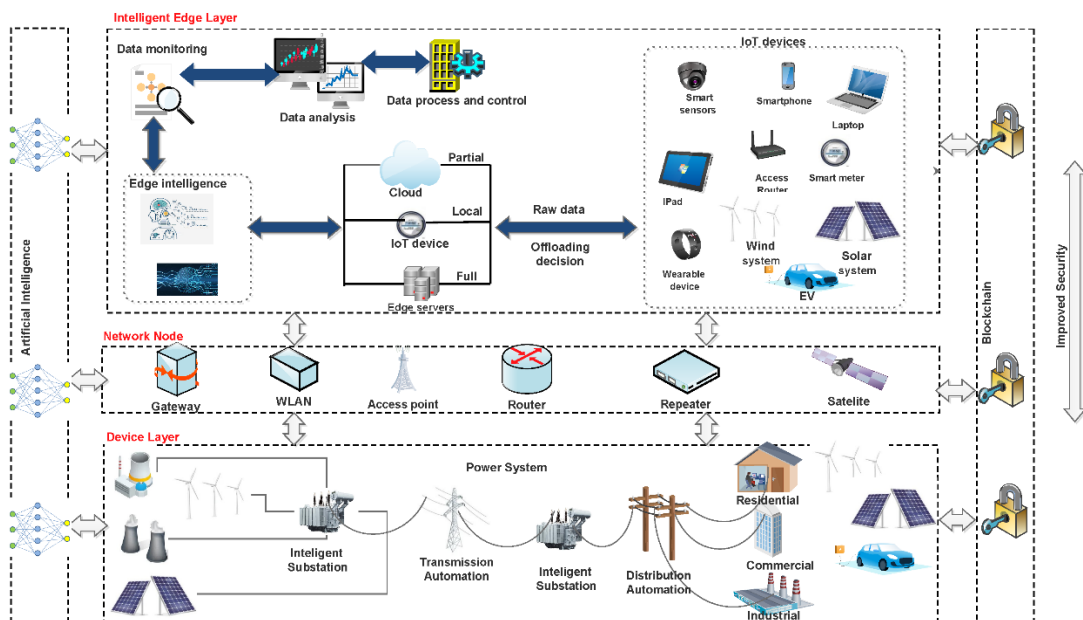
Όσο αφορά την περίπτωση των έξυπνων πλεγμάτων, παρατίθενται τα πεδία εφαρμογής [42] [43] [44]:

Απόκριση ζήτησης και διαχείριση φορτίου: Οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας και οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης αναλύουν αυτά τα δεδομένα για να προβλέψουν και να βελτιστοποιήσουν τη ζήτηση ενέργειας. Κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλής ζήτησης, το έξυπνο πλέγμα μπορεί να ρυθμίσει αυτόματα την κατανομή ενέργειας, να ενθαρρύνει τη μετατόπιση φορτίου και να μειώσει τα φορτία αιχμής με σκοπό να αποτρέψει τις διακοπές ρεύματος.

Παρακολούθηση και έλεγχος δικτύου: Οι αισθητήρες αναπτύσσονται σε όλο το δίκτυο για την παρακολούθηση των επιπέδων τάσης, της ποιότητας ισχύος και της απόδοσης του εξοπλισμού. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αναλύσει αυτά τα δεδομένα για να ανιχνεύσει απρόβλεπτες καταστάσεις, να προβλέψει αστοχίες εξοπλισμού και να ελέγξει αυτόματα τις συσκευές του πλέγματος ώστε να διατηρήσει τη σταθερότητα εντός του δικτύου.

Διαχείριση κατανεμημένων ενεργειακών πόρων: Είναι γνωστό ότι τα έξυπνα δίκτυα ενσωματώνουν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ηλιακούς συλλέκτες και ανεμογεννήτριες. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συμβάλλει στην πρόβλεψη της παραγωγής ενέργειας, στην ενσωμάτωση του κατανεμημένων ενεργειακών πόρων στο δίκτυο και στην εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης ενέργειας.

Ενεργειακή απόδοση: Η AIoT επιτρέπει τη βελτιστοποίηση της διανομής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο με σκοπό τη μείωση των απωλειών μετάδοσης και την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής σπατάλης, με αποτέλεσμα την αποδοτικότερη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 18: AIoT και έξυπνα πλέγματα [45]

Κυβερνοασφάλεια: Καθώς τα έξυπνα δίκτυα βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην ψηφιακή επικοινωνία και την ανταλλαγή δεδομένων, η AIoT μπορεί να ενισχύσει την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο εντοπίζοντας πιθανές απειλές και ευπάθειες στο δίκτυο επικοινωνίας.

Διαχείριση μικροδικτύων: Η AIoT χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση των μικροδικτύων, τα οποία είναι μικρότερα, τοπικά ενεργειακά συστήματα. Τα μικροδίκτυα μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό με το κύριο δίκτυο, προσφέροντας ανθεκτικότητα και αυτάρκεια κατά τη διάρκεια διακοπών ή καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

4.9. Τεχνολογία

Ο ρυθμός που οι εφαρμογές ψηφιοποιούνται σήμερα είναι αυξάνετα διαρκώς. Τεχνολογίες όπως η Εικονική Πραγματικότητα (VR) και η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) μπορούν να προχωρήσουν ένα βήμα παραπέρα και να εξελιχθούν στην επεκταμένη πραγματικότητα (XR) [51].

4.10. Λιανεμπόριο

Ολοκληρώνεται η παρουσία των πεδίων εφαρμογής της Τεχνητής Νοημοσύνης των Πραγμάτων με τον τομέα του λιανεμπορίου [46] [47] [48]:

Διαχείριση αποθεμάτων: Επιτρέπει στους λιανοπωλητές να παρακολουθούν τα επίπεδα αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο με τη βοήθεια αισθητήρων. Αυτοί οι αισθητήρες παρακολουθούν τα αντικείμενα στα ράφια και επικοινωνούν με αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης ώστε να εξασφαλίσουν ότι τα προϊόντα ανανεώνονται αποτελεσματικά. Αυτή η διαδικασία μειώνει τις πιθανότητες εξάντλησης των αποθεμάτων ή υπερβολικής αποθήκευσης αντικειμένων, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση κόστους και αυξημένη ικανοποίηση των πελατών.

Εμπειρία πελατών: Η εξατομίκευση είναι βασικός μοχλός της εμπειρίας λιανικής. Η AIoT συνδυάζει δεδομένα, όπως η τοποθεσία του πελάτη και η συμπεριφορά στο κατάστημα, με αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για να προσφέρει προσαρμοσμένες συστάσεις, πλοήγηση στο κατάστημα και πληροφορίες όσο αφορά το προϊόν. Επιπλέον, οι διαλογικοί πράκτορες και οι εικονικοί βοηθοί παρέχουν υποστήριξη πελατών σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας τη συνολική ικανοποίηση.



Εικόνα 19: ΑIoT και λιανεμπόριο [49]

Βελτιστοποίηση εφοδιαστικής αλυσίδας: Ενισχύει την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, παρακολουθώντας τα προϊόντα από την κατασκευή έως την παράδοση. Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που παρέχονται από αισθητήρες και αναλύσεις επιτρέπουν καλύτερη λήψη αποφάσεων, μειώνοντας τις καθυστερήσεις, τις κλοπές και τις απώλειες. Τέλος, προγνωστική συντήρηση των οχημάτων και του εξοπλισμού διατηρεί την ομαλή λειτουργία της αλυσίδας εφοδιασμού.

Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση όσο αφορά την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Το αποτέλεσμα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης κρίνεται από επιτυχία, καθώς συγκεντρώθηκε αρκετό υλικό επιστημονικά τεκμηριωμένο και ενσωματώθηκε στο κείμενο της διπλωματικής εργασίας.

Ένα πρώτο συμπέρασμα, το οποίο προκύπτει είναι ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη των Πραγμάτων διαθέτει ευρύ φάσμα εφαρμογής και συμβάλλει με θετικό τρόπο όσο αφορά την ανάλυση των δεδομένων και την αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων.

Ένα δεύτερο συμπέρασμα το οποίο προκύπτει είναι ότι AI και IoT δημιουργούν έναν μοναδικό συνδυασμό, ο οποίος μπορεί να επιφέρει ακόμη περισσότερα θεαματικά αποτελέσματα στο μέλλον. Για τον λόγο αυτό, οι επιστημονικές μελέτες εντείνονται και κινούνται προς την συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Μεγάλη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στο ζήτημα της ασφάλειας των δεδομένων, καθώς και της προστασίας της ιδιωτικότητας τους. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται η κατάλληλη μέριμνα όσο αφορά την ενίσχυση των αλγορίθμων κρυπτογράφηση των δεδομένων, αλλά και την ανάπτυξη προβλεπτικών μοντέλων εμφάνισης κυβερνοεπιθέσεων.

Τέλος, νέες και αναδυόμενες τεχνολογίες πρέπει να συναντώνται από έμπειρο κόσμο και ένα επίπεδο αμφιβολίας, όπως στο τομέα υγείας, που μία διάγνωση καθορίζει το μέλλον ενός ασθενή [53].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. (2018). Introduction to IOT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 5(1), 41-44.
- [2]. Wang, P., Valerdi, R., Zhou, S., & Li, L. (2015). Introduction: Advances in IoT research and applications. *Information Systems Frontiers*, 17, 239-241.
- [3]. Jurcut, A. D., Ranaweera, P., & Xu, L. (2020). Introduction to IoT security. *IoT security: advances in authentication*, 27-64.
- [4]. Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H. (2014). A vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with china perspective. *IEEE Internet of Things journal*, 1(4), 349-359.
- [5]. Khanna, A., & Kaur, S. (2020). Internet of things (IoT), applications and challenges: a comprehensive review. *Wireless Personal Communications*, 114, 1687-1762.
- [6]. Kotha, H. D., & Gupta, V. M. (2018). IoT application: a survey. *Int. J. Eng. Technol*, 7(2.7), 891-896.
- [7]. Meneghello, F., Calore, M., Zucchetto, D., Polese, M., & Zanella, A. (2019). IoT: Internet of threats? A survey of practical security vulnerabilities in real IoT devices. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(5), 8182-8201.

- [8]. Mittal, M., Tanwar, S., Agarwal, B., & Goyal, L. M. (2019). Energy conservation for IoT devices. Concepts, Paradigms and Solutions, Studies in Systems, Decision and Control, in Preparation, 1-365.
- [9]. Zhang, Z. K., Cho, M. C. Y., Wang, C. W., Hsu, C. W., Chen, C. K., & Shieh, S. (2014, November). IoT security: ongoing challenges and research opportunities. In 2014 IEEE 7th international conference on service-oriented computing and applications (pp. 230-234). IEEE.
- [10]. Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Business horizons, 58(4), 431-440.
- [11]. Soumyalatha, S. G. H. (2016, May). Study of IoT: understanding IoT architecture, applications, issues and challenges. In 1st International Conference on Innovations in Computing & Net-working (ICICN16), CSE, RRCE. International Journal of Advanced Networking & Applications (Vol. 478).
- [12]. https://www.researchgate.net/publication/281896657_Publishsubscribe-enabled_software_defined_networking_for_efficient_and_scalable_IoT_communications
- [13]. https://www.researchgate.net/publication/334760981_Overview_of_Spintronic_Sensors_With_Internet_of_Things_for_Smart_Living/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic

- [14]. Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). The internet of things: An overview. *The internet society (ISOC)*, 80, 1-50.
- [15]. Ghosh, A., Chakraborty, D., & Law, A. (2018). Artificial intelligence in Internet of things. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 3(4), 208-218.
- [16]. Arsénio, A., Serra, H., Francisco, R., Nabais, F., Andrade, J., & Serrano, E. (2014). Internet of intelligent things: Bringing artificial intelligence into things and communication networks. *Inter-cooperative collective intelligence: Techniques and applications*, 1-37.
- [17]. Zhang, J., & Tao, D. (2020). Empowering things with intelligence: a survey of the progress, challenges, and opportunities in artificial intelligence of things. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(10), 7789-7817.
- [18]. Mohamed, E. (2020). The relation of artificial intelligence with internet of things: A survey. *Journal of Cybersecurity and Information Management*, 1(1), 30-24.
- [19]. Osuwa, A. A., Ekhonoragbon, E. B., & Fat, L. T. (2017, September). Application of artificial intelligence in Internet of Things. In *2017 9th international conference on computational intelligence and communication networks (CICN)* (pp. 169-173). IEEE.

- [20]. Wu, H., Han, H., Wang, X., & Sun, S. (2020). Research on artificial intelligence enhancing internet of things security: A survey. *Ieee Access*, 8, 153826-153848.
- [21]. Khayyam, H., Javadi, B., Jalili, M., & Jazar, R. N. (2020). Artificial intelligence and internet of things for autonomous vehicles. *Nonlinear Approaches in Engineering Applications: Automotive Applications of Engineering Problems*, 39-68.
- [22]. <https://www.topgear.com/car%20news/what-are-sae-levels-autonomous-driving-uk>
- [23]. Rego, A., Canovas, A., Jiménez, J. M., & Lloret, J. (2018). An intelligent system for video surveillance in IoT environments. *IEEE Access*, 6, 31580-31598.
- [24]. <https://viso.ai/edge-ai/artificial-intelligence-of-things-aiot/>
- [25]. Sarrab, M., Pulparambil, S., & Awadalla, M. (2020). Development of an IoT based real-time traffic monitoring system for city governance. *Global Transitions*, 2, 230-245.
- [26]. Soomro, S., Miraz, M. H., Prasanth, A., & Abdullah, M. (2018). Artificial intelligence enabled IoT: Traffic congestion reduction in smart cities.
- [27]. Javaid, S., Sufian, A., Pervaiz, S., & Tanveer, M. (2018, February). Smart traffic management system using Internet of Things. In *2018 20th international*

conference on advanced communication technology (ICACT) (pp. 393-398).
IEEE.

- [28]. El-Gendy, S. (2020, December). IoT based AI and its implementations in industries. In 2020 15th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES) (pp. 1-6). IEEE.
- [29]. Rabah, K. (2018). Convergence of AI, IoT, big data and blockchain: a review. The lake institute Journal, 1(1), 1-18.
- [30]. Sodhro, A. H., Gurtov, A., Zahid, N., Pirbhulal, S., Wang, L., Rahman, M. M. U., ... & Abbasi, Q. H. (2020). Toward convergence of AI and IoT for energy-efficient communication in smart homes. IEEE Internet of Things Journal, 8(12), 9664-9671.
- [31]. Sepasgozar, S., Karimi, R., Farahzadi, L., Moezzi, F., Shirowzhan, S., M. Ebrahimzadeh, S., ... & Aye, L. (2020). A systematic content review of artificial intelligence and the internet of things applications in smart home. Applied Sciences, 10(9), 3074.
- [32]. Guo, X., Shen, Z., Zhang, Y., & Wu, T. (2019). Review on the application of artificial intelligence in smart homes. Smart Cities, 2(3), 402-420.
- [33]. <https://info-gate.gr/electronics/home-appliance/smart-home>

- [34]. Misra, N. N., Dixit, Y., Al-Mallahi, A., Bhullar, M. S., Upadhyay, R., & Martynenko, A. (2020). IoT, big data, and artificial intelligence in agriculture and food industry. *IEEE Internet of things Journal*, 9(9), 6305-6324.
- [35]. Bhatta, N. P., & Thangadurai, N. (2019). Utilization of IoT and AI for agriculture applications. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8, 2731-2735.
- [36]. Abraham, A., Dash, S., Rodrigues, J. J., Acharya, B., & Pani, S. K. (Eds.). (2021). *AI, Edge and IoT-Based Smart Agriculture*. Academic Press.
- [37]. https://www.researchgate.net/publication/347182626_A_Review_of_the_Applications_of_the_Internet_of_Things_IoT_for_Agricultural_Automation/figure/s?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic
- [38]. Shah, R., & Chircu, A. (2018). IoT and AI in healthcare: A systematic literature review. *Issues in Information Systems*, 19(3).
- [39]. Alshehri, F., & Muhammad, G. (2020). A comprehensive survey of the Internet of Things (IoT) and AI-based smart healthcare. *IEEE Access*, 9, 3660-3678.
- [40]. Chawla, N. (2020). AI, IOT and Wearable Technology for Smart Healthcare-A Review. *International Journal of Recent Research Aspects*, 7(1).
- [41]. <https://www.hindawi.com/journals/cin/2022/8421434/>

- [42]. Kumar, N. M., Chand, A. A., Malvoni, M., Prasad, K. A., Mamun, K. A., Islam, F. R., & Chopra, S. S. (2020). Distributed energy resources and the application of AI, IoT, and blockchain in smart grids. *Energies*, 13(21), 5739.
- [43]. Esenogho, E., Djouani, K., & Kurien, A. M. (2022). Integrating artificial intelligence Internet of Things and 5G for next-generation smartgrid: A survey of trends challenges and prospect. *IEEE Access*, 10, 4794-4831.
- [44]. Omitaomu, O. A., & Niu, H. (2021). Artificial intelligence techniques in smart grid: A survey. *Smart Cities*, 4(2), 548-568.
- [45]. <https://www.mdpi.com/2224-2708/11/3/47>
- [46]. Margaje, S. C., & Rasal, V. (2021). A review on smart retail shop using Artificial Intelligence (AI) and Internet of Things (IOT). *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 3(11), 949-954.
- [47]. Kaur, V., Khullar, V., & Verma, N. (2020). Review of artificial intelligence with retailing sector. *Journal of Computer Science Research*, 2(1), 1-7.
- [48]. Shekhawat, S. (2023). Smart retail: How AI and IoT are revolutionising the retail industry. *Journal of AI, Robotics & Workplace Automation*, 2(2), 145-152.
- [49]. https://media.licdn.com/dms/image/C4E12AQHMMnIq5JiWDw/article-inline_image-

[shrink 400 744/0/1520231237298?e=1703116800&v=beta&t=l2z7sMUvVuJdgriyt
cS-KLeBDJL6YdjdE57crCF7U](https://doi.org/10.1109/400744/0/1520231237298?e=1703116800&v=beta&t=l2z7sMUvVuJdgriyt-cS-KLeBDJL6YdjdE57crCF7U)

- [50]. Konstantinos D. Stergiou , Georgios M. Minopoulos, Vasileios A. Memos , Christos L. Stergiou , Maria P. Koidou and Konstantinos E. Psannis (2022). A Machine Learning-Based Model for Epidemic Forecasting and Faster Drug Discovery.
- [51]. Georgios Minopoulos and Konstantinos E. Psannis (2023) Opportunities and Challenges of Tangible XR Applications for 5G Networks and Beyond.
- [52]. Andreas P. Plageras, Kostas E. Psannis (2022). IoT-based health and emotion care system.
- [53]. Georgios M. Minopoulos , Vasileios A. Memos, Christos L. Stergiou , Konstantinos D. Stergiou, Andreas P. Plageras, Maria P. Koidou and Konstantinos E. Psannis (2022). Exploitation of Emerging Technologies and Advanced Networks for a Smart Healthcare System