



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΑΓΩΓΗ ΥΓΕΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Τίτλος εργασίας

«ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ INTERNET ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (INTERNET OF THINGS) ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ»

Συγγραφέας

Βασίλειος Μπελιάς

ΑΜ: 2126

Επιβλέπουσα:

Βενετία Νοταρά

Αθήνα, Μάρτιος 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
DEPARTMENT OF PUBLIC AND COMMUNITY HEALTH
ENVIROMENTAL COMMUNICATION AND HEALTH PROMOTION**

Diploma Thesis

Title

“Applications of the Internet of Things (IoT) in the field of environmental health: A literature review”

Student name and surname:

Vasilios Belias

Registration Number: 2126

Supervisor name and surname:

Venetia Notara

Athens, March 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Τίτλος εργασίας

«ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ INTERNET ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (INTERNET OF THINGS) ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ»

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/a	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
	Βενετία Νοταρά	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τμήμα Δημόσιας & Κοινωνικής Υγείας Σχολή Δημόσιας Υγείας	
	Κωνσταντίνα Σκαναβή	Καθηγήτρια Τμήμα Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας Σχολή Δημόσιας Υγείας	
	Περηφάνου Δήμητρα	Λέκτορας Τμήμα Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας Σχολή Δημόσιας Υγείας	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Μπελιάς Βασίλειος του Αντωνίου, με αριθμό μητρώου 2126 φοιτητής/τρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Περιβαλλοντική Επικοινωνία και Προαγωγή Υγείας του Τμήματος Δημόσιας και Κοινοτικής Υγείας της Σχολής Δημόσιας υγείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

**Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι 23/3/2024 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.*

Ο Δηλών

*** Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα**

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα
(Υπογραφή)

Μπελιάς Βασίλειος



*** Εάν κάποιος επιθυμεί απαγόρευση πρόσβασης στην εργασία για χρονικό διάστημα**

6-12 μηνών (embargo), θα πρέπει να υπογράψει ψηφιακά ο/η επιβλέπων/ουσα καθηγητής/τρια, για να γνωστοποιεί ότι είναι ενημερωμένος/η και συναινεί. Οι λόγοι χρονικού αποκλεισμού πρόσβασης περιγράφονται αναλυτικά στις πολιτικές του Ι.Α. (σελ. 6):

https://www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CC%81%CF%82_%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%CC%81_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CC%81%CE%BF%CF%85_final.pdf

Περιεχόμενα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	1
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ	1
Συγγραφέας	1
Βασίλειος Μπελιάς	1
ΑΜ: 2126	1
Student name and surname: Vasilios Belias	2
Registration Number: 2126	2
Supervisor name and surname: Venetia Notara	2
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ.....	3
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
1. Εισαγωγή.....	10
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	11
1. Σύγχρονες εφαρμογές του IoT	11
2. Αρχιτεκτονική και τεχνολογίες IoT	16
3. Σημαντικά προβλήματα και προκλήσεις του IoT.....	21
3.1 Ζητήματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας	21
3.2 Προβλήματα διαλειτουργικότητας και προτύπων	22
3.3 Νομικά και ηθικά δικαιώματα.....	23
3.4 Διαθεσιμότητα, αξιοπιστία και ικανότητα κλιμάκωσης.....	23
3.5 Ποιότητα παρεχόμενων υπηρεσιών..... Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
4. Σημαντικότερες εφαρμογές του IoT.	25
4.1 Οικονομία, περιβάλλον και υγεία.....	25
4.2 Έξυπνες πόλεις, μεταφορές και οχήματα	26
4.3 Αυτοματοποίηση της γεωργίας και της βιομηχανίας	27
4.4 Η Σημασία της ανάλυσης των Big Data στο IoT	28
5. Περιβαλλοντική υγεία	32
5.1 Ορισμοί.....	32
5.2 Βασικές αρχές της περιβαλλοντικής υγείας	33
5.3 Τομείς παρακολούθησης της δημόσιας υγείας.....	38

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	40
1. Μεθοδολογία	40
2. Αποτελέσματα	42
2.1 Βασικά χαρακτηριστικά του IoT και η εφαρμογή τους στις περιπτώσεις περιβαλλοντικής υγείας με υψηλό βαθμό επικινδυνότητας	42
2.1.1 Βιομηχανία παροχής υπηρεσιών υγείας	42
2.1.2 Εφοδιαστική αλυσίδα τροφίμων.....	43
2.1.4 Εξορύξεις και βιομηχανία ενέργειας	45
2.1.5 Έξυπνα Οχήματα	46
2.1.6 Κτήρια και διαχείριση υποδομών.....	48
2.1.7 Εφαρμογές στη Γεωργία.....	49
2.2 Ειδικά χαρακτηριστικά των εφαρμογών IoT για την αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής υγείας.....	49
2.2.1 Αρχιτεκτονική Συστημάτων	49
2.2.2 Πληροφορίες σχετικά με τους αισθητήρες	52
2.2.3 Επικοινωνία	53
2.2.4 Συστήματα βάσεων δεδομένων (back-end).....	56
2.2.6. Προτεινόμενες λύσεις στα προβλήματα που αντιμετωπίζει η εφαρμογή του IoT στον τομέα της περιβαλλοντικής υγείας.....	56
3. Συμπεράσματα	62
4. Συζήτηση	63
5. Μελλοντικές κατευθύνσεις	65
Βιβλιογραφία	66

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι νέες τάσεις στα ολοκληρωμένα συστήματα πληροφοριών υποστηρίζονται από την αυξανόμενη ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των συσκευών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και των υποστηρικτικών τεχνολογιών του. Το IoT έχει αποδειχθεί ότι έχει μεγάλες δυνατότητες εφαρμογής στον κλάδο της περιβαλλοντικής υγείας, όπου επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό η ποιότητα ζωής του γενικού πληθυσμού. Οι εφαρμογές που βασίζονται στο IoT είναι έτοιμες να προσφέρουν ασφαλείς, αξιόπιστες και αποτελεσματικές λύσεις, λόγω της ικανότητάς τους να λειτουργούν με μεγάλη ακρίβεια και να παρέχουν πλούσιες πληροφορίες χαμηλού επιπέδου. Στην παρούσα διατριβή, πραγματοποιείται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, σχετικά με εφαρμογές που βασίζονται στο IoT στον τομέα της περιβαλλοντικής υγείας, με ιδιαίτερη έμφαση στον αγροτικό τομέα, την αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων, τις βιομηχανίες εξόρυξης και ενέργειας (πετρέλαιο & φυσικό αέριο και πυρηνικά), τις έξυπνες μεταφορές (π.χ. συνδεδεμένα οχήματα) και τη διαχείριση κτιρίων και υποδομής για εφαρμογές αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης μέχρι τα τέλη του 2022. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται επίσης και στις προκλήσεις που σχετίζονται με το IoT και τις προτεινόμενες λύσεις στα πλαίσια του ευρύτερου τομέα της περιβαλλοντικής υγείας. Τέλος, η διατριβή συνοψίζει τα ερευνητικά κενά και τις αναμενόμενες τάσεις του IoT στον τομέα.

Λέξεις κλειδιά: IoT, Internet of Things, περιβαλλοντική υγεία, εφαρμογές IoT

ABSTRACT

The active stance of advanced computing systems is supported by the development and early adoption of devices that use the Internet of Things (IoT) and technologies for operating them. IoT has been proven to have great potential for application in the field of environmental health, where it has a significant impact on the quality of life of the general population. Applications based on the IoT are ready to offer secure, reliable and effective solutions, thanks to their ability to work with high accuracy and provide ample data analysis at a low cost. The current thesis is a literature review related to the applications of IoT in the field of environmental health, with a focus on agricultural industries. Specific attention will also be given to transport and logistics, renewable energy sources, management of buildings and smart cities and sustainable land-use practices up to the end of 2022. Further emphasis is given also in questions related to IoT and proposed solutions in the context of the broader field of health. Finally, specific research challenges and anticipated trends in IoT in this sector are outlined.

Keywords: IoT, Environmental Health, Internet of things, IoT applications

1. Εισαγωγή

Η επιστήμη του περιβάλλοντος συμφωνεί σχετικά με τη δύσκολη πραγματικότητα των οικονομικών και περιβαλλοντικών ζητημάτων που επηρεάζουν το περιβάλλον, και υπογραμμίζει ζητήματα όπως η κλιματική κρίση, η υπερθέρμανση του πλανήτη, η ρύπανση των οικοσυστημάτων κ.α. αλλά και το ρόλο που παίζουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες στη διαμόρφωση της πραγματικότητας αυτής. Αυτά τα ζητήματα είναι επικίνδυνα για τον πλανήτη και απαιτούν τη λήψη κατάλληλων μέτρων για την αντιμετώπισή τους αφού επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα ζωής του μεγαλύτερου ποσοστού του γενικού πληθυσμού. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το λιώσιμο των πολικών πάγων που προκαλεί πλημμύρες, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας που καταστρέφει τις γεωργικές και αλιευτικές δραστηριότητες. Υπάρχουν πολλές αιτίες οικονομικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων που η ανθρωπότητα καλείται να αντιμετωπίσει στη σύγχρονη πραγματικότητα (Zandalinas, 2021).

Η ποικιλία αιτιών που προκαλούν περιβαλλοντική καταστροφή δυσχεραίνει την κατανόηση των αιτιών και των συνεπειών των βλαβών σε αυτό. Αυτές οι αιτίες και συνέπειες είναι συνήθως συνυφασμένες σε πολύπλοκες διαστάσεις πολιτικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών, τεχνολογικών, και παραγόντων. Παρ' όλα αυτά, κάποιες από τις κύριες αιτίες της περιβαλλοντικής καταστροφής οι οποίες αναφέρονται στη βιβλιογραφία συμπεριλαμβάνουν την υπερβολική οικονομική ανάπτυξη, την υπέρμετρη αύξηση του πληθυσμού, την και την πρόοδο της μηχανικής και της τεχνολογίας (Shazad, 2015). Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις, πρέπει γίνει η έγκαιρη λήψη μιας σειράς μέτρων, που θα υπερβαίνουν την απλή εισαγωγή των ανανεώσιμων και βιώσιμων πηγών ενέργειας και τον τερματισμό της καταστροφής του φυσικού τοπίου. Αντίθετα, πρέπει να εξεταστεί η εφαρμογή καινοτόμων λύσεων όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) για την αντιμετώπιση των ζητημάτων που συγκαταλέγονται στον τομέα της περιβαλλοντικής υγείας, καθώς το IoT παρέχει μια σειρά από πόρους και μια ποικιλία εργαλείων που βοηθούν τους κυβερνήσεις και τις αρχές να μειώσουν τις αρνητικές επιπτώσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας στον πλανήτη. (Aradhyamatada, 2020).

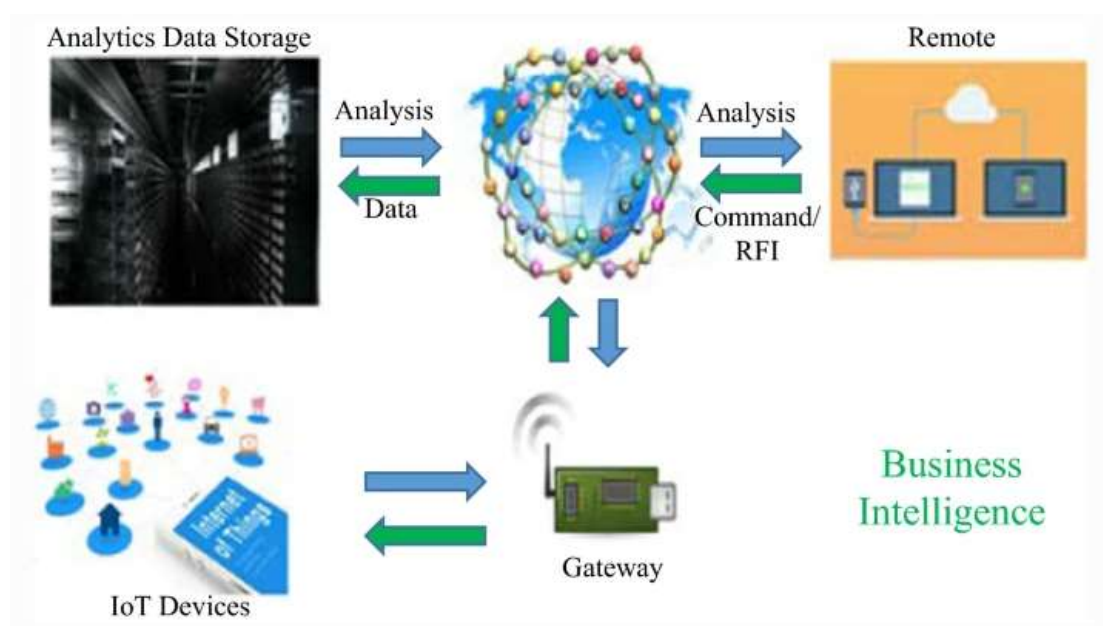
Τις τελευταίες δεκαετίες, η πρόοδος του IoT επέτρεψε σε οργανισμούς, κυβερνήσεις και καταναλωτές να αντιμετωπίσουν οικονομικά και περιβαλλοντικά ζητήματα με λύσεις εφικτές σε πρακτικό και οικονομικό επίπεδο. Ως εκ τούτου, αναμένεται ότι όλο και περισσότερα μέλη της επιστημονικής κοινότητας αλλά και του κοινού θα συμμετέχουν στο μέλλον σε οργανισμούς και προσπάθειες που θα έχουν σκοπό την συλλογή και την ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η έρευνα χαράζει μόνο την επιφάνεια μιας περίπλοκης επιστημονικής προσπάθειας που έχει ξεκινήσει και πρόκειται να ενταθεί τα επόμενα χρόνια. Επιπλέον, δεδομένου του αυξανόμενου αριθμού συνεργασιών που έχει δημιουργήσει το IoT μεταξύ διαφορετικών επιστημονικών τομέων, μέσω των λύσεων που προσφέρει, υπάρχει άμεση μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και του άνθρακα των βιομηχανιών, λόγω της εξοικονόμησης ενέργειας και των πιο έξυπνων λύσεων (Debauche, 2020).

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η σύνοψη των πιο πρόσφατων δεδομένων της βιβλιογραφίας, χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία της βιβλιογραφικής ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, σχετικά με την επίδραση τις εφαρμογές του IoT στην περιβαλλοντική υγεία.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Σύγχρονες εφαρμογές του IoT

Το Internet of Things (IoT) είναι ένας νέος τρόπος επικοινωνίας μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών και αισθητήρων που μπορεί να μας βοηθήσει να λύσουμε αρκετά προβλήματα που δημιουργούνται στην καθημερινότητα. Το IoT χρησιμοποιεί έξυπνες συσκευές και το διαδίκτυο προκειμένου να παρέχει καινοτόμες λύσεις σε προκλήσεις σε διάφορες επιχειρηματικές, κυβερνητικές και δημόσιες/ιδιωτικές πρωτοβουλίες παγκοσμίως. Το IoT αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της καθημερινότητας, που μπορεί να γίνει αισθητό σε πολλαπλές δραστηριότητες. Συνολικά, το IoT είναι μια καινοτομία που συγκεντρώνει μεγάλη ποικιλία έξυπνων συστημάτων, πλαισίων και έξυπνων συσκευών και αισθητήρων. Επιπλέον, εκμεταλλεύεται την κβαντική και τη νανοτεχνολογία για να βελτιώσει την ταχύτητα αποθήκευσης, ανίχνευσης και επεξεργασίας δεδομένων που δεν ήταν δυνατές στο παρελθόν (Εικόνα 1) (Kumar, 2019).



Εικόνα 1. Γενική αρχιτεκτονική του IoT (πηγή: Kumar, 2019)

Υπάρχουν πολλές ερευνητικές προσπάθειες και αναφορές ειδήσεων στο διαδίκτυο και σε έντυπη μορφή που απεικονίζουν την πιθανή αποτελεσματικότητα και εφαρμογή των εφαρμογών και των καινοτομιών που προσφέρει το IoT. Αποτελεί επίσης ένα χρήσιμο εργαλείο για το σχεδιασμό νέων καινοτόμων επιχειρήσεων, λαμβάνοντας υπόψη τα θέματα ασφάλειας, διασφάλισης και διαλειτουργικότητας (Kumar, 2019).

Μπορούν να παρατηρηθούν σημαντικές αλλαγές στην καθημερινότητα, με την αυξανόμενη χρήση συσκευών και τεχνολογιών IoT. Με τεχνολογία όπως smartphone και υπολογιστές, είναι πλέον δυνατός ο έλεγχος πολλών οικιακών παραμέτρων από τις συσκευές μας, όπως φώτα και έκυπνες συσκευές. Αυτές οι συσκευές αποκαλούνται και "έξυπνα οικιακά συστήματα". Αυτά τα συστήματα μπορούν να κάνουν τη ζωή του χρήστη ευκολότερη αυτοματοποιώντας με αξιοπιστία και καλή ενεργειακή διαχείριση συσκευές που χρησιμοποιούνται στην καθημερινότητα. (Zhou, 2017). Επίσης, ένα άλλο σημαντικό επίτευγμα του IoT είναι τα έξυπνα συστήματα αισθητήρων υγείας (Smart Health Sensor System - SHSS). Τα SHSS περιλαμβάνει μικρών διαστάσεων, έξυπνο εξοπλισμό και συσκευές για την υποστήριξη της ανθρώπινης υγείας. Αυτές οι συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους για τον έλεγχο και την παρακολούθηση διαφόρων προβλημάτων υγείας, του επιπέδου φυσικής κατάστασης ή της ποσότητας των θερμίδων που καίγονται κατά την άσκηση και ούτω καθεξής. Η παρακολούθηση ασθενών σε κρίσιμη κατάσταση σε νοσοκομεία και κέντρα τραύματος ή ακόμη και σε σπίτια είναι ένας ακόμη τομέας που έχουν εφαρμοστεί οι συγκεκριμένες τεχνολογίες. (Sfar, 2018).

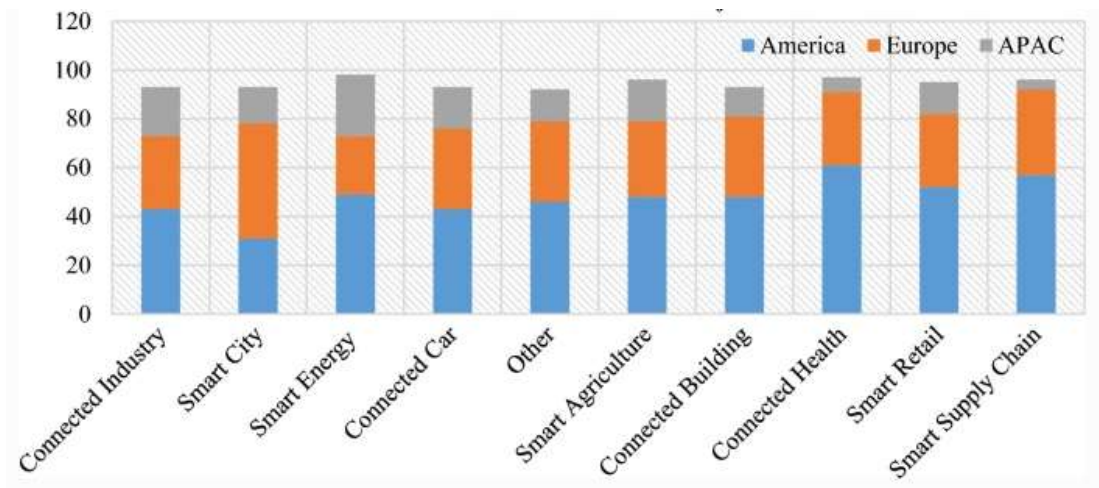
Ως εκ τούτου, έχει η σύγχρονη κλινική πρακτική, έχει αλλάξει σημαντικά, λόγω διευκολύνσεων που προέρχονται από την υψηλή τεχνολογία και τις έξυπνες συσκευές. Επιπλέον, προγραμματιστές και ερευνητές που σχετίζονται με το IoT συμμετέχουν ενεργά στην αναβάθμιση του τρόπου ζωής των ατόμων με αναπηρία και των ηλικιωμένων. Το IoT έχει επιδείξει ριζοσπαστικές λύσεις σε αυτόν τον τομέα και πρόσφερε νέες δυνατότητες και βελτίωση της ποιότητας ζωής στην καθημερινότητα αυτών των ανθρώπων. Αυτές οι συσκευές και ο εξοπλισμός είναι πολύ αποδοτικοί σε σχέση με το λόγο κόστος/απόδοσης, ενώ τις περισσότερες φορές είναι άμεσα διαθέσιμες σε ένα κανονικό εύρος τιμών, επιτρέποντας στους περισσότερους ανθρώπους να τις χρησιμοποιούν στην καθημερινή τους ζωή και να εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματά τους. (Montenegro, 2017).

Ο τομέας των μεταφορών και συγκοινωνιών είναι επίσης ακόμη ένας σημαντικός τομέας της καθημερινότητας σε παγκόσμιο επίπεδο. Το IoT έχει επιφέρει ορισμένες νέες εξελίξεις και τις έχει κάνει πιο αποτελεσματικές, βολικές και αξιόπιστες.

Έξυπνοι αισθητήρες και drones ελέγχουν πλέον την κυκλοφορία σε διάφορες διασταυρώσεις με σήμανση στις μεγάλες πόλεις. Επιπλέον, κυκλοφορούν οχήματα στην αγορά με προεγκατεστημένους αισθητήρες που είναι σε θέση να ανιχνεύουν την επερχόμενη κυκλοφοριακή συμφόρηση σε έναν χάρτη και μπορεί να προτείνουν εναλλακτικές διαδρομές με λιγότερη κίνηση. Επομένως, το IoT έχει προσφέρει πολλά σε διάφορες πτυχές της ζωής και της τεχνολογίας, με ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών όσον αφορά τη βελτίωση της τεχνολογίας και τη διευκόλυνση της ανθρωπότητας (Behrendt, 2019).

Το IoT φαίνεται ότι μπορεί να εφαρμοστεί με αξιόπιστα αποτελέσματα τόσο στη βιομηχανική όσο και στην οικονομική ανάπτυξη μιας περιοχής. Επιπλέον επαναστατικό βήμα θεωρείται τόσο στο εμπόριο όσο και στη χρηματιστηριακή αγορά. Ωστόσο, η ασφάλεια των δεδομένων και των πληροφοριών είναι μια σημαντική ανησυχία και ένα χαρακτηριστικό που είναι απαραίτητο. Το Διαδίκτυο, ως η μεγαλύτερη πηγή απειλών για την ασφάλεια και επιθέσεων στον κυβερνοχώρο, δημιούργησε διάφορους τρόπους πρόσβασης και κατέστησε τα δεδομένα και τις πληροφορίες ανασφαλή. Ωστόσο, το IoT δεσμεύεται να παρέχει τις καλύτερες δυνατές λύσεις για την αντιμετώπιση ζητημάτων ασφάλειας δεδομένων και πληροφοριών. Συνεπώς, ένας από τους σημαντικότερους τομείς στους οποίους πρέπει να δώσουν βάση οι εφαρμογές του IoT στον εμπορικό και οικονομικό τομέα σχετίζεται με την οικονομία και την ασφάλεια (Minoli, 2017).

Το IoT έχει τη δυνατότητα να παρέχει οφέλη σε διαφορετικούς τομείς, όπως περιβαλλοντικούς, βιομηχανικούς, δημόσιους/ιδιωτικούς, ιατρικούς, μεταφορές κ.λπ. Υπάρχουν αρκετές μελέτες που έχουν εξηγήσει το IoT με διαφορετικούς τρόπους με βάση τα συγκεκριμένα ενδιαφέροντα και πτυχές τους. Στην Εικόνα 2, απεικονίζονται τα διαφορετικά πεδία εφαρμογών του IoT και οι δυνατότητές του καθώς και το πλήθος των εφαρμογών του στα πεδία αυτά (Khajenasiri, 2017).



Εικόνα 2. Η κατανομή των εφαρμογών του IoT στις ΗΠΑ και την Ευρώπη ανάλογα με το πεδίο εφαρμογών του (Πηγή: Kumar, 2019).

Η έννοια της «έξυπνης πόλης» είναι ένας από τους μοντέρνους τομείς εφαρμογής του IoT, ο οποίος ενσωματώνει έξυπνα σπίτια και άλλες συσκευές με δυνατότητες IoT. Ένα "έξυπνο σπίτι" περιλαμβάνει οικιακές συσκευές με δυνατότητα IoT, συστήματα κλιματισμού/θέρμανσης, τηλεόρασης, συσκευών ροής ήχου/βίντεο και συστήματα ασφαλείας που επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω κεντρικών μονάδων ελέγχου που βασίζονται στο IoT για να παρέχουν την καλύτερη δυνατή άνεση, ασφάλεια και μειωμένη κατανάλωση ενέργειας. Η έννοια και η εφαρμογές που σχετίζονται με τα «έξυπνα σπίτια» και τις «έξυπνες πόλεις» έχει αυξηθεί την τελευταία δεκαετία και υπάρχει μεγάλη ερευνητική δραστηριότητα γύρω από αυτήν (Samuel, 2016).

Η τεχνολογία των «έξυπνων σπιτιών», σύμφωνα με τα δεδομένα της βιβλιογραφίας εκτιμάται ότι θα φτάσει μέχρι και 100 δισεκατομμύρια δολάρια σε ετήσια βάση μέχρι το 2025. Αυτό οφείλεται στην αυξανόμενη δημοτικότητα των έξυπνων κατοικιών, οι οποίες προσφέρουν τόσο εσωτερική άνεση όσο και εξοικονόμηση κόστους σε τομείς όπως η κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, οι έξυπνες πόλεις γίνονται όλο και πιο αποτελεσματικές όσον αφορά τα οχήματα και την κυκλοφορία τους, με πολλά σύγχρονα αυτοκίνητα να ενσωματώνουν έξυπνες συσκευές και αισθητήρες που ελέγχουν μια ποικιλία εξαρτημάτων. Το IoT εργάζεται για την ανάπτυξη ενός νέου συστήματος έξυπνων αυτοκινήτων που θα ενσωματώνει

ασύρματη επικοινωνία μεταξύ αυτοκινήτου - οδηγών και οδηγού άλλων αυτοκινήτων με στόχο μία ασφαλή και άνετη εμπειρία οδήγησης (Liu, 2012).

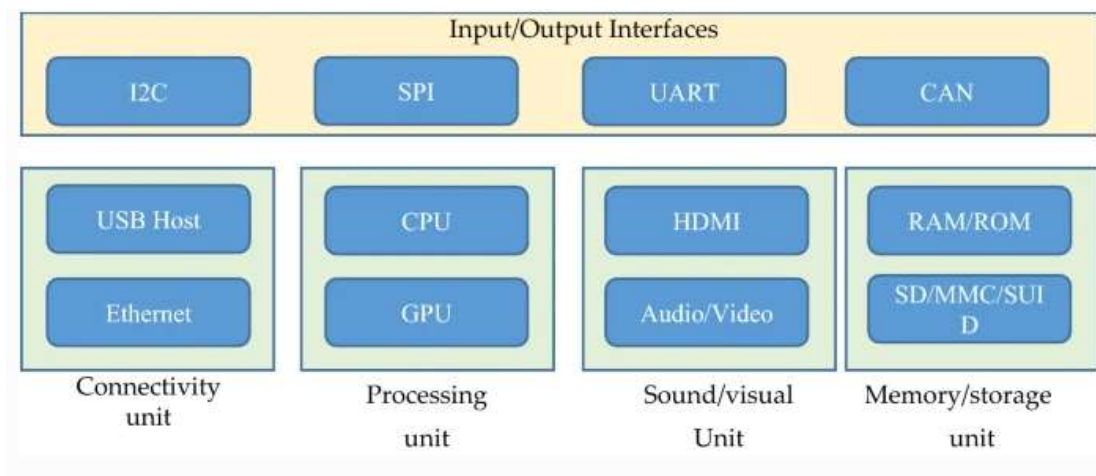
Σε πρόσφατες μελέτες, σχετικά με τις λύσεις IoT για τον έξυπνο έλεγχο ενέργειας προς όφελος των εφαρμογών της έξυπνης πόλης, βρέθηκε ότι επί παρόντος το IoT έχει αναπτυχθεί σε πολύ λίγες εφαρμογές, αλλά έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετήσει πολλοί περισσότερες. Υποστηρίζεται επίσης ότι η ενεργειακή εξοικονόμηση είναι σημαντική για το κοινωνικό σύνολο και ότι το IoT μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας που εξοικονομούν ενέργεια και πόρους. Ωστόσο, υπάρχει επίσης ένα ισχυρό επιχείρημα ότι οι απαιτήσεις είναι υψηλές σε σχέση με το υλισμικό και το λογισμικό που υπάρχουν στην παρούσα κατάσταση. Από την άλλη πλευρά, υπάρχει αισιοδοξία ότι τα ζητήματα αυτά θα αντιμετωπιστούν, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν αξιόπιστα, αποτελεσματικά και φιλικά προς τον χρήστη συστήματα IoT. (Samuel, 2016).

2. Αρχιτεκτονική και τεχνολογίες IoT

Η βασική αρχιτεκτονική του IoT αποτελείται από πέντε επίπεδα που ορίζουν όλη τη λειτουργικότητα των συστημάτων αυτών. Αυτά τα επίπεδα είναι το επίπεδο αντίληψης, το επίπεδο δικτύου, το επίπεδο ενδιάμεσου λογισμικού, το επίπεδο εφαρμογής και το επίπεδο διαχείρισης (Olivier, 2015). Στη βάση της αρχιτεκτονικής, υπάρχει το επίπεδο αντίληψης που αποτελείται από φυσικές συσκευές, όπως αισθητήρες, τσιπ RFID και γραμμωτούς κώδικες (barcodes). Αυτές οι συσκευές συλλέγουν πληροφορίες και τις παραδίδουν στο επίπεδο δικτύου, το οποίο τις μεταδίδει στο σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών. Το επίπεδο δικτύου λειτουργεί ως μέσο μετάδοσης για να μεταφέρει στην ουσία τις πληροφορίες από το επίπεδο αντίληψης στο σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών. Αυτή η μετάδοση πληροφοριών μπορεί να χρησιμοποιεί οποιοδήποτε ενσύρματο/ασύρματο μέσο, όπως τα 3G/4G, Wi-Fi, Bluetooth κ.λπ. Το επίπεδο του ενδιάμεσου λογισμικού επεξεργάζεται τις πληροφορίες που λαμβάνει από το επίπεδο δικτύου και λαμβάνει αποφάσεις με βάση τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται από ένα υπολογιστικό σύστημα που υπάρχει σε όλα τα επίπεδα. Στη συνέχεια, οι επεξεργασμένες πληροφορίες χρησιμοποιούνται από

το επίπεδο εφαρμογής για τη συνολική διαχείριση συσκευών. Το τελικό επίπεδο (business level) ελέγχει το συνολικό σύστημα IoT, τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες του. Οπτικοποιεί τις πληροφορίες και τα στατιστικά στοιχεία που λαμβάνονται από το επίπεδο εφαρμογής και χρησιμοποιεί περαιτέρω αυτή τη γνώση για να σχεδιάσει μελλοντικούς στόχους και στρατηγικές. Σημαντικό πλεονέκτημα, αποτελεί επίσης ότι, η αρχιτεκτονική του IoT μπορεί να τροποποιηθεί ανάλογα με την ανάγκη και τον τομέα εφαρμογής (Sebastian, 2015).

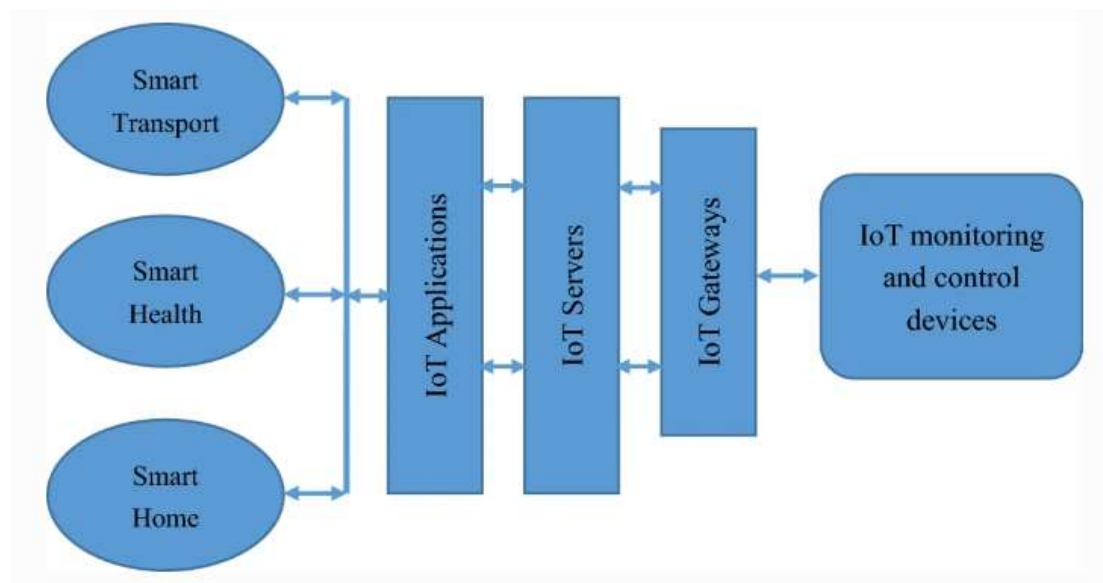
Εκτός από το πολυεπίπεδο πλαίσιο, ένα σύστημα IoT αποτελείται από πολλά λειτουργικά μπλοκ που υποστηρίζουν διάφορες δραστηριότητες IoT, όπως μηχανισμούς ανίχνευσης, έλεγχο ταυτότητας και ταυτοποίηση, έλεγχο και διαχείριση (Sebastian, 2015). Η Εικόνα 3 απεικονίζει σχηματικά αυτά τα μπλοκ της αρχιτεκτονικής του IoT.



Εικόνα 3. Ένα γενικό μοντέλο λειτουργίας ενός τυπικού συστήματος IoT (Πηγή: (Sebastian, 2015)

Υπάρχουν πολλά σημαντικά λειτουργικά μπλοκ που είναι υπεύθυνα για λειτουργίες εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων, ζητήματα συνδεσιμότητας, επεξεργασία, παρακολούθηση ήχου/βίντεο και διαχείριση αποθήκευσης. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά εμπλέκονται για τη δημιουργία αποτελεσματικών συστημάτων IoT, κάτι το οποίο αντικατοπτρίζεται και στη μέγιστη απόδοσή τους. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη αρκετές αρχιτεκτονικές αναφορές που προτείνονται σε συνδυασμό με τις απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές, αλλά αυτές εξακολουθούν να μην πλησιάζουν

την τυπική αρχιτεκτονική που είναι κατάλληλη για τις παγκόσμιες ανάγκες σε σχέση με το IoT. Επομένως, είναι επιτακτική ανάγκη να σχεδιαστεί μια κατάλληλη αρχιτεκτονική που θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε παγκόσμιο επίπεδο σε σχέση με τις εφαρμογές του IoT. Η γενική δομή λειτουργίας ενός συστήματος IoT φαίνεται στην Εικόνα 4. Η οποία δείχνει την εξάρτηση ενός συστήματος IoT από συγκεκριμένες παραμέτρους εφαρμογής. Οι πύλες IoT διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία IoT καθώς επιτρέπουν τη σύνδεση μεταξύ διακομιστών IoT και συσκευών IoT που σχετίζονται με πολλές εφαρμογές (Hu, 2018).

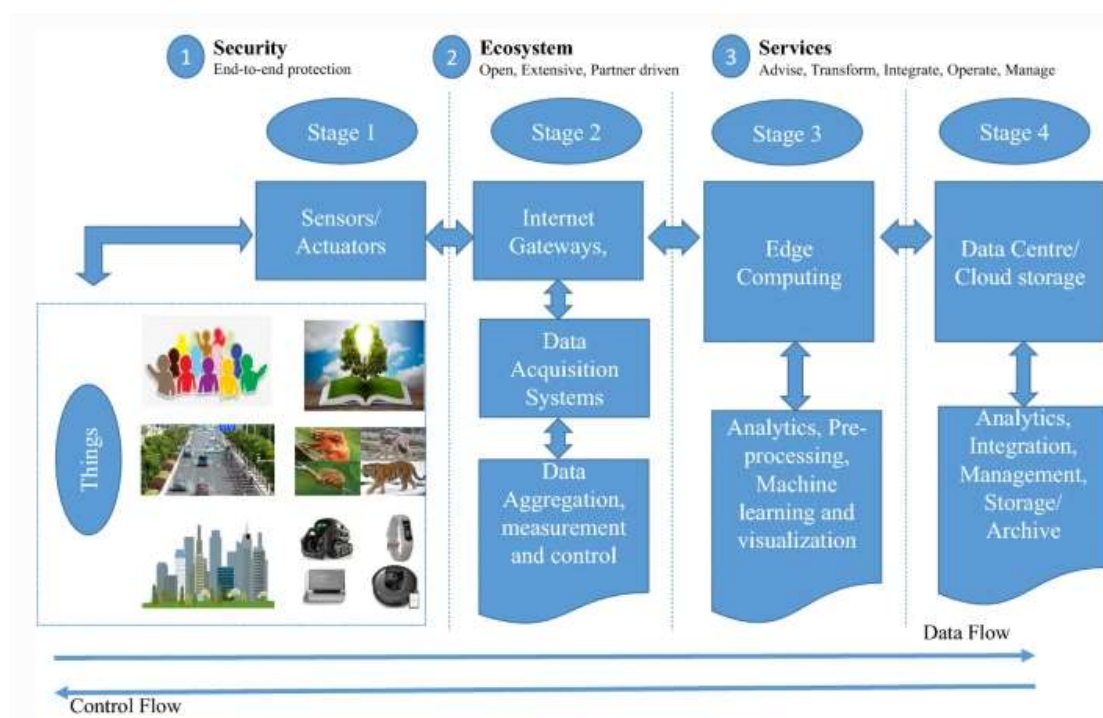


Εικόνα 4. Λειτουργική δομή ενός τυπικού συστήματος IoT (Πηγή: Hu, 2018).

Τα βασικά ζητήματα σχεδιασμού για μια αποτελεσματική αρχιτεκτονική IoT σε ένα ετερογενές περιβάλλον είναι η επεκτασιμότητα, η ικανότητα κλιμάκωσης, η διαλειτουργικότητα και το ελεύθερη πρόσβαση στο λογισμικό του. Η αρχιτεκτονική του IoT πρέπει να σχεδιαστεί ώστε να πληροί τις απαιτήσεις των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τομέων, της ολοκλήρωσης πολλαπλών συστημάτων, της πιθανής απλότητας των λειτουργιών διαχείρισης, της ανάλυσης και αποθήκευσης μεγάλων δεδομένων και των φιλικών προς τον χρήστη εφαρμογών. Η αρχιτεκτονική του κάθε συστήματος IoT πρέπει να είναι σε θέση να βελτιώσει τη λειτουργικότητα του συστήματος στις

περιπτώσεις που χρειάζεται και να προσθέσει μέσω τεχνητής νοημοσύνης αυτοματισμούς (Yaqoob, 2017).

Επιπλέον, ο αυξανόμενος όγκος μαζικών δεδομένων που παράγονται μέσω της επικοινωνίας μεταξύ αισθητήρων και συσκευών IoT είναι μια νέα πρόκληση που έχει να αντιμετωπίσει αυτή η σχετικά νέα τεχνολογία. Επομένως, απαιτείται μια αποτελεσματική αρχιτεκτονική για την αντιμετώπιση αυτού του τεράστιου όγκου δεδομένων στα συστήματα IoT. Δύο δημοφιλείς αρχιτεκτονικές για την αντιμετώπιση αυτού του τεράστιου όγκου δεδομένων σε συστήματα IoT είναι το υπολογιστικό νέφος (cloud computing) και η υπολογιστική ομίχλης (fog computing). Και οι δύο αυτές τεχνολογίες υποστηρίζουν το χειρισμό, την παρακολούθηση και την ανάλυση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων. Επομένως, οι σύγχρονες αρχιτεκτονικές των συστημάτων IoT είναι στην ουσία αρχιτεκτονικές 4 σταδίων, όπως είναι η αρχιτεκτονική που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5) (Yaqoob, 2017).



Εικόνα 5. Σχηματική απεικόνιση των τεσσάρων σταδίων της αρχιτεκτονικής IoT με σκοπό τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων.

Στο πρώτο στάδιο της αρχιτεκτονικής, οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο. Ο πραγματικός κόσμος αποτελείται από περιβάλλον,

ανθρώπους, ζώα, ηλεκτρονικά gadget, έξυπνα οχήματα και κτίρια. Οι αισθητήρες έχουν τη δυνατότητα ανίχνευσης δεδομένων και σημάτων από αυτές τις δραστηριότητες του πραγματικού κόσμου και τις μετατρέπουν σε αξιοποιήσιμα για περαιτέρω ανάλυση δεδομένα. Επιπλέον, οι ενεργοποιητές είναι σε θέση να παρεμβαίνουν στην πραγματικότητα, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να ελέγχουν τη θερμοκρασία του δωματίου, να επιβραδύνουν την ταχύτητα του οχήματος, να απενεργοποιούν τη μουσική και το φως κ.λπ. Επομένως, το στάδιο 1 είναι υπεύθυνο για τη συλλογή δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο θα μπορούσε να είναι χρήσιμη για περαιτέρω ανάλυση (Ray, 2018).

Το δεύτερο στάδιο είναι υπεύθυνο για τη σύνδεση των ενεργοποιητών και των αισθητήρων με τα συστήματα συλλογής δεδομένων και την πύλη. Φαίνεται επομένως ότι δημιουργείται σημαντικός όγκος δεδομένων από το πρώτο στάδιο. Τα δεδομένα αυτά αρχικά συγκεντρώνονται και στη συνέχεια βελτιστοποιούνται σε μορφή είναι επεξεργάσιμη στο στάδιο 2. Μόλις τα δεδομένα δομηθούν και βελτιστοποιηθούν σύμφωνα με ορισμένα πρότυπα, είναι έτοιμα να προχωρήσουν στο στάδιο 3 που ονομάζεται και στάδιο edge computing (υπολογιστικής αιχμής). Το Edge computing είναι μια ανοιχτή αρχιτεκτονική για τη χρήση τεχνολογιών IoT και τεράστιας υπολογιστικής ισχύος από διαφορετικές τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο. Αυτή είναι μια πολύ ισχυρή προσέγγιση για την επεξεργασία δεδομένων ροής και είναι κατάλληλη για να χρησιμοποιηθεί από τα συστήματα IoT. Στο Στάδιο 3, οι τεχνολογίες υπολογιστών αιχμής ασχολούνται με τεράστιες ποσότητες δεδομένων και παρέχουν διάφορες λειτουργίες, όπως οπτικοποίηση, ενσωμάτωση δεδομένων από άλλες πηγές, ανάλυση με χρήση μεθόδων μηχανικής μάθησης (Yu, 2017, Qiu, 2020).

Το τελικό στάδιο συμπεριλαμβάνει διάφορες βασικές δραστηριότητες, όπως είναι της διεξοδικής επεξεργασίας και ανάλυσης και η ανατροφοδότηση με σκοπό τη βελτίωση της συνολικής ακρίβειας του συστήματος. Σε αυτή τη φάση, όλη η επεξεργασία γίνεται σε διακομιστές νέφους ή σε κέντρα δεδομένων, χρησιμοποιώντας πλαίσια big data όπως είναι τα πλαίσια Hadoop και Spark για τη διαχείριση αυτών των μεγάλων ροών δεδομένων και την εφαρμογή προσεγγίσεων μηχανικής μάθησης για την ανάπτυξη ακριβέστερων και πιο αξιόπιστων συστημάτων IoT. Σε αυτό το βήμα, η

ανάπτυξη καλύτερων μοντέλων πρόβλεψης μπορούν να βοηθήσουν περαιτέρω τη διαδικασία (Samizadeh, 2021).

3. Σημαντικά προβλήματα και προκλήσεις του IoT

Καθώς τα συστήματα που βασίζονται στο IoT εμπλέκονται περισσότερο σε όλες τις πτυχές της ανθρώπινης ζωής και με την αυξανόμενη χρήση των τεχνολογιών μεταφοράς δεδομένων μεταξύ ενσωματωμένων συσκευών, έχουν προκύψει ορισμένα ζητήματα. Αυτές οι προκλήσεις αποτελούν πρόκληση και για τους προγραμματιστές IoT, οι οποίοι πρέπει να συμβαδίζουν με τις τελευταίες εξελίξεις στην τεχνολογία. Καθώς η τεχνολογία γίνεται πιο περίπλοκη, οι προγραμματιστές πρέπει να γνωρίζουν τα νέα ζητήματα που μπορεί να προκύψουν και να βρουν λύσεις για αυτά.

3.1 Ζητήματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας

Ένα από τα πιο σημαντικά και προβλήματα που έχουν προκύψει με το IoT είναι η ασφάλεια και το απόρρητο των συσκευών λόγω πολλών απειλών και επιθέσεων στον κυβερνοχώρο, οι οποίες εκμεταλλεύονται τα τρωτά σημεία του. Τα ζητήματα που δημιουργούν ελλείψεις στο απόρρητο σε επίπεδο συσκευής είναι η ανεπαρκής εξουσιοδότηση και ο ανεπαρκής έλεγχος ταυτότητας, το μη ασφαλές λογισμικό, το υλικολογισμικό, η διαπαφή με τον παγκόσμιο ιστό και η κακή κρυπτογράφηση του επιπέδου μεταφοράς. Η ασφάλεια και το απόρρητο είναι πολύ σημαντικές παράμετροι για την ανάπτυξη εμπιστοσύνης ως προς τα συστήματα IoT. Πρέπει να ενσωματωθούν μηχανισμοί ασφαλείας σε κάθε επίπεδο της αρχιτεκτονικής του IoT για την πρόληψη απειλών και επιθέσεων ασφαλείας. Πολλά πρωτόκολλα αναπτύχθηκαν και συνεχίζουν να αναπτύσσονται αποτελεσματικά σε κάθε επίπεδο καναλιού επικοινωνίας για να διασφαλιστεί η ασφάλεια και το απόρρητο σε συστήματα που βασίζονται στο IoT (Da, 2014).

Το Secure Socket Layer και το Datagram Transport Layer Security είναι δύο από τα κρυπτογραφικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την παροχή λύσεων ασφαλείας σε διάφορα συστήματα IoT. Ωστόσο, ορισμένες εφαρμογές IoT έχουν διαφορετικές μεθοδολογικές απαιτήσεις ώστε με την υλοποίησή τους να διασφαλιστεί

η ασφάλεια της επικοινωνίας ανάμεσα στις συσκευές IoT. Εκτός από αυτό, εάν η επικοινωνία πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ασύρματες τεχνολογίες εντός του συστήματος IoT, τότε το σύστημα γίνεται πιο ευάλωτο σε κινδύνους ασφαλείας (Pei, 2016).

Επομένως, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αναπτυχθούν ορισμένες μέθοδοι για τον εντοπισμό κακόβουλων ενεργειών και για την ανάκτηση των δεδομένων. Το απόρρητο, από την άλλη πλευρά, είναι μια άλλη σημαντική ανησυχία που επιτρέπει στους χρήστες να αισθάνονται ασφαλείς και άνετοι όταν χρησιμοποιούν λύσεις IoT. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να διατηρηθεί η εξουσιοδότηση και ο έλεγχος ταυτότητας μέσω ενός ασφαλούς δικτύου για τη δημιουργία επικοινωνίας μεταξύ αξιόπιστων μερών. Ένα άλλο ζήτημα είναι ότι οι πολιτικές απορρήτου διαφορετικών αντικειμένων που επικοινωνούν μέσα στο σύστημα IoT ποικίλλουν. Επομένως, κάθε αντικείμενο θα πρέπει να μπορεί να επαληθεύει τις πολιτικές απορρήτου άλλων αντικειμένων πριν από την τελική μετάδοση των δεδομένων (Roman, 2011).

3.2 Προβλήματα διαλειτουργικότητας και προτύπων

Η διαλειτουργικότητα είναι η ικανότητα διαφορετικών συσκευών και συστημάτων IoT να επικοινωνούν μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί καθώς χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνολογίες και λύσεις στην ανάπτυξη του IoT, γεγονός που καθιστά πρόκληση τη διασύνδεση των διαφόρων συσκευών μεταξύ τους. Υπάρχουν τέσσερα επίπεδα διαλειτουργικότητας, το τεχνικό, το σημασιολογικό, το συντακτικό και το οργανωτικό (Konduru, 2017). Διάφορες λειτουργίες παρέχονται από τα συστήματα IoT με σκοπό τη βελτίωση της διαλειτουργικότητας και συνεπώς τη διασφάλιση της επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών αντικειμένων σε ένα ετερογενές περιβάλλον. Επιπλέον, είναι δυνατή η συγχώνευση διαφορετικών πλατφορμών IoT με βάση τις λειτουργίες τους για την παροχή διαφόρων λύσεων για τους χρήστες του IoT (Colacovic, 2018).

Θεωρώντας τη διαλειτουργικότητα ως σημαντικό ζήτημα, οι ερευνητές ενέκριναν διάφορες λύσεις που μπορούν να ονομαστούν με τον ευρύτερο όρο «προσεγγίσεις

χειρισμού διαλειτουργικότητας». Αυτές οι λύσεις μπορούν να βασίζονται σε προσαρμογείς/πύλες, εικονικά δίκτυα/επικαλύψεις ή αρχιτεκτονικές προσανατολισμένες στις υπηρεσίες. Αν και αυτές οι προσεγγίσεις χειρισμού μειώνουν κάποια πίεση στα συστήματα IoT, εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν, προκειμένου να βελτιωθεί η διαλειτουργικότητα (Calconic, 2018).

3.3 Νομικά και ηθικά δικαιώματα

Μια άλλη πρόκληση για τους προγραμματιστές IoT είναι η ηθική, αλλά και τα νομικά και ρυθμιστικά δικαιώματα. Υπάρχουν κανόνες και κανονισμοί που πρέπει να ακολουθηθούν για να διατηρηθούν τα πρότυπα, οι ηθικές αξίες και για να αποτραπεί η παραβίασή τους από τους χρήστες. Η ηθική και ο νόμος είναι δύο παρόμοιες έννοιες, ωστόσο υπάρχει η σημαντική διαφορά ενώ η ηθική είναι ένα πρότυπο στο οποίο πιστεύουν οι άνθρωποι, από την άλλη πλευρά ο νόμος είναι ένα σύνολο περιορισμών που τίθενται από αρμόδιες αρχές. Το κοινό τους γνώρισμα είναι ότι τόσο η ηθική όσο και οι νόμοι αποσκοπούν στη διατήρηση των προτύπων και της ποιότητας και στην αποτροπή της παράνομης χρήσης των υλοποιήσεων του λογισμικού (Tzafestad, 2018).

Η ασφάλεια των δεδομένων, η προστασία του απορρήτου, η εμπιστοσύνη και η ασφάλεια και η χρηστικότητα των δεδομένων είναι μερικές από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι χρήστες του IoT. Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι η πλειονότητα των ανθρώπων υποστηρίζει τους κυβερνητικούς κανόνες και κανονισμούς όσον αφορά την προστασία δεδομένων, το απόρρητο και την ασφάλεια, καθώς δεν έχουν εμπιστοσύνη στις συσκευές που χρησιμοποιούν το IoT. Επομένως, αυτό είναι ένα σημαντικό ζήτημα το οποίο πρέπει να ληφθεί υπόψη με σκοπό τη διατήρηση και τη βελτίωση της εμπιστοσύνης σχετικά με τη χρήση των συσκευών και των συστημάτων IoT (Tzafestad, 2018).

3.4 Διαθεσιμότητα, αξιοπιστία και ικανότητα κλιμάκωσης

Ένα σύστημα είναι επεκτάσιμο εάν μπορεί να τροποποιηθεί για να φιλοξενήσει πρόσθετες υπηρεσίες, συσκευές και εξοπλισμό χωρίς να υποβαθμίσει την απόδοσή του. Το σημαντικότερο ζήτημα των εφαρμογών IoT είναι ότι χρειάζονται μεγάλο αριθμό συσκευών και έχουν ετερογενείς δυνατότητες επεξεργασίας, μνήμης, αποθήκευσης και ευριζωνικότητας. Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η διαθεσιμότητα του συστήματος. Τόσο η επεκτασιμότητα όσο και η διαθεσιμότητα θα πρέπει να εφαρμόζονται στο πολυεπίπεδο πλαίσιο του IoT για να διασφαλιστεί ότι το δίκτυο μπορεί να χειριστεί μεγάλο αριθμό συσκευών. Ένα παράδειγμα ενός συστήματος με τα δύο αυτά χαρακτηριστικά είναι τα συστήματα IoT που βασίζονται στην υπολογιστική νέφος και που μπορούν να προσθέσουν νέες συσκευές, δε διαφορετικές ικανότητες αποθήκευσης και επεξεργαστικής ισχύς ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος (Pereira, 2014).

Ωστόσο, επειδή το παγκόσμιο καταναμημένο δίκτυο IoT παρέχει μία νέα σχετικά ερευνητική προσπάθεια, είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί ένα ομαλό πλαίσιο IoT που να ικανοποιεί τις παγκόσμιες ανάγκες. Μια άλλη πρόκληση είναι η διαθεσιμότητα πόρων στα αυθεντικά αντικείμενα, ανεξάρτητα από το πού βρίσκονται ή πότε χρειάζονται. Στην αποκεντρωμένη λειτουργία, πολλά δίκτυα IoT που έχουν μικρότερο μέγεθος συνδέονται στην παγκόσμια πλατφόρμα IoT και χρησιμοποιούν τους πόρους και τις υπηρεσίες της παγκόσμιας αυτής πλατφόρμας. Αυτό καθιστά τη διαθεσιμότητα ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα. Επειδή χρησιμοποιούνται διαφορετικά κανάλια μετάδοσης δεδομένων, τόσο ορισμένες υπηρεσίες, όσο και η διαθεσιμότητα πόρων ενδέχεται να διακοπούν. Επομένως, απαιτείται ένα ανεξάρτητο και αξιόπιστο κανάλι μετάδοσης δεδομένων για την αδιάλειπτη διαθεσιμότητα πόρων και υπηρεσιών (Kumar, 2019).

3.5 Οι ποιοτική αποτίμηση των παρεχόμενων υπηρεσιών

Η ποιότητα υπηρεσίας είναι ένα άλλο βασικό στοιχείο του IoT. Η ποιότητα των υπηρεσιών μπορεί να καθοριστεί σαν ένας τρόπος αξιολόγησης της αποδοτικότητας και της απόδοσης αρχιτεκτονικών, των συσκευών και των συστημάτων του IoT. Τα μέτρα έκβασης που σχετίζονται με την ποιότητα υπηρεσιών και τα οποία σχετίζονται με τις IoT εφαρμογές είναι η αξιοπιστία, η κατανάλωση ενέργειας, η ασφάλεια, ο

χρόνος εξυπηρέτησης, η διαθεσιμότητα και το κόστος. Οι πιο ολοκληρωμένες εφαρμογές IoT πρέπει να πληρούν τα πρότυπα των υπηρεσιών ποιότητας. Επιπλέον, για να διασφαλιστεί η αξιοπιστία οποιασδήποτε υπηρεσίας ή συσκευής IoT, πρέπει πρώτα αρχικά να καθοριστούν οι επιδόσεις τους σε αυτούς τους τομείς (Huo, 2016).

Για να αποκτήσετε την καλύτερη δυνατή ποιότητα υπηρεσιών (QoS), πρέπει να τα συστήματα να μπορούν να κατανοήσουν τις ιδιαίτερες ανάγκες για τις οποίες εφαρμόζονται και, στη συνέχεια, να ληφθούν αποφάσεις για τις καλύτερες μεθόδους μέτρησής της ποιότητας αφού υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι για τη μέτρηση της ποιότητας των υπηρεσιών. Επομένως, πρέπει να αναπτυχθούν μοντέλα καλής ποιότητας για να ξεπεραστεί αυτή η αντιστάθμιση. Υπάρχουν ορισμένα μοντέλα προτύπων ποιότητας τα οποία είναι διαθέσιμα στη βιβλιογραφία, όπως είναι για παράδειγμα το ISO/IEC25010 και το OASIS-WSQM, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό των προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των QoS. Αυτά τα μοντέλα παρέχουν ένα ευρύ φάσμα παραγόντων ποιότητας που είναι αρκετά επαρκείς για την αξιολόγηση QoS όσον αφορά τις υπηρεσίες IoT (Karatzoglu, 2017).

4. Σημαντικότερες εφαρμογές του IoT.

4.1 Οικονομία, περιβάλλον και υγεία

Το IoT έχει διαπιστωθεί ότι μπορεί να παρέχει πλεονεκτήματα όσον αφορά την οικονομία και την ανάπτυξη τόσο στην κοινωνία σαν σύνολο όσο και στους ανθρώπους σαν άτομα. Αυτό περιλαμβάνει αρκετούς τομείς όπως, η συντήρηση της ποιότητας του νερού, η γενικότερη ευημερία, η εκβιομηχάνιση και η οικονομική ανάπτυξη. Συνολικά, γίνεται μία σημαντική προσπάθεια ανάπτυξης εφαρμογών IoT

για να επιτευχθούν οι κοινωνικοί, υγειονομικοί και οικονομικοί στόχοι που έχουν προταθεί στην αναφορά της σχετικής πρότασης των Ηνωμένων Εθνών για το IoT (Colacovic, 2018).

Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα είναι ακόμη ένα σημαντικό μέλημα για τους προγραμματιστές του IoT και ο σκοπός είναι να ξεπεραστεί ο αρνητικός αντίκτυπος των συστημάτων και συσκευών IoT σε σχέση με το ενεργειακό τους αποτύπωμα. Η μειωμένη κατανάλωσης ενέργειας από συσκευές IoT είναι μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις είναι ένας από τους παράγοντες επηρεάζουν την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται ραγδαία λόγω της χρήσης του διαδικτύου και των συσκευών με προηγμένες δυνατότητες που χρησιμοποιούνται από τις εφαρμογές του IoT. Αυτός ο τομέας χρειάζεται περισσότερη μελέτη, προκειμένου να αναπτυχθούν πιο ενεργειακά αποδοτικές συσκευές IoT. Επιπλέον, οι πράσινες τεχνολογίες είναι τεχνολογίες που μπορούν να ενσωματωθούν στο IoT για τη δημιουργία πιο αποτελεσματικών εφαρμογών και συσκευών που είναι και φιλικές προς το περιβάλλον. Ερευνητές και μηχανικοί ασχολούνται με την ανάπτυξη πιο ενεργειακά αποδοτικών συσκευών IoT για την παρακολούθηση πολλών προβλημάτων υγείας, όπως ο διαβήτης, η παχυσαρκία ή η κατάθλιψη (Fafoutis, 2016).

4.2 Έξυπνες πόλεις, μεταφορές και οχήματα

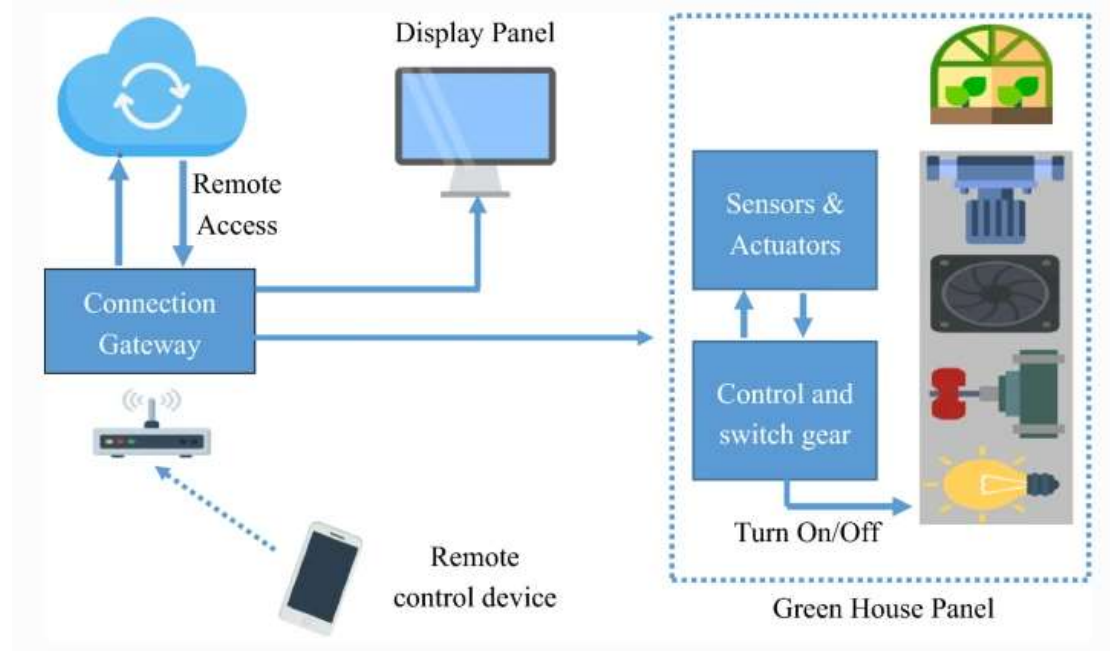
Το IoT, δηλαδή η έξυπνη πόλη, το έξυπνο σπίτι, το έξυπνο αυτοκίνητο και οι έξυπνες μεταφορές, μετατρέπει τις παραδοσιακές αστικές δομημένες κοινωνίες σε δομές υψηλής τεχνολογίας. Γίνονται γρήγορες βελτιώσεις με τη βοήθεια τεχνολογιών υποστήριξης όπως η μηχανική εκμάθηση και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας για την κατανόηση της ανάγκης για τεχνολογία και τη χρήση της στο σπίτι. Διάφορες τεχνολογίες, όπως η τεχνολογία διακομιστών cloud και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους διακομιστές IoT για να παρέχουν μια αποτελεσματική έξυπνη πόλη. Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι να ληφθεί υπ' όψιν το περιβαλλοντικό αντίκτυπο μιας έξυπνης πόλης. Ως εκ τούτου, οι τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας και οι πράσινες τεχνολογίες πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό υποδομών έξυπνων πόλεων (Park, 2018).

Οι έξυπνες συσκευές οι οποίες έχουν δυνατότητες ενσωμάτωσης στα αυτοκίνητα, προτάθηκαν την τελευταία δεκαετία και έχουν τη δυνατότητα να ανιχνεύουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση και να προτείνουν τις καλύτερες εναλλακτικές διαδρομές για τους οδηγούς. Αυτό θα μπορούσε να συμβάλει στην αντιμετώπιση του προβλήματος της κυκλοφοριακής συμφόρησης στις πόλεις. Επιπλέον, οι έξυπνες συσκευές με βέλτιστο κόστος πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να ενσωματώνονται σε οχήματα όλων των οχημάτων για την παρακολούθηση της δραστηριότητας του κινητήρα. Το IoT είναι επίσης αποτελεσματικό την ανίχνευση προβλημάτων στη λειτουργία του αυτοκινήτου. Τα αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν με άλλα αυτόνομα οχήματα μέσω έξυπνων αισθητήρων. Αυτό θα έκανε τη ροή της κυκλοφορίας πιο ομαλή σε σύγκριση με την κυκλοφορία συμβατικών αυτοκινήτων που οδηγούνται από ανθρώπους που συνηθίζουν να οδηγούν με ένα μοτίβο στάσης και κίνηση. Αυτό το μέτρο θα χρειαστεί χρόνο για να εφαρμοστεί παγκοσμίως. Μέχρι τότε, οι συσκευές IoT μπορούν να βοηθήσουν ανιχνεύοντας κυκλοφοριακή συμφόρηση στο μέλλον και μπορούν να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα. Ως εκ τούτου, οι κατασκευαστές μέσω μεταφοράς πρέπει να ενσωματώσουν συσκευές IoT στα κατασκευασμένα οχήματά τους για να παρέχουν το πλεονέκτημά της τεχνολογίας αυτής στην κοινωνία (Keertikumar, 2015).

4.3 Εφαρμογές στη γεωργική και τη βιομηχανική παραγωγή

Σύμφωνα με μαθηματικά μοντέλα, ο παγκόσμιος πληθυσμός εκτιμάται ότι θα φτάσει ή και θα ξεπεράσει τα 10 δισεκατομμύρια μέχρι το 2050. Η γεωργία παίζει σημαντικό ρόλο στη ζωή μας αφού για να τροφοδοτηθεί ένας τόσο πολυάριθμος πληθυσμός, πρέπει να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες πάνω στις τρέχουσες γεωργικές προσεγγίσεις. Αυτό απαιτεί συνδυασμό γεωργίας και τεχνολογίας για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της γεωργικής παραγωγής. Η τεχνολογία του θερμοκηπίου είναι μια πιθανή προσέγγιση προς αυτή την κατεύθυνση. Παρέχει έναν τρόπο ελέγχου των περιβαλλοντικών παραμέτρων προκειμένου να βελτιωθεί η παραγωγή. Ωστόσο, ο χειροκίνητος έλεγχος αυτής της τεχνολογίας είναι λιγότερο αποτελεσματικός, απαιτεί χειροκίνητες διεργασίες και έχει συνεπώς υψηλό κόστος, με αποτέλεσμα την απώλεια ενέργειας και τη μικρότερη παραγωγή (Mohanraj, 2016).

Με την αυξανόμενη χρήση συσκευών IoT, έξυπνων συσκευών και αισθητήρων, είναι ευκολότερο να ελέγχετε το κλίμα μέσα στον θάλαμο ενός θερμοκηπίου και να παρακολουθείτε τη διαδικασία που οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας και βελτιωμένη παραγωγή (Εικόνα 6). Η αυτοματοποίηση των βιομηχανιών είναι ένα άλλο πλεονέκτημα του IoT. Στην περίπτωση της βιομηχανίας, το IoT παρέχει λύσεις αλλαγής για την παραγωγή και για την ψηφιοποίηση των εργοστασίων, για τη διαχείριση των αποθεμάτων, για τον ποιοτικό έλεγχο, τα logistics και τη βελτιστοποίηση και τη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού (Kwon, 2016).



Εικόνα 6. Αναπαράσταση της λειτουργίας μια εφαρμογής IoT στη γεωργική π[αραγωγή

4.4 Η Σημασία της διαχείρισης των Μεγάλων Δεδομένων στο IoT

Τα συστήματα IoT αποτελούνται από πολλές διαφορετικές συσκευές που στέλνουν η μια στην άλλη δεδομένα. Καθώς το δίκτυο IoT μεγαλώνει, αυξάνεται και ο αριθμός αυτών των συσκευών και για την επικοινωνία τους αποστέλλονται πολλά δεδομένα μέσω του Διαδικτύου. Αυτά τα δεδομένα έχουν πολύ μεγάλο όγκο και μεταδίδονται κάθε δευτερόλεπτο, συνεπώς πληρούν τις προϋποθέσεις να ονομάζονται στη

βιβλιογραφία με τον όρο "μεγάλα δεδομένα". Η συνεχής επέκταση των δικτύων που βασίζονται στο IoT δημιουργεί πολύπλοκα ζητήματα όπως η διαχείριση και η συλλογή δεδομένων, η αποθήκευση, η επεξεργασία και η ανάλυσή τους. Τα πλαίσια μεγάλων δεδομένων IoT που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί για τα έξυπνα κτίρια είναι εξαιρετικά χρήσιμα για την αντιμετώπιση πολλών ζητημάτων, όπως η διαχείριση των επιπέδων οξυγόνου, η μέτρηση του καπνού/επικίνδυνων αερίων και της φωτεινότητας στα κτήρια αυτά. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να συλλέξει δεδομένα από αισθητήρες που είναι προεγκατεστημένοι σε συγκεκριμένα κτίρια και να χρησιμοποιήσει αυτά τα δεδομένα για τη λήψη αποφάσεων (Bashir, 2016).

Επιπλέον, η βιομηχανική παραγωγή μπορεί να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας ένα σύστημα του κυβερνοχώρου που είναι εγκατεστημένο στο φυσικό περιβάλλον και το οποίο είναι βασισμένο στο IoT και εξοπλισμένο με τεχνικές ανάλυσης πληροφοριών και απόκτησης γνώσης (Lee, 2015). Η κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι ένα ζήτημα που μπορεί να αντιμετωπιστεί σε μια έξυπνη πόλη χρησιμοποιώντας πληροφορίες κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να συλλεχθούν μέσω ειδικών αισθητήρων και συσκευών που είναι εγκατεστημένοι σε κυκλοφοριακούς κόμβους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση της ροής της κυκλοφορίας. (Rizwan, 2016).

Στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε πληθυσμούς ασθενών συλλέγουν συνεχώς πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για την υγεία τους. Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για να βοηθήσουν τους γιατρούς και τους ασθενείς να κατανοήσουν καλύτερα την υγεία τους. Αυτός ο μεγάλος όγκος πληροφοριών πρέπει να ενσωματωθεί σε μία βάση δεδομένων και στη συνέχεια πρέπει να υποβληθεί σε επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο για τη λήψη γρήγορων αποφάσεων με υψηλή ακρίβεια αφού πρόκειται για αποφάσεις από τις οποίες μπορεί να εξαρτάται η υγεία του ασθενή (Vurpalati, 2016).

Η χρήση του IoT μαζί με την ανάλυση μεγάλων δεδομένων μπορεί να βοηθήσει στη μετατροπή των παραδοσιακών προσεγγίσεων παραγωγής σε σύγχρονες. Ο εξοπλισμός ανίχνευσης παράγει ένα σύνολο πληροφοριών που στη συνέχεια υπάρχει η δυνατότητα να αναλυθούν χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση μεγάλων δεδομένων, η οποία μπορεί να βοηθήσει σε διάφορες διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Επιπλέον, το

υπολογιστικό νέφος και τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προώθηση της ανάπτυξης και της εξοικονόμησης ενέργειας με τη μείωση του κόστους και την αύξηση της ικανοποίησης των χρηστών. Οι συσκευές IoT δημιουργούν πολλά δεδομένα ροής που πρέπει να αποθηκευτούν αποτελεσματικά και να αναλυθούν για λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Η βαθιά μάθηση είναι πολύ αποτελεσματική στο χειρισμό μεγάλων ποσοτήτων πληροφοριών και μπορεί να προσφέρει ακριβή αποτελέσματα. Μαζί, το IoT, η ανάλυση μεγάλων δεδομένων και η βαθιά μάθηση είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη μιας κοινωνίας υψηλής τεχνολογίας (Mohammadi, 2018).

Το IoT βασίζεται σε έναν τεράστιο όγκο δεδομένων που συλλέγονται και συγκεντρώνονται μέσω έξυπνων συσκευών, γεγονός που το καθιστά ένα από τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας αυτής. Ωστόσο, θα χρειαστεί να αναπτυχθούν τεχνικές που μετατρέπουν αυτά τα δεδομένα σε αξιοποιήσιμη γνώση. Κάθε δύο χρόνια, τα δεδομένα διπλασιάζονται σε μέγεθος και αναμένεται να φτάσουν τα 44 zettabyte μέχρι τα επόμενα τέσσερα χρόνια. Οι πέντε παράγοντες που περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους, αποτελούν τα σημαντικότερα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν από το IoT και τις εφαρμογές που το χρησιμοποιούν σε σχέση με τα big data τα επόμενα χρόνια (Bashir, 2016). Αναλυτικότερα, οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Ταχύτητα: Αναφέρεται στην ταχύτητα με την οποία συλλέγονται, μεταδίδονται και επεξεργάζονται τα δεδομένα. Η ταχύτητα με την οποία γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο της εφαρμογής. Για ορισμένες εφαρμογές, τα δεδομένα μπορεί να υποβληθούν σε επεξεργασία σε σύντομο χρονικό διάστημα, ενώ σε άλλες απαιτείται επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο, όπως γίνεται στην περίπτωση των προγραμμάτων ανάλυσης (Bashir, 2016).
- Ποικιλομορφία: Αναφέρεται στους διαφορετικούς τύπους δεδομένων που συλλέγονται από τερματικές συσκευές, όπως smartphone, μηχανές και αισθητήρες. Το περιεχόμενο δεδομένων δεν είναι δομημένο και διατίθεται σε διαφορετικούς τύπους, όπως ήχος, βίντεο, εικόνα, μορφή XML, απλό κείμενο,

μορφή CSV κ.λπ. Όλα τα είδη δεδομένων πρέπει να οργανώνονται και να υποβάλλονται σε επεξεργασία με ουσιαστικό και συνεπή τρόπο.

- **Ακρίβεια:** Σημαίνει διασφάλιση της ακρίβειας των δεδομένων που συλλέγονται και αποθηκεύονται. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει φιλτράρισμα τυχόν ανεπιθύμητων ή κατεστραμμένων δεδομένων για τη βελτίωση της ποιότητας της εφαρμογής.
- **Όγκος:** είναι ο όγκος των δεδομένων που συλλέγονται, αποθηκεύονται και ανακτώνται από διαφορετικές πηγές. Το IoT δημιουργεί έναν τεράστιο όγκο δεδομένων που αυξάνεται εκθετικά. Το ερώτημα είναι αν ο όγκος μπορεί να συμβαδίσει με την απαιτούμενη ταχύτητα της μεταφοράς των δεδομένων (Hajajji, 2021).

Μόλις συλλεχθούν με ακρίβεια τα τεράστια δεδομένα, το επόμενο βήμα είναι να ληφθεί κάποια χρησιμότητα από τα δεδομένα αυτά. Αυτό απαιτεί διάφορους αλγόριθμους, όπως εξαγωγή χαρακτηριστικών και ανάλυση τάσεων με χρήση τεχνητής νοημοσύνης η οποία επιτρέπει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων έγκαιρα. Υπάρχουν πολλές σύγχρονες εφαρμογές διαχείρισης και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα του IoT. Πρόσφατες μελέτες επικεντρώνονται στα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που προέρχονται από συσκευές IoT σε ένα έξυπνο κτίριο. Το πλαίσιο που παρουσιάζεται περιλαμβάνει νέες τεχνικές ανάλυσης και αποθήκευσης δεδομένων υψηλής ταχύτητας που παράγονται από αισθητήρες που βρίσκονται κατανεμημένοι στο εσωτερικό και το εξωτερικό περιβάλλον του κτηρίου Το σύστημα είναι σε θέση να παρακολουθεί και να ελέγχει μεγάλο όγκο δεδομένων χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση και βελτιώνει με τον τρόπο αυτό την εμπειρία του χρήστη. (Saha, 2011).

Μια μελέτη που δημοσιεύτηκε πρόσφατα αναφέρει μια ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική IoT για έξυπνους μετρητές αερίου και νερού. Το ευφές μοντέλο παρέχει τις πληροφορίες στο βοηθητικό πρόγραμμα και στους χρήστες και χρησιμοποιεί έναν

μεγάλο όγκο δεδομένων. Το προτεινόμενο σύστημα έδειξε οφέλη για τις εταιρείες κοινής ωφέλειας και τους πελάτες τους, όπως η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, η αυτόματη ανάγνωση του μετρητή σε πραγματικό χρόνο που εξοικονόμησε το χρόνο που χρειάζεται για τη φυσική ανάγνωση του μετρητή, καθώς επίσης και τη διατήρηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (Lloret, 2016).

5. Περιβαλλοντική υγεία

Η περιβαλλοντική υγεία είναι ο κλάδος της δημόσιας υγείας που ασχολείται με το περιβάλλον και τις επιπτώσεις του στην ανθρώπινη υγεία. Προκειμένου να ελέγχονται οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στην υγεία του γενικού πληθυσμού, είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι απαραίτητες απαιτήσεις για τη δημιουργία ενός υγιούς περιβάλλοντος. Η περιβαλλοντική υγεία επικεντρώνεται στη μελέτη των φυσικών και τεχνητών περιβαλλόντων προς όφελος της ανθρώπινης υγείας. Οι κύριοι επιμέρους κλάδοι της περιβαλλοντικής υγείας είναι η περιβαλλοντική επιστήμη, η τοξικολογία, η περιβαλλοντική επιδημιολογία και η περιβαλλοντική ιατρική και η επαγγελματική ιατρική (ιατρική της εργασίας) (Rom, 2007).

5.1 Ορισμοί

Η περιβαλλοντική υγεία ορίστηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) το 1989 ως «η πτυχή της ανθρώπινης υγείας και ασθένειας που καθορίζεται από παράγοντες του περιβάλλοντος». Ένα έγγραφο του ΠΟΥ του 1990 αναφέρει ότι η περιβαλλοντική υγεία περιλαμβάνει τόσο τις άμεσες παθολογικές επιπτώσεις των χημικών ουσιών, της ακτινοβολίας και ορισμένων βιολογικών παραγόντων, όσο και τις επιπτώσεις (συχνά έμμεσες) για την υγεία και την ευημερία του ευρύτερου σωματικού, ψυχολογικού, κοινωνικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος στο οποίο ζει και εργάζεται ο γενικός πληθυσμός (WHO, 1999).

Από το 2016, ο ιστότοπος του ΠΟΥ αναφέρει σχετικά με την περιβαλλοντική υγεία ότι «η περιβαλλοντική υγεία αφορά όλους τους φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες που είναι εξωτερικοί σε σχέση με το άτομο και όλους τους συναφείς

παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν τη συμπεριφορά του ατόμου. Ο όρος περιλαμβάνει την αξιολόγηση και τον έλεγχο εκείνων των περιβαλλοντικών παραγόντων που μπορούν δυνητικά να επηρεάσουν την υγεία. Στοιχείει στην πρόληψη ασθενειών και στη δημιουργία ενός υγιούς περιβάλλοντος. Αυτός ο ορισμός αποκλείει τη συμπεριφορά που δεν σχετίζεται με το περιβάλλον, καθώς και τη συμπεριφορά που σχετίζεται με το κοινωνικό και πολιτιστικό περιβάλλον, ενώ αποκλείονται και οι γενετικοί παράγοντες (Brooks, 2019).

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ορίζει επίσης τις υπηρεσίες περιβαλλοντικής υγείας ως «υπηρεσίες που εφαρμόζουν πολιτικές περιβαλλοντικής υγείας μέσω δραστηριοτήτων παρακολούθησης και ελέγχου. Επιτελούν επίσης αυτόν τον ρόλο προωθώντας βελτιώσεις στις περιβαλλοντικές παραμέτρους και ενθαρρύνοντας τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον και υγιεινών τεχνολογιών και συμπεριφορών. Διαδραματίζουν επίσης ηγετικό ρόλο στην ανάπτυξη και τη σύσταση νέων τομέων πολιτικής σχετικών με το περιβάλλον και την προαγωγή της ανθρώπινης υγείας» (Brooks, 2019).

Η περιβαλλοντική ιατρική είναι ένας συγκεκριμένος τομέας της ιατρικής που ασχολείται με την υγεία του περιβάλλοντος. Δεν υπάρχει ακόμη μια τυπική ορολογία για την περιβαλλοντική ιατρική και σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιούνται εναλλακτικά. Η παιδιατρική περιβαλλοντική υγεία είναι ο ακαδημαϊκός κλάδος που μελετά πώς η έκθεση σε περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως οι χημικές, διατροφικές και κοινωνικές παράμετροι επηρεάζουν την υγεία και την ανάπτυξη στην παιδική ηλικία. Οι μελέτες της περιλαμβάνουν κυρίως μελέτες προοπτικής μεθοδολογίας που διερευνούν πώς μπορεί να επηρεάσουν οι παράγοντες αυτοί τη μελλοντική υγεία των πληθυσμών που μελετώνται. Άλλοι όροι που σχετίζονται με το συγκεκριμένο κλάδο των επιστημών του περιβάλλοντος είναι η δημόσια περιβαλλοντική υγεία και η προστασία της (Landrigan, 2013).

5.2 Βασικές αρχές της περιβαλλοντικής υγείας

Υπάρχουν πέντε κύριοι τομείς μελέτης που συμβάλλουν στην περιβαλλοντική υγεία: η περιβαλλοντική επιδημιολογία, η τοξικολογία, η επιστήμη της έκθεσης, η

περιβαλλοντική μηχανική και περιβαλλοντικό δίκαιο. Κάθε ένας από αυτούς τους τομείς έχει διαφορετικές πληροφορίες που είναι χρήσιμες για την κατανόηση των προβλημάτων περιβαλλοντικής υγείας και την εξεύρεση σχετικών λύσεων. Ωστόσο, υπάρχει και κάποιο ποσοστό αλληλοεπικάλυψης μεταξύ αυτών των κλάδων (Abouzaidl, 1999).

Η περιβαλλοντική επιδημιολογία είναι η μελέτη του τρόπου με τον οποίο η έκθεση σε διαφορετικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες μπορεί να επηρεάσει την υγεία του γενικού πληθυσμού. Τέτοιοι παράγοντες είναι οι χημικές ουσίες, οι μικροβιολογικοί παράγοντες, οι ακτινοβολίες τα λύματα κλπ. Οι μελέτες παρατήρησης, οι οποίες απλώς παρατηρούν τις εκθέσεις που οι άνθρωποι έχουν ήδη βιώσει σε παράγοντες που μπορεί να θεωρηθούν τοξικοί, είναι κοινές στην περιβαλλοντική επιδημιολογία, επειδή οι άνθρωποι δεν μπορούν να εκτεθούν, με βάση τις ηθικές αρχές της επιστήμης, σε παράγοντες που είναι γνωστό ή ύποπτο ότι προκαλούν διαταραχές ή παθολογίες. Ένας περιορισμός της περιβαλλοντικής επιδημιολογίας είναι ότι δεν μπορεί να σχεδιάσει και να εφαρμόσει πειραματικές μελέτες, πράγμα που σημαίνει ότι οι ερευνητές δεν μπορούν να δουν πώς οι εκθέσεις σε διαφορετικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν τους ανθρώπους στον πραγματικό κόσμο.. Η περιβαλλοντική επιδημιολογία είναι η μελέτη των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία φυσικών, βιολογικών και χημικών παραγόντων που υπάρχουν στο περιβάλλον, με μία ευρύτερη έννοια. Η περιβαλλοντική επιδημιολογία είναι ένας τρόπος μελέτης της σύνδεσης μεταξύ φυσικών, βιολογικών ή χημικών παραγόντων και της ανθρώπινης υγείας. Εξετάζοντας συγκεκριμένες ομάδες ανθρώπων που εκτίθενται σε διαφορετικές περιβαλλοντικές παραμέτρους, μπορεί να δώσει πληροφορίες για να μάθουν περισσότερα για τη σχέση μεταξύ αυτών των παραγόντων και την υγεία των ανθρώπων (Pekkanen, 2001, Tanner, 2010).

Η τοξικολογία μελετά πώς οι περιβαλλοντικές εκθέσεις μπορούν να οδηγήσουν σε συγκεκριμένα αποτελέσματα για την υγεία των ζώων (τα οποία χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές σαν πειραματικά μοντέλα), προκειμένου να κατανοήσουν καλύτερα τις επιπτώσεις αυτών των εκθέσεων στην υγεία στους ανθρώπους. Η περιβαλλοντική τοξικολογία έχει το πλεονέκτημα ότι είναι σε θέση να διεξάγει τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές και άλλες πειραματικές μελέτες, επειδή τα

αποτελέσματα από τη μελέτη της φυσιολογίας των ζώων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη των επιδράσεων των ίδιων περιβαλλοντικών παραγόντων στην ανθρώπινη φυσιολογία. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές διαφορές μεταξύ της φυσιολογίας των ζώων και της ανθρώπινης φυσιολογίας και είναι ορισμένες φορές δύσκολο να εξαχθούν γενικευμένα συμπεράσματα από μελέτες σε ζώα που ισχύουν και για την ανθρώπινη φυσιολογία (Wright, 2002).

Η επιστήμη της έκθεσης μελετά την ανθρώπινη έκθεση σε περιβαλλοντικούς ρύπους τόσο με τον προσδιορισμό όσο και την ποσοτικοποίηση της έκθεσης αυτής. Η επιστήμη της έκθεσης μπορεί να βοηθήσει στην περιβαλλοντική επιδημιολογία, για την καλύτερη κατανόηση των περιβαλλοντικών εκθέσεων που μπορεί να οδηγήσουν σε ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα για την υγεία. Αυτές οι εκθέσεις μπορούν να εντοπιστούν μέσω τοξικολογικών μελετών ή μελετών αξιολόγησης κινδύνου, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν να καθοριστεί εάν τα αναφερόμενα επίπεδα έκθεσης αποτελούν κίνδυνο για την υγεία.. Η επιστήμη της έκθεσης έχει το πλεονέκτημα ότι είναι σε θέση να ποσοτικοποιήσει με μεγάλη ακρίβεια τις εκθέσεις σε συγκεκριμένες χημικές ουσίες, αλλά δεν παράγει πληροφορίες σχετικά με τα αποτελέσματα της υγείας, όπως η περιβαλλοντική επιδημιολογία ή η τοξικολογία (Pleil, 2013).

Η περιβαλλοντική μηχανική ασχολείται με την εφαρμογή επιστημονικών αρχών της μηχανικής για την προστασία των ανθρώπινων πληθυσμών από τις επιπτώσεις δυσμενών περιβαλλοντικών παραγόντων, την προστασία του περιβάλλοντος από πιθανές επιβλαβείς επιπτώσεις των φυσικών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων και τη γενική βελτίωση της ποιότητας του φυσικού περιβάλλοντος (Davis, 2013).

Το περιβαλλοντικό δίκαιο περιλαμβάνει νόμους που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο η ανθρώπινη δραστηριότητα επηρεάζει το περιβάλλον. Μέσω των αξιολογήσεων κινδύνου μπορεί να γίνει κατανοητό πόσο επιβλαβής μπορεί να είναι μια συγκεκριμένη χημική ουσία ή ένα μείγμα χημικών ουσιών ή γενικότερα άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες επικινδυνότητας (Shelton, 2021).

Πληροφορίες από την επιδημιολογία, την τοξικολογία και την επιστήμη της έκθεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή αξιολόγησης κινδύνου για συγκεκριμένες χημικές ουσίες, μείγματα χημικών ουσιών ή άλλους παράγοντες

κινδύνου. Αυτές οι αναλύσεις μπορεί παρέχουν πληροφορίες για το εάν μια συγκεκριμένη έκθεση αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν επίσης για τον προσδιορισμού της βέλτιστης πολιτική περιβαλλοντικής υγείας, όπως η πολιτικές σχετικά με τις εκπομπές χημικών ή η διασφάλιση ότι οι άνθρωποι καθαρίζουν σωστά τα χέρια τους. Η μηχανική και η νομοθεσία μπορούν να συνδυαστούν για να παρέχουν διαχείριση κινδύνου για την ελαχιστοποίηση, παρακολούθηση και με άλλο τρόπο διαχείριση των επιπτώσεων της έκθεσης για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της περιβαλλοντικής πολιτικής για την υγεία (Frumkin, 2016).

Η περιβαλλοντική υγεία περιλαμβάνει όλα όσα επηρεάζουν το φυσικό περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Περιλαμβάνει δηλαδή παράγοντες όπως αυτοί που αναλύονται στις επόμενες παραγράφους.:

- Την ποιότητα του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα του περιβάλλοντος είναι ένα ζήτημα που καλύπτεται από τη βιοασφάλεια.
- Η ετοιμότητα και η αντιμετώπιση καταστροφών είναι μια άλλη ανησυχία που μελετάται σε αυτόν τον τομέα.
- Η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στην ανθρώπινη υγεία.
- Ο περιβαλλοντικός ρατσισμός, όπου ορισμένες ομάδες ανθρώπων εκτίθενται σε υψηλότερο κίνδυνο για περιβαλλοντικούς κινδύνους, είναι ένα θέμα που μελετάται συχνά στην περιβαλλοντική επιστήμη. Αυτό συμβαίνει συχνά λόγω της περιθωριοποίησης ορισμένων πληθυσμών, και των επακόλουθων οικονομικών και πολιτικών διαδικασιών που δημιουργούν παράγοντες επικινδυνότητας για συγκεκριμένους πληθυσμούς. Ο περιβαλλοντικός ρατσισμός συχνά επηρεάζει διαφορετικές ομάδες παγκοσμίως, αλλά είναι πιο διαδεδομένος σε ορισμένες περιοχές που είναι λιγότερο ανεπτυγμένες σε σύγκριση με άλλες (Mohaï, 2019).
- Η ασφάλεια των τροφίμων περιλαμβάνει όλες τις πτυχές της παραγωγής, της μεταφοράς, της επεξεργασίας και της πώλησης τροφίμων.
- Η διαχείριση επικίνδυνων υλικών, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων, την αποκατάσταση μολυσμένων χώρων, της πρόληψης διαρροών από υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης και της πρόληψης

εκλύσεων επικίνδυνων υλικών στο περιβάλλον, παράγοντες που αποτελούν μέρος της διαχείρισης επικίνδυνων υλικών. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης που προκύπτει από την απελευθέρωση επικίνδυνων υλικών, οι αντίστοιχες ομάδες του πληθυσμού εκπαιδεύονται για να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα.

- Στέγαση, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης του ποσοστού των ατόμων που στεγάζονται σε κατώτερης ποιότητας εγκαταστάσεις και την επιθεώρηση δημοσίων κτηρίων.
- Η πρόληψη της παιδικών δηλητηριάσεων από βαρέα μέταλλα (για παράδειγμα ο μόλυβδος).
- Ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης χερσαίων εδαφών, συμπεριλαμβανομένης της υπεύθυνης και έξυπνης ανάπτυξης, είναι σημαντικός.
- Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων βοηθούν στην απαλλαγή από υγρά απόβλητα, όπως νερό και λύματα. Σε αυτό το στοιχείο συγκαταλέγονται συστήματα όπως αποχετεύσεις πόλεων και τουαλέτες που χρησιμοποιούν χημικά για τη διάσπαση των απορριμμάτων καθώς και σηπτικές δεξαμενές.
- Υπηρεσίες διαχείρισης και διάθεσης ιατρικών απορριμμάτων.
- Μέθοδοι ελέγχου της ηχορύπανσης.
- Η επαγγελματική υγεία και η βιομηχανική υγιεινή είναι σημαντικοί τομείς μελέτης για την προστασία των εργαζομένων από κινδύνους για την υγεία στο χώρο εργασίας.
- Η ακτινολογική υγεία περιλαμβάνει την έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία από ακτίνες X ή ραδιενεργά ισότοπα.
- Η ασφάλεια του νερού περιλαμβάνει την πρόληψη ασθενειών του νερού που χρησιμοποιείται σε δραστηριότητες αναψυχής, όπως από πισίνες, ιαματικά λουτρά και χώρους κολύμβησης στον ωκεανό και στο γλυκό νερό.
- Η διαχείριση στερεών αποβλήτων περιλαμβάνει χώρους υγειονομικής ταφής, εγκαταστάσεις ανακύκλωσης, κομποστοποίηση και σταθμούς μεταφοράς στερεών αποβλήτων.
- Η έκθεση σε τοξικές χημικές ουσίες, είτε σε καταναλωτικά προϊόντα, κατοικίες, χώρους εργασίας, αέρα, νερό ή έδαφος, μπορεί να είναι επιβλαβής.

Υπάρχουν εκτιμήσεις ότι περίπου το 5 έως 10% των ετών ζωής που χάνονται σε σχέση με το μέσο όρο οφείλονται σε περιβαλλοντικά αίτια στην Ευρώπη. Η έκταση αυτή μετράται επίσης με τη μονάδα μέτρησης DALY (Disability Adjusted Life Years) (Deuschl, 2017). Η ρύπανση από λεπτά σωματίδια στον αέρα των πόλεων είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας, που συμβάλλει σε 4,9 εκατομμύρια (8,7%) θανάτους και 86 εκατομμύρια (5,7%) DALY παγκοσμίως (Gao, 2015).

5.3 Τομείς παρακολούθησης της δημόσιας υγείας

Οι δυνητικά επιβλαβείς παράγοντες στο περιβάλλον μπορεί να περιλαμβάνουν βιολογικούς, φυσικούς και χημικούς παράγοντες. Οι βιολογικοί παράγοντες, όπως τα βακτήρια, οι ιοί και τα παράσιτα, μπορούν να εξαπλωθούν μέσω της επαφής από άτομο σε άτομο. Τα παθογόνα που μπορούν να μεταδοθούν μέσω της μόλυνσης του περιβάλλοντος ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως η διάθεση λυμάτων και η κτηνοτροφία, είναι πιο συνηθισμένα σύγκριση με αυτά που μπορούν να μεταδοθούν μέσω της επαφής από άτομο σε άτομο (Briggs, 2008).

Η περιβαλλοντική υγεία συχνά αντιμετωπίζει ασθένειες που προκαλούνται από μη μεταδοτικά παθογόνα και βιοτοξίνες. Οι μη μεταδοτικές ασθένειες προσβάλλονται απευθείας από το περιβάλλον, όπως οι λοιμώξεις από άνθρακα και *Escherichia coli*. Οι βιοτοξίνες είναι δηλητήρια που παράγονται από βακτήρια ή μύκητες και μπορούν να προσληφθούν με την κατάποση ή την εισπνοή. Παραδείγματα περιλαμβάνουν τοξίνη αλλαντίασης, αφλατοξίνες (που παράγονται από μύκητες) και τοξίνες που παράγονται από μαύρη μούχλα που αναπτύσσεται στα σπίτια (Burnier, 2021).

Οι ασθένειες που μπορούν να μεταδοθούν από τα κουνούπια, τις μύγες, τα τσιμπούρια, τα ακάρεα και τους ψύλλους, καθώς και οι ζωνοόσοι, μπορεί επίσης να περιλαμβάνονται στους παράγοντες που εξετάζονται από την περιβαλλοντική υγεία. Οι ζωνοόσοι είναι ασθένειες που προσβάλλονται από ζώα, είτε με άμεση επαφή (όπως Έμπολα, χανταϊός, λύσσα, ευλογιά πιθήκων κ.λπ.) είτε μέσω αρθρώπων φορέων (όπως ο ιός του Δυτικού Νείλου, η εγκεφαλίτιδα του Σεντ Λούις). Στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής υγείας, το ενδιαφέρον για αυτές τις ασθένειες εστιάζεται

συχνά σε ανθρωπογενείς (τεχνητές) περιβαλλοντικές διαταραχές, για παράδειγμα, την υπερθέρμανση του πλανήτη και τη γεωργία (Burnier, 2021).

Ο προσδιορισμός της έκθεσης και των τοξικών επιδράσεων των χημικών ουσιών απαιτεί επίσης γνώση της τοξικοκινητικής. Η τοξικοκινητική είναι ένας κλάδος της τοξικολογίας που ασχολείται με τη μελέτη των αλλαγών στα επίπεδα των τοξικών χημικών ουσιών και των μεταβολιτών τους με την πάροδο του χρόνου σε διάφορα υγρά, ιστούς και εκκρίματα του σώματος και καθορίζει μαθηματικές σχέσεις για να εξηγήσει αυτές τις διαδικασίες. Αυτές οι διεργασίες εξαρτώνται από τις προσλήψεις και τις δόσεις, τον μεταβολισμό, την απέκκριση, την εσωτερική μεταφορά και την κατανομή στους ιστούς. Οι μέθοδοι για τον προσδιορισμό αυτών των διαδικασιών περιλαμβάνουν μελέτες με πειραματόζωα, εθελοντές ανθρώπους, υποκείμενα που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με υψηλές δόσεις χημικών ουσιών και πειράματα με ιστούς ή όργανα που καλλιεργήθηκαν στο εργαστήριο. Οι προσομοιώσεις τέτοιων διαδικασιών σε υπολογιστή συχνά διατυπώνονται χρησιμοποιώντας πολύπλοκες μαθηματικές εξισώσεις (Cockerham, 2019).

Η διαδικασία προστασίας του γενικού πληθυσμού από την έκθεση σε χημικά περιλαμβάνει τον καθορισμό προτύπων ασφαλείας, κανονισμών και ορίων έκθεσης. Αυτό γίνεται συνήθως με τη χρήση της αξιολόγησης κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία, η οποία είναι μια διαδικασία ποσοτικοποίησης της πιθανότητας, του μεγέθους και της διάρκειας των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία από επικίνδυνους περιβαλλοντικούς παράγοντες (Lenzen, 2020). Η εκτίμηση ρίσκου για τα επικίνδυνα χημικά περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- Τη διαδικασία ορισμού και αναγνώρισης κινδύνου μέσω χρήσης μελετών τοξικότητας σε ζώα ή *in vitro*, κλινικές μελέτες, επιδημιολογία και σχέσεις ποσοτικής δομικής δραστηριότητας (πρόβλεψη της τοξικότητας μιας χημικής ουσίας από τη μοριακή της δομή) για τη δημιουργία σχέσεων αιτίου και αποτελέσματος.
- Ορισμός μια σχέσης δόσης-απόκρισης (δηλαδή, για ένα δεδομένο επίπεδο έκθεσης, ποιο είναι το μέγεθος και η διάρκεια της επίδρασης).

- Η αξιολόγηση έκθεσης εμπλέκει την περιβαλλοντική χημεία και την επιτήρηση, μαθηματικούς και υπολογιστικούς τρόπους προσομοίωσης της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των χημικών ουσιών, τοξικοκινητική και ταυτοποίηση όλων των πιθανών οδών έκθεσης (σκόπιμη κατάποση μολυσμένων τροφίμων ή νερού, τυχαία κατάποση εδάφους, εισπνοή αερίων, ατμών και σωματιδίων και απορρόφηση μέσω του δέρματος).
- Η διαδικασία χαρακτηρισμού κινδύνου περιλαμβάνει την ενοποίηση των τριών σταδίων της επιδημιολογίας, της εκτίμησης κινδύνου και της διαχείρισης κινδύνου. Οι εκτιμήσεις κινδύνου μπορεί να είναι προγνωστικές ή αναδρομικές. Οι προοπτικές μελέτες εξετάζουν την πιθανή εμφάνιση κινδύνων για την υγεία σε ένα υποθετικό περιβάλλον, ενώ οι αναδρομικές μελέτες εξετάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι εκτίθενται επί του παρόντος σε κινδύνους και αξιολογούν τις πιθανότητες για κινδύνους για την υγεία (Lenzen, 2020).

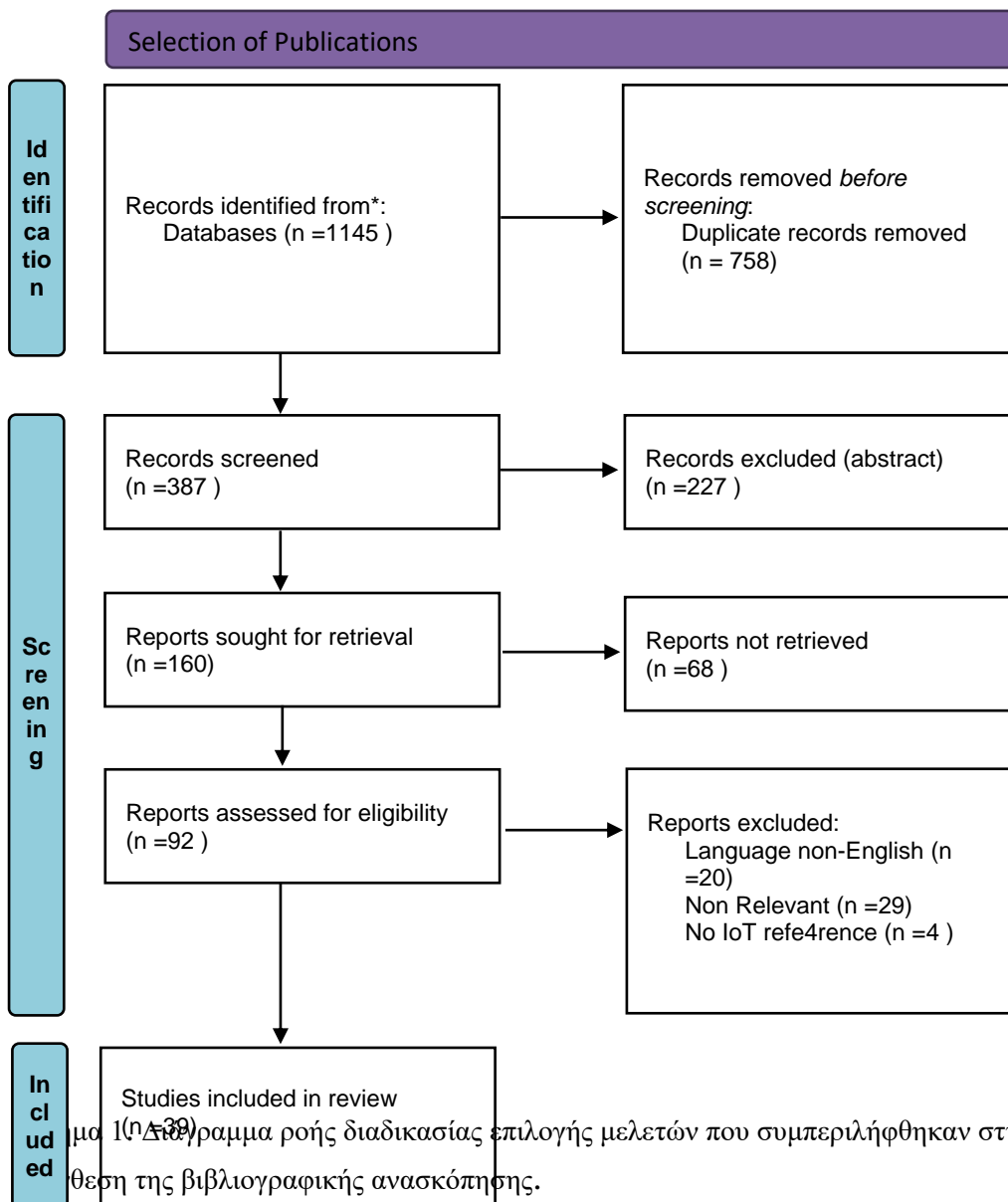
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Μεθοδολογία

Προκειμένου να γίνει μία σύνοψη των δεδομένων σχετικά με την IoT στον επιστημονικό τομέα της περιβαλλοντικής υγείας, πραγματοποιήθηκε μία ανασκόπηση της βιβλιογραφίας.. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος αναζήτησης που περιείχε τις λέξεις κλειδιά: “Internet of Things (IoT)”, “Environment, Health and Safety (EHS)”, “Agriculture”, “Wireless Body Area Network (WBAN)”, “Food Supply Chain (FSC)”, “Smart Vehicles”, “Vehicle to Vehicle communication”, Smart City στις βάσεις δεδομένων επιστημονικής βιβλιογραφίας CINAHL, PubMed, SCOPUS και Google Scholar. Τα κριτήρια ένταξης των μελετών ήταν η γλώσσα δημοσίευσης (Αγγλικά, Ελληνικά), η

χρονολογία δημοσίευσης (από το 2013 και μετά) και το αντικείμενο της μελέτης, δηλαδή η εφαρμογή του IoT στην πρόληψη της περιβαλλοντικής υγείας.

Αντίθετα, μελέτες οι οποίες δημοσιεύτηκαν πριν το 2013, μελέτες που αναφέρονται σε άλλες έξυπνες μεθόδους και όχι στο IoT, μελέτες που δεν αναφέρονται στην περιβαλλοντική υγεία και μελέτες που δημοσιεύτηκαν σε διαφορετικές γλώσσες (Κινεζικά, Πορτογαλικά, Γερμανικά), καθώς επίσης και μεταπτυχιακές και διδακτορικές διατριβές αποκλείστηκαν. Η διαδικασία επιλογής των άρθρων παρουσιάζεται αναλυτικά στο διάγραμμα ροής του Σχήματος 1.



ομοιογενή. Το διάγραμμα ροής διαδικασίας επιλογής μελετών που συμπεριλήφθηκαν στην τελική θέση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

2. Αποτελέσματα

2.1 Βασικά χαρακτηριστικά του IoT και η εφαρμογή τους στις περιπτώσεις περιβαλλοντικής υγείας με υψηλό βαθμό επικινδυνότητας

2.1.1 Βιομηχανία παροχής υπηρεσιών υγείας

Η κατανομή των δημοσιεύσεων στα αντίστοιχα περιοδικά δείχνει ότι η χρήση του IoT στην υγειονομική περίθαλψη βασίζεται σε διάφορους παράγοντες, και ανάγκες της συγκεκριμένης βιομηχανίας. Αναλυτικότερα οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Ο αυξανόμενος πληθυσμός των ηλικιωμένων, ιδίως στις ασιατικές χώρες, πληθυσμός με πολλαπλές χρόνιες παθήσεις και αντίστοιχη αύξηση της πρόσβασής τους στις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης η αυξάνεται ραγδαία.
- Έλλειψη διαθεσιμότητας κρίσιμων ιατρικών πληροφοριών σχετικών με τον ασθενή και, πολύ περισσότερο, πρόβλημα στη συστηματική διαχείριση της νόσου καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του ασθενούς.
- Η αυξανόμενη εμφάνιση και διάδοση σημαντικών υποστηρικτικών τεχνολογιών, όπως η πολυπαραγοντική τεχνολογία, η αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID) και η τεχνολογία που φοριέται.
- Η αυξανόμενη υιοθέτηση και εφαρμογή εταιρικών συστημάτων πληροφορικής (Enterprise Information Systems - EISs) η οποία έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια.
- Η μετατόπιση του κλάδου της υγειονομικής περίθαλψης από ένα μοντέλο με επίκεντρο το νοσοκομείο σε ένα ισορροπημένο μοντέλο νοσοκομείου-οικίας, το οποίο σιγά-σιγά κινείται προς ένα μοντέλο με επίκεντρο το σπίτι του ασθενή.
- Η έλλειψη συνεκτίμησης της ασφάλειας και του απορρήτου των δεδομένων (π.χ. λειτουργίες υποκλοπής ή παραβίασης δεδομένων) (Pang, 2015, Turcu, 2013, Couturier, 2013, Rghioui, 2015) .

Η διαφορετικότητα όσον αφορά τις απαιτήσεις που έχουν παρατηρηθεί στη βιβλιογραφία βασίζονται στους παράγοντες που αναφέρθηκαν και περιλαμβάνουν

ευκολότερη πρόσβαση σε αρχεία υγείας και σχετικές πληροφορίες. Επίσης, η βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης και του λόγου απόδοσης/κόστους, ιδιαίτερα όσον αφορά τα μειωμένα ιατρικά λάθη και την αυξημένη ασφάλεια των ασθενών με βελτιστοποιημένες διαδικασίες αποτελεί έναν από τους στόχους της χρήσης του IoT στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

Μέσα από τις πιο πρόσφατες εφαρμογές του IoT, καλύπτεται σε έναν μεγάλο βαθμό η ανάγκη για μεγαλύτερη ενοποίηση συσκευών και υπηρεσιών που θα μπορούσαν να καλύπτουν όλα τα τμήματα υγειονομικής περίθαλψης, χρησιμοποιώντας κλιμακούμενες πλατφόρμες IoT και εφαρμογές που βασίζονται στο IoT που ενσωματώνουν πληροφορίες για ολόκληρη την πορεία της νόσου. Επίσης, ο στόχος είναι η δημιουργία ενός ασθενοκεντρικού περιβάλλοντος υγειονομικής περίθαλψης που εμπλέκει και τους ασθενείς στη διαδικασία αποφάσεων σχετικών με τη θεραπεία τους, αφού οι περισσότεροι από αυτούς, πλέον δείχνουν μία προτίμηση στην εξατομίκευση της θεραπείας (Hassanalieragh, 2015, Turcu, 2013, Pang, 2015).

Η ιδιαίτερα απαιτητική συμμόρφωση των εφαρμογών IoT με τα ρυθμιστικά πρότυπα ασφάλειας και απορρήτου και τα κοινωνικά αναμενόμενα πρότυπα αποτελεί ωστόσο ένα από τα κύρια ζητήματα της εφαρμογής της στη βιομηχανία των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης. Ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης που ασχολείται με το IoT περιλαμβάνει κλινική φροντίδα, κατ' οίκον φροντίδα, βοήθεια υγειονομικής περίθαλψης και την αλυσίδα εφοδιασμού της ίδιας της υγειονομικής περίθαλψης. Μέσω των πρόσφατων εφαρμογών που βασίζονται στο IoT έχει επιτευχθεί μία μείωση του χάσματος κλινικής και κατ' οίκον φροντίδας μέσω διάχυτων λύσεων IoT. Η εργασία, η διαχείριση ιατρικών συσκευών, τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο με δυνατότητα IoT αλλά και η πιθανή ενσωμάτωση τεχνικών εξόρυξης δεδομένων και βελτιστοποίησης είναι καθοριστικής σημασίας στο δυναμικό εργασιακό περιβάλλον της υγειονομικής περίθαλψης (Hassanalieragh, 2015, Turcu, 2013, Pang, 2015).

2.1.2 Εφοδιαστική αλυσίδα τροφίμων

Οι εφαρμογές IoT που καλύπτουν την Εφοδιαστική Αλυσίδα Τροφίμων (EAT) καλύπτουν ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού από το αγρόκτημα μέχρι το πιάτο του

καταναλωτή, συμπεριλαμβανομένης της αγροτικής παραγωγής, της επεξεργασίας τροφίμων, της συσκευασίας, των πωλήσεων και του μάρκετινγκ, του εφοδιασμού και της διανομής, της λιανικής, των αλληλεπιδράσεων με τους καταναλωτές και της διαχείρισης απορριμμάτων. Αυτά τα πέντε στάδια που αντιστοιχούν στην παραγωγή, αποθήκευση, μεταφορά, πώληση και κατανάλωση μπορούν πλέον να διαχειριστούν από εφαρμογές που βασίζονται στο IoT. Διάφοροι παράγοντες προωθούν την έρευνα και την ανάπτυξη εφαρμογών που βασίζονται στο IoT στη βιομηχανία τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της μεταβλητότητας και της αλλοιωσιμότητας των προϊόντων, των πρόσφατων ατυχημάτων στην ασφάλεια των τροφίμων όπως είναι τα χαρακτηριστικά παραδείγματα της Ευρώπης και της Κίνας. Επίσης, αυξημένος αριθμός των τροφιμογενών ασθενειών είναι άμεσο αποτέλεσμα της παγκοσμιοποίησης, η οποία είχε ως αποτέλεσμα τα τρόφιμα να ταξιδεύουν μακρύτερα και να αυξάνουν τις πιθανότητες έκθεσης σε επιβλαβείς παθογόνους παράγοντες (Verdouw, 2016, Liu, 2016, Ellis, 2015, Ramundo, 2016).

Οι τελικοί καταναλωτές έχουν αυξημένες απαιτήσεις ως προς την ποιότητα και απαιτούν ολοένα και περισσότερο ποιοτικές ετικέτες τροφίμων, παρόλο που πολλοί δεν τις εμπιστεύονται ακόμη. Υπάρχει η διαπίστωση μιας έλλειψη μηχανισμού ανατροφοδότησης, που καθιστά απρόβλεπτο ποια επίπεδα παραγωγής θα είναι διαθέσιμα ενώ ταυτόχρονα αλλάζει και η συμπεριφορά των καταναλωτών, κάτι που καθιστά δύσκολο να προβλεφτούν οι ανάγκες και οι προτιμήσεις των καταναλωτών. Οι αειφόρες απαιτήσεις αυξάνονται ιδιαίτερα όταν πρόκειται για τη διαχείριση των απορριμμάτων. Για παράδειγμα, περισσότεροι 300 εκατομμύρια τόνοι τροφίμων σπαταλούνται ετησίως παγκοσμίως, κυρίως προβλημάτων που οφείλονται σε ανεπαρκή συστήματα ψύξης. Έχει ήδη συλλεχθεί μεγάλος όγκος δεδομένων, αλλά είναι ελάχιστα είναι τα συστήματα που κάνουν χρήση του των δεδομένων αυτών για να παράγουν εκμεταλλεύσιμες πληροφορίες (Verdouw, 2016, Liu, 2016, Ellis, 2015, Ramundo, 2016).

Με βάση τα παραπάνω, φαίνεται ότι υπάρχουν ποικίλες ανάγκες και απαιτήσεις που θα μπορούσαν να εξηγήσουν την ανάπτυξη εφαρμογών που σχετίζονται με το IoT σε όλο το φάσμα της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων Αρχικά, φαίνεται ότι υπάρχει η ανάγκη για ένα πληροφοριακό σύστημα που καλύπτει ολόκληρη ΕΑ, καθιστώντας

αναγκαία τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των πληροφοριακών συστήματος κάθε ενδιαφερόμενου. Ως αποτέλεσμα, η ανάγκη για τη δημιουργία σχετικών παγκόσμιων προτύπων πρότυπα είναι ιδιαίτερα αισθητή. Για να υπάρχει ροή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο για τα προϊόντα σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων, είναι απαραίτητο να έχουμε ένα πληροφοριακό σύστημα που να καλύπτει κάθε μέρος της διαδικασίας. Εμφανής είναι επίσης, σύμφωνα με τα δεδομένα της βιβλιογραφίας η απόκτησης πλούσιων και σε πραγματικό χρόνο πληροφοριών για τα προϊόντα σε όλες τις διαδικασίες τις EAT, δηλαδή την τοποθεσία, την προέλευση, τα χαρακτηριστικά, την παρτίδα προϊόντων και το ιστορικό, ενώ σε όλες αυτές τις διεργασίες απαιτείται και το κατάλληλο επίπεδο ευαισθησίας (Aung, 2014, Tona, 2014, Pang, 2015).

Για να διατηρηθεί η ακεραιότητα και η ποιότητα των προϊόντων διατροφής, ειδικά για να πληρούνται οι νομικές απαιτήσεις και πρότυπα, οι οργανισμοί πρέπει να παρέχουν διαφάνεια καθώς και ποιοτικές και αξιόπιστες πληροφορίες στους καταναλωτές. Το IoT μπορεί να παρέχει έξυπνες λύσεις που να μπορούν να αναλύουν μεγάλες ποσότητες ετερογενών δεδομένων ενσωματώνοντας ομαλά τα δεδομένα αυτά και να προσφέρει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σχετικές συσκευές που το υποστηρίζουν για λόγους διαλειτουργικότητας και ευελιξίας. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να διατηρηθεί αποτελεσματικά η ακεραιότητα και η ποιότητα των προϊόντων διατροφής, ιδίως για να πληρούνται οι νομικές απαιτήσεις και πρότυπα. Τέλος, είναι απαραίτητο να παρέχεται διαφάνεια και αξιόπιστη πληροφόρηση στους καταναλωτές (Aung, 2014, Tona, 2014, Pang, 2015).

2.1.4 Εξορύξεις και βιομηχανία ενέργειας

Στη βιομηχανία εξόρυξης και ενέργειας, διάφοροι παράγοντες εξηγούν τη δημοφιλία της ανάπτυξης των εφαρμογών που σχετίζονται με το IoT στην έρευνα και στις επιχειρηματικές εφαρμογές: Για παράδειγμα, ένας σημαντικός αριθμός επαγγελματιών εμπλέκεται άμεσα ή έμμεσα στη διαδικασία παραγωγής και οι εγκαταστάσεις παραγωγής και λειτουργίας είναι πολλές και ευρέως κατανομημένες ενώ μπορεί να συμπεριλαμβάνουν εγκαταστάσεις πετρελαίου τόσο στην ξηρά όσο και στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις με μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στις τοποθεσίες.

Υπάρχει μεγάλο εύρος διαφορετικών διεργασιών και λειτουργιών που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε έναν μεγάλο αριθμό από καταστάσεις επικινδυνότητας που αφορούν την περιβαλλοντική υγεία(π.χ. οι αγωγοί θα μπορούσαν να είναι υποβρύχιοι, υπόγειοι ή υπέργειοι, σε δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως θαλασσινό νερό, βουνό ή έρημο) (Hiromoto, 2014, Mohamed, 2016, Zhang, 2016, Berani, 2013).

Οι διαδικασίες συλλογής δεδομένων με μη αυτοματοποιημένο τρόπο και η κατά προσέγγιση εκτίμηση (π.χ. σε πετρελαιοπηγές, η ημερήσια παραγωγή εκτιμάται με βάση δείγματα υγρών που συλλέγονται με το χέρι) οδηγούν σε ανακριβή και ελλιπή δεδομένα που οδηγούν επακόλουθα σε κακή λήψη αποφάσεων Επίσης, μεγάλοι όγκοι δεδομένων είναι απομονωμένοι το ένα από το άλλο και δεν διαθέτουν ένα δίκτυο ενοποιημένων πληροφοριών. Μπορούν να εντοπιστούν δύο βασικοί λόγοι για τους οποίους υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για εφαρμογές που βασίζονται στο IoT στις βιομηχανίες εξόρυξης και ενέργειας: αρχικά, η ανάγκη για υψηλό βαθμό συνεργασίας μεταξύ διαφορετικών επαγγελματιών/τμημάτων/τοποθεσιών που απαρτίζουν τη βιομηχανία αυτή ή και κατά δεύτερο λόγο, η ανάγκη για ένα σύστημα αξιολόγησης σε πραγματικό χρόνο. Μερικές από τις εφαρμογές που βασίζονται στο IoT στις βιομηχανίες εξόρυξης και ενέργειας περιλαμβάνουν την ψηφιακή εξόρυξη, την εξερεύνηση πετρελαίου και φυσικού αερίου, τις λειτουργίες διαχείρισης πετρελαίου και φυσικού αερίου όπως λειτουργίες αγωγών και πετρελαιοπηγών και την ψηφιοποίηση δεδομένων που παράγονται από πυρηνικούς σταθμούς (Hiromoto, 2014, Mohamed, 2016, Zhang, 2016, Berani, 2013).

2.1.5 Έξυπνα Οχήματα

Τα έξυπνα οχήματα αναφέρονται στις εφαρμογές και τις τεχνολογίες που συνδέουν ένα όχημα με το περιβάλλον του, και βρίσκονται τοποθετημένες τόσο εντός όσο και εκτός του οχήματος. Οι άμεσοι ή έμμεσοι λόγοι για την ανάπτυξη εφαρμογών που βασίζονται στο IoT στον κλάδο των έξυπνων οχημάτων είναι αρκετοί. Πρώτον, το περιβάλλον της αστικής κυκλοφορίας είναι πολύ σύνθετο και ποικιλόμορφο, και καθώς αναπτύσσεται η αστικοποίηση σε χώρες όπως η Κίνα, ο αριθμός των οχημάτων στις μεγάλες πόλεις θα αυξηθεί, οδηγώντας σε αυξημένη κυκλοφοριακή

συμφόρηση και αρνητικές οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Uhleman,2015, Swan, 2015, Yu, 2013, Zhou, 2013).

Η παροχή νέων υπηρεσιών μεταφοράς όπως π.χ. η Uber άλλαξε τον τρόπο με τον οποίο βλέπουν οι καταναλωτές τις υπηρεσίες μεταφοράς - καθιστώντας τις πιο ευέλικτες.. Ωστόσο, οι υπάρχουσες πληροφορίες που συλλέγονται είναι ανακριβείς και δεν κοινοποιούνται επαρκώς. Ορισμένοι χρήστες θέλουν περισσότερη πρόσβαση στα δεδομένα όταν βρίσκονται στο δρόμο και οι αρχές εργάζονται ώστε να θεσπίσουν ρυθμιστικές αρχές για να διευκολύνουν τους ανθρώπους να χρησιμοποιούν συνδεδεμένα οχήματα. Αυτό σημαίνει ότι, μετά από λίγα χρόνια, πιθανόν την επόμενη πενταετία, όλα τα νέα αυτοκίνητα στην Ευρώπη θα έχουν εγκατεστημένα συστήματα κλήσεων έκτακτης ανάγκης.. Η γήρανση του πληθυσμού και τα αυξημένα τροχαία ατυχήματα είναι και οι δύο παράγοντες που απαιτούν τη βελτίωση της οδικής ασφάλεια. Υπάρχουν ευκαιρίες για τη βελτίωση της μείωσης των θανάτων από τροχαία ατυχήματα μέσω της ανάπτυξης εφαρμογών βασισμένων στο IoT. Σύμφωνα με τον ΠΟΥ, το 25% των θανάτων λόγω τροχαίων ατυχημάτων θα μπορούσε να μειωθεί με την αύξηση των συστημάτων προειδοποίησης ασφαλείας σε διασταυρώσεις αυτοκινητοδρόμων (Uhleman,2015, Swan, 2015, Yu, 2013, Zhou, 2013).

Από τις μελέτες που έχουν δημοσιευτεί, φαίνεται ότι υπάρχουν διαφορετικές ανάγκες και απαιτήσεις που υπογραμμίζουν τη μετάβαση προς εφαρμογές που σχετίζονται με το IoT. Αυτές οι ανάγκες περιλαμβάνουν την αύξηση των δεδομένων σχετικά με την κατάσταση όχι μόνο των οδηγών, αλλά και όλων των εμπλεκόμενων στην κυκλοφορία καταστάσεων, όπως η ασφάλεια των πεζών, η επείγουσα ανάγκη μετριασμού των τροχαίων ατυχημάτων και των επικίνδυνων καταστάσεων οδικής κυκλοφορίας, η ανάγκη βελτίωσης της κυκλοφοριακής συμφόρησης και η συνολική αποτελεσματικότητα των συστημάτων οδικών μεταφορών, και η ανάγκη για χαμηλή καθυστέρηση και υψηλή αξιοπιστία σε εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Οι των έξυπνων οχημάτων που βασίζονται στο IoT στοχεύουν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της κυκλοφορίας και της ασφάλειας, την ενημέρωση και την ψυχαγωγία των επιβατών, την οδική βοήθεια, την υποβοήθηση στάθμευσης, την απομακρυσμένη διάγνωση τυχόν προβλημάτων και την τηλεματική σε αυτόνομα

οχήματα. Οι εφαρμογές αυτές ταξινομούνται σε τρεις ευρύτερες κατηγορίες: τις εφαρμογές ασφάλειας οδικής κυκλοφορίας, τις εφαρμογές αποτελεσματικότητας της οδικής κυκλοφορίας και τις υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας (Uhleman,2015, Swan, 2015, Yu, 2013, Zhou, 2013).

2.1.6 Κτήρια και διαχείριση υποδομών

Ο πολεοδομικός σχεδιασμός και η διαχείριση υποδομής είναι ένας κλάδος που καλύπτει πολλές διαφορετικές εφαρμογές από εκείνες που περιλαμβάνονται στην ευρύτερη έννοια της «Εξυπνης Πόλης». Ένα είδος από εφαρμογές που μπορεί να χρησιμοποιείται είναι οι εφαρμογές για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Από τη μια πλευρά, η έννοια της «Εξυπνης πόλης» περιλαμβάνει πολλές ετερογενείς εφαρμογές που βασίζονται στο IoT όπως την παρακολούθηση της δομικής σταθερότητας των κτηρίων, τη διαχείριση απορριμμάτων, την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, την παρακολούθηση θορύβου, την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της κυκλοφοριακής συμφόρησης, την κατανάλωση ενέργειας στην πόλη, το έξυπνο πάρκινγκ, τον έξυπνο φωτισμό κλπ. μπορούν να βοηθήσουν στην επιτάχυνση των λειτουργιών αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Από την άλλη πλευρά, αυτές οι εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλους τομείς. Οι εφαρμογές αυτές, επιτυγχάνουν αποτελεσματικό συντονισμό των διαφόρων συμμετεχόντων οργανισμών. Παρέχουν περισσότερα δεδομένα σχετικά με την κατάσταση και επιτρέπουν τη βέλτιστη διαχείριση των υπαρχόντων πόρων για την αντιμετώπιση τους. Μπορεί επίσης να διαχειρίζονται και την παρακολούθηση και τον προγραμματισμό της παραγωγής σε ένα καταναλωμένο περιβάλλον κατασκευών (Suciu, 2013, Yang, 2013, Zanella, 2014, Du, 2012).

Σε αυτόν τον κλάδο, όπως φαίνεται από τις σχετικές δημοσιευμένες έρευνες, οι εφαρμογές που βασίζονται στο IoT βασίζουν την αποτελεσματικότητά τους σε αρκετούς παράγοντες. Αναλυτικότερα, υπάρχει ένα ευρύ και ετερογενές φάσμα πόρων που έχουν ταυτόχρονα και ευρεία γεωγραφική κατανομή. Επίσης, η γήρανση

και ο αυξανόμενος πληθυσμός αυξάνει την πίεση σε διάφορες πτυχές της αστικής ζωής. Η έλλειψη δεδομένων και οι επακόλουθες αποτυχίες στη λήψη αποφάσεων από ανθρώπους κατά τη διάρκεια καταστροφικών ατυχημάτων και τρομοκρατικών επιθέσεων όπως, οι θάνατοι εργαζομένων διάσωσης της 11ης Σεπτεμβρίου και η πυρηνική κρίση στο Three Mile Island. Η αύξηση του αριθμού και της έντασης των καταστροφών (π.χ. η γρίπη των πτηνών το 2003, σεισμοί, πλημμύρες, τρομοκρατικές επιθέσεις ή περιστατικά όπως το ατύχημα με έκρηξη προπυλениού στη Ναντζίνγκ το 2010) έχει αυξήσει το ενδιαφέρον για την τεχνολογία και τη διαχείριση περιπτώσεων έκτακτης ανάγκης προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα σοβαρών ανθρώπινων απωλειών και η αποφυγή υλικών ζημιών κατασκευών (Suciu, 2013, Yang, 2013, Zanella, 2014, Du, 2012).

2.1.7 Εφαρμογές στη Γεωργία

Η έξυπνη γεωργία περιλαμβάνει τη χρήση του IoT για τη βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας της γεωργικής παραγωγής. Το IoT επιτρέπει την ενοποίηση δεδομένων από αισθητήρες που βρίσκονται σε αγροκτήματα με γεωχωρικές και άλλες δορυφορικές πηγές για την παροχή ολοκληρωμένων αναλυτικών δεδομένων, επισημαίνοντας πιθανά προβλήματα με πιο αποτελεσματικές γεωργικές διαδικασίες. Οι τεχνολογίες IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν να παρακολουθήσουν, να προβλέπουν και να μετράν τις εδαφικές και καιρικές συνθήκες, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για τις γεωργικές δραστηριότητες. Αυτό μπορεί να αυξήσει την αποδοτικότητα, ενώ παράλληλα μπορεί να αντιμετωπίσει περιβαλλοντικά ζητήματα όπως η χρήση νερού. Στα σενάρια κλιματικής κρίσης, το νερό είναι ένας πόρος πολύτιμος που εξαντλείται και ο τομέας της γεωργίας είναι αυτός που τον καταναλώνει περισσότερο. (Shenoy, 2016).

2.2 Ιδιότητες εφαρμογών IoT για την αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής υγείας.

2.2.1 Σχεδιασμός Αρχιτεκτονικής των εφαρμογών

Στα συστήματα IoT, παρέχουν μέσω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής τους, έναν τρόπο για να λαμβάνονται αποφάσεις με βάση τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες ανά πάσα στιγμή. Αυτό σας ενισχύει την ασφάλεια και την παραγωγικότητα. Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική για την απομακρυσμένη παρακολούθηση της δεδομένων περιλαμβάνει: ένα φυσικό επίπεδο που αποτελείται από ένα ασύρματο δίκτυο περιοχών (WBAN) για την απόκτηση δεδομένων και ορισμένες εκτελέσεις υπηρεσιών, ένα επίπεδο επικοινωνίας και δικτύωσης για τη μετάδοση δεδομένων, ένα επίπεδο υπηρεσίας για επεξεργασία δεδομένων cloud (Bashir, 2016). Στην EAT, για παρόμοια επίπεδα (αναγνώριση, ανίχνευση, ενεργοποίηση/ανταλλαγή δεδομένων/ολοκλήρωση πληροφοριών/υπηρεσίες εφαρμογών), οι ερευνητικές εργασίες προτείνουν συγκεκριμένες αρχιτεκτονικές ως απάντηση στην πολυπλοκότητα και τις απαιτήσεις του FSC. Συνεπώς, τα συστήματα IoT σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού μπορούν να είναι: συγκεντρωτικά, όπου τα δεδομένα συλλέγονται σε κοινές βάσεις δεδομένων, γραμμικά, όπου τα δεδομένα μεταφέρονται από έναν ενδιαφερόμενο φορέα EAT στον επόμενο και κατανεμημένα, όπου οι ενδιαφερόμενοι φορείς διασυνδέουν τα δικά τους συστήματα πληροφοριών για την ανταλλαγή δεδομένων (Verdouw, 2016).

Στις βιομηχανίες εξόρυξης και ενέργειας, υπάρχουν διαφορετικές προτάσεις για τον τρόπο βελτίωσης της αξιοπιστίας ενός συστήματος αξιολόγησης σε πραγματικό χρόνο. Μια πρόταση είναι να ενσωματωθεί ανάλυση της κατάστασης στα πληροφοριακά συστήματα για να βελτιωθεί η αξιοπιστία του συστήματος. Ο μηχανισμός ανίχνευσης επιτρέπει στο σύστημα να εντοπίζει εξαιρέσεις καθώς και να συλλέγει μη τυπικά δεδομένα. Οι μηχανισμοί δράσης, από την άλλη πλευρά, επιτρέπουν στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων πεδίου να ενεργούν αναλόγως. Τέλος, ο μηχανισμός παρακολούθησης δίνει τη δυνατότητα να παρακολουθεί η πρόοδος των επιχειρήσεων μετά τη λήψη κάποιας απόφασης (Nadj, 2016).

Η αρχιτεκτονική λύσεων IoT για έξυπνες μεταφορές είναι συνδυάζεται μεταξύ μιας κεντρικής και μιας αποκεντρωμένης τοπολογίας. Η ασύρματη επικοινωνία από το επίπεδο αισθητήρων πραγματοποιείται με τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών επικοινωνίας (ιδίως τεχνολογιών επικοινωνίας περιορισμένου βεληνεκούς και εμβέλειας όπως το IEEE 802.11p και τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας όπως το 3G και

το LTE). Αυτό το σύστημα επικοινωνίας μπορεί να σχηματίσει ένα αυτόνομο δίκτυο ad hoc (VANET) στο οποίο υπάρχουν δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων.. Για παράδειγμα, οι υπολογιστικοί μέθοδοι ομίχλης θα μπορούσαν να προσθέσουν τεχνική νοημοσύνη (Nadj, 2016).

Ωστόσο, θα μπορούσε να επιλεγεί και μια κεντρική τοπολογία δικτύου, όπως για παράδειγμα τα κυψελωτά δίκτυα. Στην περίπτωση της κεντρικής τοπολογίας, όλα τα δεδομένα μεταφέρονται στο κεντρικό δίκτυο μέσω σταθμών βάσης. Ωστόσο, η κυρίαρχη αρχιτεκτονική που αναφέρεται στις περισσότερες μελέτες της βιβλιογραφίας χρησιμοποιεί διαφορετικό επίπεδο δικτύωσης και όχι μόνο αυτό ενός VANET ή ενός κεντρικού δικτύου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται στις εφαρμογές έξυπνων οχημάτων. Εκεί, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα περισσότερο διάχυτο περιβάλλον, οι πόροι του cloud οργανώνονται σε τρία επίπεδα: ένα νέφος οχημάτων που είναι δίκτυο μεταξύ οχημάτων (VANET), το νέφος στην άκρη του δρόμου (ένα τοπικό νέφος που δημιουργείται με τις παρακείμενες οδικές μονάδες), και ένα κεντρικό νέφος (στο οποίο θα μπορούσε να προσπελαστεί μέσω κυψελοειδούς επικοινωνίας ή επικοινωνίας μικρής εμβέλειας με την ύπαρξη της κατάλληλης οδικής υποδομής) (Uhleman, 2015, Yu, 2013).

Με μια κεντρική υποδομή, πολλές διαφορετικές υπηρεσίες βασίζονται σε μια κεντρική τοποθεσία. Αυτό διευκολύνει τους παρόχους υπηρεσιών να συνεργάζονται και να διασφαλίζουν ότι όλες οι υπηρεσίες χρησιμοποιούν τους ίδιους πόρους. Διάφορες ετερογενείς ροές δεδομένων από περιφερειακές συσκευές συγκλίνουν προς ένα κεντρικό σύστημα υποστήριξης, το κέντρο ελέγχου, το οποίο παρέχει δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας. Η διαλειτουργικότητα είναι ένα κρίσιμο ζήτημα στην περίπτωση αυτή, επομένως η αρχιτεκτονική υπηρεσιών IoT πρέπει να συνδέει τόσο πρωτόκολλα χωρίς περιορισμούς (που χρησιμοποιούνται συνήθως ως πρότυπο επικοινωνίας μέσω διαδικτύου), όσο και περιορισμένα πρωτόκολλα (απαιτούνται από περιορισμένες συσκευές. Τα συστήματα απόκρισης έκτακτης ανάγκης απαιτούν περισσότερες πληροφορίες οι οποίες πρέπει να μεταδίδονται με ταχύτητα και ακρίβεια (Zanella, 2014).

2.2.2 Πληροφορίες σχετικά με τους αισθητήρες

Στην ΕΑΤ, οι εφαρμογές που βασίζονται στο ΙοΤ επικεντρώνονται στον εντοπισμό της κίνησης των προϊόντων διατροφής. Επομένως, οι βασικοί αισθητήρες αποτελείται από ετικέτες RFID (Radio Frequency Identification Tags) που δεν είναι ειδικές για τον τομέα της ΕΑΤ. Τα βασικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων αυτών περιλαμβάνουν το εύρος (τον όγκο των δεδομένων που συλλέγονται), το βάθος (τη συνέχεια των πληροφοριών ιχνηλασιμότητας σε όλη την ΕΑΤ), και την ακρίβεια (αξιοπιστία δεδομένων σε σχέση με την κίνηση των προϊόντων διατροφής). Επειδή η αλλοίωση των προϊόντων διατροφής μπορεί να έχει πολλές αιτίες (μικροβιακή προσβολή, βιοχημικές αλλαγές, μηχανικές βλάβες και αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον), οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις εφαρμογές πρέπει να είναι πιο ετερογενείς για να επιτευχθεί πιο πλούσια συλλογή πληροφοριών. Η ΕΤΑ σκοπεύει να αναπτύξει περισσότερες εφαρμογές ΙοΤ στο μέλλον οι οποίες θα χρησιμοποιούν αισθητήρες για να βοηθήσουν στην ανίχνευση προβλημάτων ή κινδύνων. Ένας τρόπος για να γίνει αυτό είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πλαισίου αισθητήρων που χρησιμοποιείται συστηματικά σε πολλές διαφορετικές εφαρμογές όπως είναι η ανίχνευση παθογόνων διατροφής (Pang, 2015).

Στις βιομηχανίες εξόρυξης και ενέργειας, οι αισθητήρες πρέπει να είναι εξελιγμένοι προκειμένου να συλλέγουν δεδομένα από ένα ευρύ φάσμα πηγών. Στη βιομηχανία άνθρακα, οι αισθητήρες μετρούν αρκετούς διαφορετικούς τύπους δεδομένων: δεδομένα γεω-καταπόνησης, σεισμικά δεδομένα, δεδομένα αερισμού, δεδομένα υδρολογίας, πληροφορίες αερίου, θέση ανθρακωρύχων, και άλλα. Οι διαδικασίες συλλογής δεδομένων στην παρακολούθηση πετρελαιοπηγών περιλαμβάνουν αισθητήρες που ανιχνεύουν τη ροή και τη θερμοκρασία του νερού, τους αισθητήρες αναλογίας πετρελαίου και νερού. Συνεπώς, τα στρώματα συλλογής δεδομένων σε αυτούς τους τομείς περιλαμβάνουν μεγάλους και ευρέως διαδεδομένους αισθητήρες για τη συλλογή βασικών δεδομένων σε διάφορες διεργασίες και λειτουργίες. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες μπορούν να βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες (υποβρύχια, υπόγεια, υπέργεια). Ως εκ τούτου, διάφορες περιβαλλοντικές επιδράσεις όπως ο άνεμος και η υγρασία, μπορεί να επηρεάσουν τη βαθμονόμηση και την τοποθέτηση των αισθητήρων. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η χρήση τεχνικών

ραντάρ διείσδυσης εδάφους ή ακουστικών αισθητήρων επιτρέπει την παρακολούθηση αγωγών και πρέπει να είναι αξιόπιστη και σε πραγματικό χρόνο (Zhang, 2016, Suci, 2013).

Οι ετερογενείς αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που βασίζονται στο IoT για τη δημιουργία και την επικοινωνία συναφών δεδομένων με σκοπό τη μεγάλη ακρίβεια. Τα προηγμένα συστήματα υποβοήθησης οδηγού (ADAS) χρησιμοποιούν μια ποικιλία αισθητήρων για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τη ροή της κυκλοφορίας, τις συνθήκες του δρόμου και την κατάσταση των οδηγών κατά τη μεταφορά. Αυτά τα δεδομένα μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν τους οδηγούς να παραμείνουν ασφαλείς στο δρόμο, να παρέχουν πληροφορίες για τα κυκλοφοριακά μοτίβα και να λάβουν αποφάσεις σχετικά με τον τρόπο κίνησης του οχήματος σε μια δεδομένη κατάσταση κυκλοφορίας. Κατά συνέπεια, ο αριθμός των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται σε ένα όχημα αυξάνεται όλο και περισσότερο. Μέχρι το 2025, υπολογίζεται ότι ένα όχημα θα μπορούσε να έχει έως και 200 αισθητήρες που θα μετατρέπουν τις πληροφορίες σε δεδομένα (Uhleman, 2015).

Αυτοί οι αισθητήρες πρέπει έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, δηλαδή να είναι ακίνητοι και να επιτρέπουν στο δίκτυο να έχει σταθερή τοπολογία ανεξάρτητα από την πάροδο του χρόνου. Τις περισσότερες φορές συνδέονται απευθείας με την ηλεκτρική μονάδα ελέγχου (ECU), σχηματίζοντας μια απλή τοπολογία, και δεν υπόκεινται σε ενεργειακούς περιορισμούς λόγω της ενσύρματης σύνδεσης με το όχημα. (Lu, 2014). Υπάρχει ωστόσο επιτακτική ανάγκη να αντιμετωπιστεί το ζήτημα της διάρκειας ζωής των αισθητήρων, προκειμένου να αποφευχθεί η ανάγκη για μαζικές αντικαταστάσεις σε μικρότερες χρονικές περιόδους, καθώς το αυτοκίνητο έχει τις περισσότερες περιπτώσεις διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από 10 χρόνια. Επιπλέον, οι αισθητήρες στην άκρη του δρόμου παρέχουν δεδομένα που επιτρέπουν εφαρμογές που βασίζονται στο IoT στα συνδεδεμένα οχήματα (Suci, 2013).

2.2.3 Επικοινωνία

Στην ETA, στη βιβλιογραφία δεν αναφέρονται συγκεκριμένα πρότυπα επικοινωνίας. Συνήθως η δρομολόγηση πληροφοριών πραγματοποιείται μέσω μιας υβριδικής προσέγγισης δρομολόγησης και όχι μιας κεντρικής προσέγγισης. Συνδυάζοντας κεντρική και peer-to-peer δρομολόγηση για τη σύνδεση όλων των χρηστών μεταξύ τους, το σύστημα πληροφοριών που βασίζεται στο διασφαλίζει σε μεγαλύτερο ποσοστό την ασφάλεια της επικοινωνίας, ενώ μειώνει την κίνηση δεδομένων με τον κεντρικό διακομιστή (Zhang, 2016, Ali, 2015).

Στις βιομηχανίες εξόρυξης και ενέργειας, η επικοινωνία είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό του συστήματος IoT επειδή οι αισθητήρες είναι ευρέως διασκορπισμένοι και κατανεμημένοι αλλά και λόγω των ειδικών δομών και διαδικασιών σε αυτές τις βιομηχανίες (π.χ. πάνω υπέργειοι και υπόγειοι αισθητήρες). Ωστόσο, οι τυπικές μέθοδοι επικοινωνίας, όπως η ασύρματες επικοινωνίες, οι ασύρματες γέφυρες, και οι επικοινωνίες μέσω δορυφόρου οδηγούν σε υψηλά ποσοστά σφαλμάτων σε αυτές τις βιομηχανίες. Τυπικά παραδείγματα τέτοιων προβλημάτων είναι η εξασθένηση των ραδιοσημάτων σε υπόγειο ή υποβρύχιο περιβάλλον. Επομένως, η εκτεταμένη χρήση του παγκοσμίως διαθέσιμου συστήματος κινητής επικοινωνίας, του GPRS ή του GSM, είναι απαραίτητη για μια πιο ολοκληρωμένη κάλυψη. Οι κόμβοι αισθητήρων μπορεί να είναι υποβρύχιοι, υπόγειοι ή πάνω από το έδαφος, επομένως χρησιμοποιούν διαφορετικά είδη επικοινωνίας για να στείλουν πληροφορίες στον κεντρικό υπολογιστή. (Zhang, 2016, Ali, 2015).

Για τη διαχείριση πυρηνικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, η ασύρματη επικοινωνία πρέπει να αντιμετωπίζει τις προκλήσεις που σχετίζονται με τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (Ali, 2015). Επιπλέον, σε αυτούς τους κλάδους, ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η συντήρηση συστημάτων επικοινωνίας είναι θέμα υψηλής ασφάλειας.

Σε ένα συνδεδεμένο όχημα, απαιτούνται διαφορετικές κατηγορίες επικοινωνίας για να βεβαιωθείτε ότι όλα τα διαφορετικά μέρη του οχήματος είναι συνδεδεμένα. Για παράδειγμα, η επικοινωνία οχήματος με όχημα (V2V) είναι απαραίτητη για να βεβαιωθείτε ότι το αυτοκίνητο γνωρίζει τι συμβαίνει γύρω του. Η επικοινωνία μεταξύ οχήματος και αισθητήρα βοηθά το αυτοκίνητο να γνωρίζει τι συμβαίνει μέσα του, όπως τη στάθμη λαδιού ή τη θερμοκρασία. Η επικοινωνία ανάμεσα στο όχημα και το διαδίκτυο επιτρέπει στο αυτοκίνητο να επικοινωνεί με άλλα οχήματα, ή με

κεντρικούς κόμβους. Η επικοινωνία υποδομής ανάμεσα στο όχημα και το δρόμο επιτρέπει στο αυτοκίνητο να γνωρίζει πότε να σταματήσει ή να αυξήσει την ταχύτητά του. Μια άλλη λύση είναι η επικοινωνία μεταξύ οχήματος και drive-through Διαδικτύου, η οποία επιτρέπει στο χρήστη να συνδεθεί στο Διαδίκτυο όταν το όχημα βρίσκεται εντός κάλυψης Wi-Fi. Αυτή η λύση μειώνει το κόστος για την απόκτηση δεδομένων, αλλά απαιτεί μια τεράστια ανάπτυξη υποδομής για να έχει καλή κάλυψη από το Wi-Fi (Lu, 2014, Tona, 2014).

Στη βιομηχανία έξυπνων οχημάτων, ένα από τα προβλήματα που σχετίζονται με τις επικοινωνίες έχει σαν αιτιολογία την υψηλή κινητικότητα των οχημάτων. Αυτό οδηγεί σε συχνές αλλαγές στην τοπολογία του δικτύου, με τις οποίες είναι δύσκολη η επικοινωνία λόγω του περιορισμένου εύρους σύνδεσης και των πολυάριθμων εμποδίων που περιβάλλουν τα οχήματα. Επιπλέον, οι δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να δυσκολέψουν την αποστολή και λήψη δεδομένων σε επικοινωνία V2V. Η ασφάλεια είναι σημαντική για την προστασία της επικοινωνίας σε έξυπνα συστήματα μεταφορών από κακόβουλες επιθέσεις. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, εφαρμόζονται τεχνικές Multi-Hop οι οποίες επιτρέπουν στα αυτοκίνητα να παραμείνουν συνδεδεμένα στο Διαδίκτυο, ακόμα κι αν τα χωρίζουν μεγάλες αποστάσεις (Zanella, 2014).

Επιπλέον, η διαχείριση κτιρίων και υποδομών απαιτεί ζεύξεις επικοινωνίας ευρείας περιοχής, καθώς ανταλλάσσεται μεγάλος όγκος δεδομένων μεταξύ μεγάλου αριθμού αισθητήρων. Με βάση τον στόχο τους όσον αφορά την υλοποίηση εφαρμογών που βασίζονται στο IoT, οι τεχνολογίες επικοινωνίας είναι είτε χωρίς κανέναν περιορισμό (παραδοσιακές τεχνολογίες επικοινωνίας LAN, MAN και WAN όπως Ethernet, WiFi) είτε με περιορισμούς (νεότερα πρωτόκολλα όπως τα IEEE 802.15.4, Bluetooth και Bluetooth Low Energy, IEEE 802.11 Low Power, PLC, NFC και RFID). Όταν οι τεχνολογίες χωρίς περιορισμούς προσφέρουν υψηλότερη αξιοπιστία και απόδοση και χαμηλότερη καθυστέρηση, απαιτούν υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους για τους οποίους μερικές φορές προτιμώνται οι πιο περιορισμένες τεχνολογίες για την εξοικονόμηση ενέργειας με παράλληλη διασφάλιση της μεταφοράς δεδομένων παρά τη χαμηλότερη ποιότητά τους (Zanella, 2014).

2.2.4 Συστήματα βάσεων δεδομένων (back-end)

Στον τομέα των τροφίμων, τα συστήματα βάσης δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για λύσεις IoT, επειδή επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ όλων των ενδιαφερόμενων επιμέρους τμημάτων της ΕΑΤ. Για να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα που συλλέγονται, πρέπει να πραγματοποιηθεί μία ανάλυση. Αυτό γίνεται με τη χρήση μιας βάσης δεδομένων που διαθέτει τα απαραίτητα χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα ικανοποιητικές ικανότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων, διεπαφές που είναι φιλικές προς το χρήστη κ.λπ., ώστε να είναι ευκολότερη η διαχείρισή της. Για παράδειγμα, η προτεραιότητα “First Expired First Out” θα μπορούσε να εφαρμοστεί για τη διαχείριση του αποθέματος αντί για την κλασική λογική “First In First Out” (Ramundo, 2016).

Τα συστήματα βάσεων δεδομένων περιλαμβάνουν τις περισσότερες φορές βάσεις δεδομένων πραγματικού χρόνου, βάσεις δεδομένων για τεχνικούς όρους, βάσεις δεδομένων προγραμματισμού επιχειρησιακών πόρων και συστήματα αποθήκευσης μεγάλου όγκου δεδομένων. Στις ευφυείς μεταφορές, τα εσωτερικά συστήματα μπορούν να διαδραματίσουν διαφορετικούς ρόλους. Θα μπορούσε να είναι το κρίσιμο στοιχείο ενός κεντρικού συστήματος δικτύου, όπως γίνεται για παράδειγμα σε ένα κυψελοειδές δίκτυο, ή θα μπορούσε να παρέχει περισσότερη ευφυΐα και δυνατότητες επεξεργασίας (αναλυτικά και μεγάλα δεδομένα) σε ένα πιο αποκεντρωμένο δίκτυο όπως το VANET (Uhleman, 2015).

Τα εσωτερικά συστήματα διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη διαχείριση των κτιρίων και των υποδομών, καθώς συλλέγουν δεδομένα από μια ποικιλία ετερογενών συσκευών. Το σύστημα αυτό αποτελεί την καρδιά του κέντρου ελέγχου, παρέχοντας αποθήκευση και υπολογιστική ισχύ. Στις περιπτώσεις διαχείρισης έκτακτης ανάγκης, το κέντρο ελέγχου πρέπει να συλλέγει συνεχείς πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, προκειμένου να είναι αποδοτικό και αποτελεσματικό σε κάθε στιγμή της αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης (κινητοποίηση, προεκτίμηση και επέμβαση) (Whitemore, 2015).

2.2.6. Προτεινόμενες λύσεις στα προβλήματα που αντιμετωπίζει η εφαρμογή του IoT στον τομέα της περιβαλλοντικής υγείας

Οι βασικές προκλήσεις που έχει να αντιμετωπίσει το IoT στην εφαρμογή του στην περιβαλλοντική υγεία και τους αντίστοιχους τομείς μπορούν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα τεχνικά προβλήματα και τα οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα. Τα τεχνικά προβλήματα περιλαμβάνουν ζητήματα όπως η ενεργειακή απόδοση, η επικοινωνία και οι προκλήσεις που σχετίζονται με δεδομένα, η επεκτασιμότητα (μέγεθος δικτύου και ικανότητα διαλειτουργικότητας) και η ασφάλεια και η προστασία της ιδιωτικότητας (Zheng, 2015). Από την άλλη πλευρά, οι δυσκολίες που σχετίζονται με την οικονομία και την κοινωνία περιλαμβάνουν το επιχειρηματικό μοντέλο, την τυποποίηση, όπως για παράδειγμα, την υγειονομική περιθάλψη, όπου ερευνητές έχουν αναπτύξει πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα που δεν λαμβάνουν υπόψη τη διαλειτουργικότητα φορητών συσκευών με άλλα συστήματα. Επίσης, την κοινοτική υποστήριξη και εκπαίδευση προσωπικού, το υψηλό κόστος εφαρμογής και υλοποίησης των έργων, την έλλειψη παγκόσμιων ή εθνικών προτύπων και κανονισμών και το χρόνο που θα χρειαστεί για την εμπορική εκμετάλλευση μιας εφαρμογής που βασίζεται στο IoT (Zhang, 2105).

Για να ξεπεραστούν αυτά τα εμπόδια, τα μέχρι τώρα δεδομένα της βιβλιογραφίας συγκλίνουν στην σύσταση της χρήσης τεχνολογιών και προσεγγίσεων λογισμικού που ακολουθούν κοινά και ενιαία πρότυπο όπως είναι η υπηρεσία SaaS – Software as Service, που εφαρμόζεται στην πλατφόρμα FIspace Η αξιοπιστία είναι κρίσιμη για την επιτυχή ανάπτυξη του IoT και για την διατήρηση της αξιοπιστίας χρησιμοποιούνται πρότυπα GS1 και ηλεκτρονικά οικογενειακά δέντρα για την παρακολούθηση φυσικών αντικειμένων στο διαδίκτυο.

Τα ηλεκτρονικά οικογενειακά δέντρα είναι μια χρήσιμη τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην τρέχουσα έρευνα για τη βελτίωση της ιχνηλασιμότητας των τροφίμων. Αυτό γίνεται μέσω της προσθήκης πρόσθετης λειτουργικότητας που παρέχεται από ένα το πρότυπο που ονομάζεται GS1, το οποίο βοηθά στην παρακολούθηση της παραγωγής και της προσφοράς τροφίμων και γενικότερα σε αρκετές διαδικασίες της ETA. (Kaloxylou, 2013). Αρκετές ερευνητικές εργασίες προτείνουν νέες αρχιτεκτονικές οι θα μπορούσαν να καλύπτουν ολόκληρη την EAT ή προσπαθούν να κάνουν την ενσωμάτωση οποιουδήποτε εμπλέκεται στην EAT πιο εύκολη (Verdouw, 2016).

Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι το cloud computing και τα big data analytics είναι σημαντικά εργαλεία για την ανάπτυξη εφαρμογών θεωρούνται σαν εφαρμογές IoT στις βιομηχανίες εξόρυξης και στη βιομηχανία παραγωγής ενέργειας όπως είναι η βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου και η περισσότερο απαιτητική σε ζητήματα ασφάλειας βιομηχανία πυρηνικής ενέργειας. Η τεχνολογία Cloud Computing έχει τη δυνατότητα να ξεπεράσει ορισμένες από τις προκλήσεις που σχετίζονται με τις εφαρμογές IoT, όπως η απόδοση ή το ύψος του κόστους. Οι ολιστικές τεχνολογίες υπολογιστικού νέφους επιτρέπουν την εισαγωγή περισσότερων καινοτομιών στον τις εφαρμογές μέσω της χρήσης λογισμικού ανοιχτού κώδικα, το οποίο μπορεί να ωφελήσει τον κλάδο συνολικά. Επιπλέον, οι τεχνικές μηχανικής μάθησης αυξάνει την αξιοπιστία των αναλύσεων που προέρχονται από τη διαχείριση μεγάλων δεδομένων (Pons, 2014).

Σε περιπτώσεις όπου αισθητήρες διαρροής μαγνητικής ροής (MFL – Magnetic Flux Leakage) και στα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (ANN – Artificial neural Networks) χρησιμοποιούνται μαζί, είναι δυνατό να εκτιμηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η σοβαρότητα της βλάβης στους αγωγούς πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Μια λύση που αναφέρεται συχνά στην υπάρχουσα βιβλιογραφία είναι η χρήση του Global Positioning System (GPS) ή του Global System for Mobile Communications (GSM) για πιο ολοκληρωμένη κάλυψη. Οι πύλες και οι κόμβοι αισθητήρων μπορούν να χρησιμοποιούν δυνατότητες επεξεργασίας για να μειώσουν τον όγκο των δεδομένων που πρέπει να σταλούν μέσω του δικτύου. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία με τη σειρά της να βοηθήσει στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα. (Young, 2019).

Η δρομολόγηση πολλαπλών βημάτων είναι ένας τρόπος μείωσης του εύρους επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων, γεγονός που επίσης μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια. Ο συνδυασμός δρομολόγησης πολλαπλών λυκίσκων με αυξημένες υπολογιστικές ικανότητες οδηγεί σε καλύτερη ασφαλή επικοινωνία σε περίπτωση αποτυχίας ή κακόβουλων διακοπών στο λογισμικό. Η χρήση της δρομολόγησης πολλαπλών βημάτων στη διαχείριση πυρηνικών σταθμών παραγωγής ενέργειας προτείνεται ως λύση για περιπτώσεις όπου εμφανίζονται συχνά ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και αλλά και σε άλλες περιπτώσεις που μειώνουν

την αξιοπιστία της επικοινωνίας. Μια λύση με χαμηλό ρυθμό υλοποίησης είναι οι περιπτώσεις όπου οι αισθητήρες τοποθετούνται σε προκαθορισμένες θέσεις. Ωστόσο, στην πράξη αυτή η τεχνολογία αυτή είναι δύσκολο να εφαρμοστεί γιατί οι αισθητήρες δεν είναι προκαθορισμένοι με συγκεκριμένο τρόπο. (Young, 2019).

Μια εφαρμογή που βασίζεται στο IoT στις βιομηχανίες εξόρυξης και ενέργειας είναι ένα σύνολο εργαλείων ή ένα υπο-σύστημα ενός μεγαλύτερου συστήματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει το σύστημα διαχείρισης. Έχει προταθεί ένα πλαίσιο για να βοηθήσει στη δημιουργία ψηφιακών συστημάτων εξόρυξης, τα οποία περιλαμβάνουν εφαρμογές όπως είναι τα σύστημα διαχείρισης τεχνολογίας παραγωγής οι πλατφόρμες ψηφιακής εξόρυξης, τα ολοκληρωμένα συστήματα πληροφοριών παραγωγής και τα συστήματα διαχείρισης ασφάλειας. Έχουν επίσης εφαρμοστεί πιλοτικά έργα συστημάτων ή εφαρμογές που βασίζονται στο IoT στην παρακολούθηση αγωγών πετρελαίου και στην παρακολούθηση της ακτινοβολίας σε πυρηνικές εγκαταστάσεις. Έχει προταθεί ένα έργο μικρής/μεσαίας κλίμακας για αξιόπιστο σύστημα πρόβλεψης συντήρησης σε λειτουργίες αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ο σχεδιασμός παρακολούθησης της κατάστασης των αγωγών (αίσθηση, δράση, παρακολούθηση) υποστηρίζει την καλύτερη και τυποποιημένη διαχείριση και την παρακολούθηση των λειτουργιών των αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επίσης έχει προταθεί ένα σύστημα δοκιμών αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου μέσω του συνδυασμού δοκιμών υπερήχων και αισθητήρων διαρροής μαγνητικής ροής (Xi, 2016).

Στην περίπτωση των έξυπνων οχημάτων και της ρύθμισης της κυκλοφορίας, η υψηλή αξιοπιστία και η αποτελεσματική επικοινωνία λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή κινητικότητα των πραγμάτων στις έξυπνες μεταφορές είναι ζωτικής σημασίας. Έτσι, για να διασφαλιστεί ότι διαφορετικά πρότυπα τεχνολογίας συνεργάζονται, πολλά ιδρύματα έχουν καταλήξει σε πρότυπα για διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας. Αυτό διευκολύνει τη συνεργασία διαφορετικών συσκευών. Για παράδειγμα, στην Ευρώπη, τα 30 MHz έχουν δεσμευτεί μόνο για τη χρήση οχημάτων επικοινωνίας στα 5.875-5.905 GHz και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές. Αντίθετα, οι εφαρμογές οδικής κυκλοφορίας που δεν σχετίζονται με την ασφάλεια, επικοινωνούν στα 20MHz στα 5.855-5.875G (Uhleman, 2015, Lu, 2014).

Ορισμένες πιθανές λύσεις για την διασφάλιση της κινητικότητας, περιλαμβάνουν τη χρήση γεο-δικτύων για την προσαρμογή της δρομολόγησης δεδομένων με βάση γειτονικά οχήματα που έχουν παρόμοιους αισθητήρες, προτείνοντας μια αρχιτεκτονική τριών επιπέδων για το δίκτυο οχημάτων (νέφος οχημάτων, σύννεφο δρόμου και κεντρικό σύννεφο) προκειμένου να επιτευχθεί αποτελεσματικότητα, συνέχεια και αξιοπιστία στις υπηρεσίες cloud για οχήματα και να δημιουργηθεί μια διαδρομή επικοινωνίας (π.χ. με πολλά φορτηγά) που θα μπορούσε να οδηγήσει σε λιγότερες παρεμβολές που οφείλονται στην κινητικότητα. Ωστόσο, αυτές οι λύσεις βασίζονται σε συνεργασία υψηλότερου επιπέδου μεταξύ οχημάτων, η οποία είναι δυνατή μόνο σε αυτοκινητόδρομο. Τελικά, αυτές οι λύσεις βασίζονται στη συνεργασία πολλών οχημάτων για τη μετάδοση δεδομένων μέσω επικοινωνιών V2V και V2R για την υλοποίησή τους με μεγαλύτερη αξιοπιστία (Uhleman, 2015, Lu, 2014).

Πολλές μελέτες έχουν προτείνει λύσεις για το πρόβλημα της διαλειτουργικότητας των συστημάτων που σχετίζονται με το IoT. Μία από αυτές είναι η χρήση καταναμημένων πλατφορμών νέφους που παρέχουν ευελιξία και δυνατότητες επέκτασης σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου στις έξυπνες πόλεις. Προτείνεται επίσης ένα πλαίσιο για την υλοποίηση μιας ενιαίας πλατφόρμας τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) σε όλη την πόλη. Σε μία πιο περιορισμένη εφαρμογή, μια πιλοτική μελέτη στο Πανεπιστήμιο της Πάντοβα (Ιταλία) υλοποίησε μια έξυπνη πόλη για να διευκολύνει την πρώιμη υιοθέτηση εφαρμογών IoT με μια ανοικτή βάση δεδομένων στη δημόσια διοίκηση, αναπτύσσοντας ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων που είχε περισσότερους από 300 κόμβους, πάνω στο οποίο αναπτύχθηκαν εφαρμογές έξυπνου φωτισμού. Τα ζητήματα διαλειτουργικότητας μπορούν μερικές φορές να συνδεθούν με ζητήματα πολιτικής, καθώς απαιτούν τη συνεργασία όλων των ενδιαφερομένων μελών (Sharma, 2021).

Άλλες λύσεις προτείνονται για να αντιμετωπίσουν γενικές προκλήσεις και ζητήματα του IoT που μειώνουν σημαντικά είτε την αξιοπιστία είτε τη λειτουργικότητα των εφαρμογών του. Μία από αυτές είναι η πρόταση ενός επιχειρηματικού μοντέλο στο οποίο μπορεί να βασιστεί η δημιουργία έξυπνων πόλεων. Στο μοντέλο αυτό προτείνεται η δημιουργία μιας αγοράς για δεδομένα που δημιουργούνται από

αισθητήρες. Μέσα από ένα περιβάλλον υπολογιστικού νέφους, και της συμμετοχής πολλών αισθητήρων στην απόκτηση δεδομένων μειώνεται το κόστος, ενώ ταυτόχρονα παρέχονται και κίνητρα στους ανθρώπους να αποκτούν αισθητήρες και να μοιράζονται τα δεδομένα αυτά καθιστώντας με τον τρόπο αυτό περισσότερα δεδομένα διαθέσιμα για πιθανούς παρόχους υπηρεσιών (Perera, 2014).

Για τις εφαρμογές του IoT στη γεωργία, τα αρδευτικά συστήματα αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία λόγω της αύξησης του πληθυσμού, της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της αυξανόμενης ζήτησης για τρόφιμα. Σε πρόσφατη μελέτη προτάθηκε η ανάπτυξη μιας αυτόνομης διεπαφή αισθητήρων χαμηλού κόστους που χρησιμοποιεί ενεργοποιητές αισθητήρες και για την αυτοματοποίηση της παρακολούθησης και του ελέγχου απομακρυσμένων αρδευτικών συστημάτων και τη βελτιστοποίηση της χρήσης των υδάτινων πόρων που χρησιμοποιούνται για άρδευση. Έχει αναπτυχθεί μια αυτόνομη διεπαφή αισθητήρων χαμηλού κόστους για τη βελτιστοποίηση της. Το προτεινόμενο πρωτότυπο παρέχει δυνατότητες τροφοδοσίας, ανίχνευσης, παρακολούθησης και ελέγχου, καθώς και δυνατότητες σύνδεσης στο Διαδίκτυο, για τη διευκόλυνση της αυτόνομης παροχής επαρκούς νερού από μια δεξαμενή σε οικιακές καλλιέργειες (Abba, 2019).

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν σίγουρα πολλά οφέλη, ωστόσο ένα από τα μειονεκτήματά τους είναι η συλλογή της ενέργειας αυτής, καθώς εξαρτάται από το κλίμα, τον καιρό, τις εποχές και την ώρα. Έτσι, ένα υβριδικό σύστημα είναι μία από τις λύσεις η οποία συνδυάζει τις ενέργειες αυτές σε ένα σύστημα που θεωρείται σαν ενιαίο. Έχει προταθεί ένα σύστημα αυτόματου διακόπτη μεταφοράς (ATS – Automated Transfer Switch) που μπορεί να βρει εφαρμογή σε υβριδικά συστήματα ηλιακής/αιολικής ενέργειας, όπου το δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος και η γεννήτρια είναι εφεδρικά ή εφεδρικά, μόνο σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Αυτό καθιστά πρωταρχική ανάγκη τη χρήση πηγών ενέργειας φιλικών προς το περιβάλλον ως κύρια πηγή ενέργειας. Η αυτόματη διαδοχική χρήση του συστήματος, μπορεί να προγραμματιστεί με μικροελεγκτές για την επίβλεψη, παρακολούθηση και την καταγραφή δεδομένων που προέρχονται από τα συστήματα ATS χρησιμοποιώντας τεχνολογία IoT μέσω μιας πύλης διαδικτύου. Αυτές οι λειτουργίες μπορούν να εκτελεστούν τόσο τοπικά όσο και απομακρυσμένα χρησιμοποιώντας τεχνολογία IoT

για ανάλυση δεδομένων με βάση το ιστορικό το οποίο είναι αποθηκευμένο σε διακομιστές cloud (Taqwa, 2019).

3. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διατριβή, αναλύθηκαν μια σειρά από μελέτες που έχουν επικεντρωθεί στον τομέα της περιβαλλοντικής υγείας υψηλού κινδύνου, καθώς και μια επισκόπηση των εφαρμογών που βασίζονται στο IoT σε αυτόν τον τομέα. Είναι σημαντικό η παρακολούθηση των πρόσφατων μελετών, προκειμένου να εντοπιστούν τα κενά και τα προβλήματα που θα κλιθούν να αντιμετωπίσουν οι μελλοντικές μελέτες στον ίδιο τομέα. Αρχικά, έγινε μία αναζήτηση στα κίνητρα που υπάρχουν για τη χρήση του IoT που σχετίζονται με την περιβαλλοντική υγεία και επισημάνθηκαν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των εφαρμογών που βασίζονται στο IoT σε αυτούς τους κλάδους όπως είναι η αρχιτεκτονική σχεδίαση, το επίπεδο των αισθητήρων, η επικοινωνία, τα συστήματα υποστήριξης και οι επιχειρηματικές πτυχές. Όσον αφορά τις προκλήσεις που σχετίζονται με το IoT στην περιβαλλοντική υγεία, μπορεί να εξαχθεί, με βάση τις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση ότι δίνεται μεγαλύτερη έμφαση σε τεχνικές προκλήσεις παρά σε κοινωνικά και οικονομικά ζητήματα. Αυτή η τάση δίνει προτεραιότητα σε λύσεις που αντιμετωπίζουν σε πρώτο χρόνο τεχνικά ζητήματα. Επίσης, τόσο οι τεχνολογίες IoT όσο και οι καταστάσεις που απειλούν την περιβαλλοντική υγεία, αναπτύσσονται πολύ γρήγορα τα τελευταία χρόνια.

Συνοπτικά, η χρήση του IoT για τον τομέα της περιβαλλοντικής υγείας μπορεί να συμπεριλάβει:

- Τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την ανάπτυξη πολύτιμων μοντέλων πρόβλεψης και την καλύτερη υπέρβαση των περιορισμένων όπως είναι η γήρανση του πληθυσμού και η συνεχής παροχή διαφοροποιημένων δεδομένων από το περιβάλλον και από τους ενδιαφερόμενους πληθυσμούς.
- Η χρήση αισθητήρων που μπορούν αξιόπιστα να καταγράψουν σχετικές πληροφορίες θα μπορούσαν να επωφεληθούν από τις τεχνολογικές εξελίξεις. Ωστόσο, οι τεχνολογίες αισθητήρων βρίσκονται ακόμη σε δοκιμαστικές

φάσεις ή είναι πολύ επεκτατικές για να υιοθετηθούν εύκολα από τα ενδιαφερόμενα μέρη της FS

- Πρωτόκολλα δρομολόγησης τα οποία βοηθούν στη μείωση της υπολογιστικής πολυπλοκότητας αλλά και στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.
- Οι εφαρμογές που βασίζονται στο IoT χρησιμοποιούν αξιόπιστα και αποτελεσματικά πρωτόκολλα δρομολόγησης, έτσι ώστε οι ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης να μπορούν να ανταποκρίνονται γρήγορα και εύκολα σε περιστατικά. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η ικανότητα απόκρισης του δικτύου σε πραγματικό χρόνο βελτιστοποιώντας τη μετάδοση δεδομένων (λιγότερη καθυστέρηση από άκρο σε άκρο και απώλεια πακέτων) μειώνοντας παράλληλα και την κατανάλωση ενέργειας

4. Συζήτηση

Η σημασία του IoT στον ευρύτερο τομέα της περιβαλλοντικής υγείας είναι πλέον δεδομένη . Η τεχνολογία IoT ενσωματώνει μια εκτεταμένη γκάμα προϊόντων με μεγάλο βαθμό συνδεσιμότητας, συστημάτων και αισθητήρων, που εκμεταλλεύονται τις προόδους στην υπολογιστική ισχύ, τη σμίκρυνση των ηλεκτρονικών συσκευών και κυκλωμάτων και τις συνδέσεις δικτύου για να προσφέρουν νέες και μοναδικές δυνατότητες που δεν ήταν προηγουμένως εφικτές. Η ιδέα της χρήσης διασυνδεδεμένων υπολογιστών, αισθητήρων και δικτύων για την παρακολούθηση και τον έλεγχο συσκευών δεν είναι καινούργια, αλλά η συγχώνευση των σημερινών βασικών τεχνολογιών ανοίγει νέες δυνατότητες για το IoT (Hosseini, 2020). Το IoT υπόσχεται έναν νέο κόσμο με αυξημένες δυνατότητες διασύνδεσης. Το IoT μπορεί επίσης να δημιουργήσει νέες, έντονα διασυνδεδεμένες σχέσεις μεταξύ των πραγμάτων και του περιβάλλοντός τους, καθώς και μεταξύ των πραγμάτων και των ανθρώπων. Η θεώρηση του IoT ως ένα παγκόσμιο σύνολο συσκευών συνδεδεμένων στο Διαδίκτυο θα μπορούσε στην πραγματικότητα να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο σκεφτόμαστε τον όρο "online". Παρά τα δυνητικά οφέλη, υπάρχουν ορισμένα ζητήματα που εμποδίζουν την ευρεία υιοθέτηση του IoT, ιδίως όσον αφορά την ασφάλεια, την προστασία της ιδιωτικής ζωής, ζητήματα διαλειτουργικότητας και συναφείς πτυχές των προτύπων Το IoT είναι ένα πολύπλευρο και εξελισσόμενο τεχνικό, κοινωνικό και πολιτικό φαινόμενο, με πολλές εμπλεκόμενες πτυχές. Το IoT

είναι ένα πολύπλευρο εξελικτικό φαινόμενο με πολλές εμπλεκόμενες πτυχές. Παρόλα αυτά, καθώς το IoT έχει ήδη επικρατήσει, είναι απαραίτητο να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες που αντιμετωπίζει και να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη του με παράλληλο μετριασμό των κινδύνων. (Rose, 2015).

Το IoT είναι μια τεχνολογία που μπορεί να μας βοηθήσει να λύσουμε πολλά προβλήματα. Είναι ένας τρόπος που χρησιμοποιεί τεχνολογία για να συνδέσει περιβαλλοντικές παραμέτρους μεταξύ τους, ώστε όλοι να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα που τα αφορούν. Και, επειδή αναπτύσσεται τόσο γρήγορα, είναι σημαντικό να το χρησιμοποιήσουμε για να μας βοηθήσει να εξοικονομήσουμε ενέργεια και να προστατεύσουμε το περιβάλλον.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, η αιολική και η γεωθερμία μπορούν να μας βοηθήσουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, κάτι που μπορεί να βοηθήσει στο να επιτευχθούν και οι περιβαλλοντικοί στόχοι. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πηγές, μπορούμε να διασφαλίσουμε ότι όλοι έχουν πρόσβαση σε αυτές και ότι είναι φθηνότερες από την ενέργεια από παραδοσιακές πηγές. Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, μπορεί να συνδυαστεί με το IoT και μπορεί να προσφέρουν πραγματική βοήθεια στην κοινωνία. Για παράδειγμα, η έξυπνη παρακολούθηση της κατανάλωσης, παίζει σημαντικό ρόλο στη διαχείριση της απόδοσης και στη βελτίωση της κατανάλωσης ενεργειακών πόρων (Mahmood, 2020).

Υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες για να εφαρμοστούν τα προϊόντα και οι υπηρεσίες του IoT, προκειμένου να αλλάξουν πολλές πτυχές της ζωής μας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογών είναι η ανάπτυξη των νέων σπιτιών στα οποία περιέχονται νέα προϊόντα IoT, όπως συσκευές με δυνατότητες συνδεσιμότητας, συσκευές βέλτιστης διαχείρισης της ενέργειας αλλά και και συστήματα οικιακού αυτοματισμού. Οι υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης αλλάζουν επίσης προς το καλύτερο με τη χρήση προσωπικών συσκευών IoT, όπως συσκευές φυσικής κατάστασης που μπορούν να φορεθούν και συσκευές παρακολούθησης της υγείας και ιατρικές συσκευές με δυνατότητα δικτύου. Επίσης, σημαντική εφαρμογή βρίσκει το IoT στις έξυπνες πόλεις όπου υπάρχουν συνδεδεμένα σε δίκτυο οχήματα, έξυπνα συστήματα κυκλοφορίας και αισθητήρες ενσωματωμένους σε δρόμους και γέφυρες.

Τέλος, οι εφαρμογές που στηρίζονται στη τεχνολογία IoT μπορεί να ενισχύσει τη γεωργία, την παραγωγή και διανομή ενέργειας και τη βιομηχανία.

5. Μελλοντικές κατευθύνσεις

Οι μελλοντικές εφαρμογές με δυνατότητα IoT μπορεί να κατευθυνθεί στην αντιμετώπιση ορισμένων από τις κύριες προκλήσεις στον κλάδο της περιβαλλοντικής υγείας. Πιο συγκεκριμένα: στην αύξηση της ασφάλειας και τη διασφάλιση του απορρήτου και της ιδιωτικότητας. Στην αντιμετώπιση των προκλήσεων της επικοινωνίας ανάμεσα στους αισθητήρες και της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας σε εφαρμογές όπως αυτές που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες εξόρυξης και παραγωγής ενέργειας. Επίσης, τα ζητήματα διαλειτουργικότητας και τυποποίηση των πρωτοκόλλων αποτελούν σημαντικές προκλήσεις σε εφαρμογές όπως αυτές που συναντώνται στα έξυπνα κτήρια και τις έξυπνες πόλεις. Συνεπώς, η περαιτέρω έρευνα στον πολλά υποσχόμενη τεχνολογία του IoT είναι απαραίτητη προκειμένου να διασφαλίσει την αύξηση στην ποιότητα και την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών αυτών αλλά και για τη συνέχιση της διάδοσης της εν λόγω τεχνολογίας στον κλάδο της περιβαλλοντικής υγείας.

Βιβλιογραφία

Abba, S., Wadumi Namkusong, J., Lee, J. A., & Liz Crespo, M. (2019). Design and performance evaluation of a low-cost autonomous sensor interface for a smart iot-based irrigation monitoring and control system. *Sensors*, 19(17), 3643.

Abouzaidl, H. (1999). Environmental health: a discipline in. *Eastern Mediterranean Health Journal*, 5(4), 655.

Ali, S., Qaisar, S. B., Saeed, H., Farhan Khan, M., Naeem, M., & Anpalagan, A. (2015). Network challenges for cyber physical systems with tiny wireless devices: A case study on reliable pipeline condition monitoring. *Sensors*, 15(4), 7172-7205.

Appannagari, R. R. (2017). Environmental pollution causes and consequences: a study. *North Asian International Research Journal of Social Science and Humanities*, 3(8), 151-161.

Aradhyamatada, S., & Rohitha, U. M. (2020). Developing Smart Environmental solutions using Internet of things for Smart city infrastructure: a survey. *World Scientific News*, 142, 60-75.

Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food control*, 39, 172-184.

Bashir, M. R., & Gill, A. Q. (2016, December). Towards an IoT big data analytics framework: smart buildings systems. In *2016 IEEE 18th International Conference on High-Performance Computing and Communications, IEEE 14th International Conference on Smart City, and IEEE 2nd International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS)* (pp. 1325-1332). IEEE Computer Society.

Behrendt, F. (2019). Cycling the smart and sustainable city: Analyzing EC policy documents on internet of things, mobility and transport, and smart cities. *Sustainability*, 11(3), 763.

Barani, R., & Lakshmi, V. J. (2013). Oil well monitoring and control based on wireless sensor networks using Atmega 2560 controller. *International Journal of Computer Science & Communication Networks*, 3(6), 341.

Briggs, D. J. (2008). A framework for integrated environmental health impact assessment of systemic risks. *Environmental health*, 7(1), 1-17.

Brooks, B. W., Gerding, J. A., Landeen, E., Bradley, E., Callahan, T., Cushing, S., ... & Sarisky, J. (2019). Environmental health practice challenges and research needs for US health departments. *Environmental Health Perspectives*, 127(12), 125001.

Burnier, M., & Fouque, D. (2021). Global warming applied to dialysis: facts and figures. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 36(12), 2167-2169.

Cockerham, L. G., & Shane, B. S. (2019). *Basic environmental toxicology*. Routledge.

Čolaković, A., & Hadžialić, M. (2018). Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues. *Computer networks*, 144, 17-39.

Couturier, J., Sola, D., Borioli, G., & Raiciu, C. (2012). How can the internet of things help to overcome current healthcare challenges. *Communications & Strategies*, (87), 67-81.

Da Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on industrial informatics*, 10(4), 2233-2243.

Davis, M. L., & Masten, S. J. (2013). *Principles of Environmental Engineering*. McGraw-Hill Education.

Debauche, O., Mahmoudi, S., Elmoulat, M., Mahmoudi, S. A., Manneback, P., & Lebeau, F. (2020). Edge AI-IoT pivot irrigation, plant diseases, and pests identification. *Procedia Computer Science*, 177, 40-48.

Deuschl, G., Beghi, E., Fazekas, F., Varga, T., Christoforidi, K. A., Sipido, E., ... & Feigin, V. L. (2020). The burden of neurological diseases in Europe: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Public Health*, 5(10), e551-e567.

Du, C., & Zhu, S. (2012). Research on urban public safety emergency management early warning system based on technologies for the internet of things. *Procedia Engineering*, 45, 748-754.

Ellis, D. I., Muhamadali, H., Haughey, S. A., Elliott, C. T., & Goodacre, R. (2015). Point-and-shoot: rapid quantitative detection methods for on-site food fraud analysis—moving out of the laboratory and into the food supply chain. *Analytical Methods*, 7(22), 9401-9414.

Fafoutis, X., Tsimbalo, E., Mellios, E., Hilton, G., Piechocki, R., & Craddock, I. (2016). A residential maintenance-free long-term activity monitoring system for healthcare applications. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2016(1), 1-20.

Frumkin, H. (Ed.). (2016). *Environmental health: from global to local*. John Wiley & Sons.

Gao, T., Wang, X. C., Chen, R., Ngo, H. H., & Guo, W. (2015). Disability adjusted life year (DALY): A useful tool for quantitative assessment of environmental pollution. *Science of the Total Environment*, 511, 268-287.

Hajjaji, Y., Boulila, W., Farah, I. R., Romdhani, I., & Hussain, A. (2021). Big data and IoT-based applications in smart environments: A systematic review. *Computer Science Review*, 39, 100318.

Hassanalieragh, M., Page, A., Soyata, T., Sharma, G., Aktas, M., Mateos, G., ... & Andreescu, S. (2015, June). Health monitoring and management using Internet-of-Things (IoT) sensing with cloud-based processing: Opportunities and challenges. In 2015 IEEE international conference on services computing (pp. 285-292). IEEE.

Hiromoto, R. E., Sachenko, A., Kochan, V., Koval, V., Turchenko, V., Roshchupkin, O., ... & Kovalok, K. (2014, September). Mobile Ad Hoc wireless network for pre- and post-emergency situations in nuclear power plant. In 2014 2nd International Symposium on Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (pp. 92-96). IEEE.

Hosseini Motlagh, N., Mohammadrezaei, M., Hunt, J., & Zakeri, B. (2020). Internet of Things (IoT) and the energy sector. *Energies*, 13(2), 494.

Hu, P., Ning, H., Qiu, T., Xu, Y., Luo, X., & Sangaiah, A. K. (2018). A unified face identification and resolution scheme using cloud computing in Internet of Things. *Future Generation Computer Systems*, 81, 582-592.

Huo, L., & Wang, Z. (2016). Service composition instantiation based on cross-modified artificial Bee Colony algorithm. *China Communications*, 13(10), 233-244.

Kaloxylou, A., Wolfert, J., Verwaart, T., Terol, C. M., Brewster, C., Robbmond, R., & Sundmaker, H. (2013). The use of future internet technologies in the agriculture and food sectors: integrating the supply chain. *Procedia Technology*, 8, 51-60.

Karatzoglou, I., & Olsson, L. (2017). Internet of things on Power Tools: a study in product development.

Keertikumar, M., Shubham, M., & Banakar, R. M. (2015, October). Evolution of IoT in smart vehicles: An overview. In 2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT) (pp. 804-809). IEEE.

Khajenasiri I, Estebasari A, Verhelst M, Gielen G. A review on internet of things for intelligent energy control in buildings for smart city applications. *Energy Procedia*. 2017;111:770–9.

Konduru, V. R., & Bharamagoudra, M. R. (2017, August). Challenges and solutions of interoperability on IoT: How far have we come in resolving the IoT interoperability issues. In *2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)* (pp. 572-576). IEEE.

Kumar, S., Tiwari, P., & Zymbler, M. (2019). Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review. *Journal of Big data*, 6(1), 1-21.

Kumar, A., Madaan, G., Sharma, P., & Kumar, A. (2021). Application of disruptive technologies on environmental health: An overview of artificial intelligence, blockchain and internet of things. *Asia Pacific Journal of Health Management*, 16(4), 251-259.

Kwon, D., Hodkiewicz, M. R., Fan, J., Shibutani, T., & Pecht, M. G. (2016). IoT-based prognostics and systems health management for industrial applications. *IEEE Access*, 4, 3659-3670.

Landrigan, P. J., & Etzel, R. A. (Eds.). (2013). *Textbook of children's environmental health*. Oxford University Press.

Lee, C. K., Yeung, C. L., & Cheng, M. N. (2015, December). Research on IoT based cyber physical system for industrial big data analytics. In *2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1855-1859). IEEE.

Lenzen, M., Malik, A., Li, M., Fry, J., Weisz, H., Pichler, P. P., ... & Pencheon, D. (2020). The environmental footprint of health care: a global assessment. *The Lancet Planetary Health*, 4(7), e271-e279.

Liu, T., Yuan, R., & Chang, H. (2012, October). Research on the Internet of Things in the Automotive Industry. In 2012 International Conference on Management of e-Commerce and e-Government (pp. 230-233). IEEE.

Liu, Y., Han, W., Zhang, Y., Li, L., Wang, J., & Zheng, L. (2016). An Internet-of-Things solution for food safety and quality control: A pilot project in China. *Journal of Industrial Information Integration*, 3, 1-7.

Lloret, J., Tomas, J., Canovas, A., & Parra, L. (2016). An integrated IoT architecture for smart metering. *IEEE Communications Magazine*, 54(12), 50-57.

Mahmood, Y., Kama, N., Azmi, A., & Ya'acob, S. (2020). An IoT based home automation integrated approach: Impact on society in sustainable development perspective. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl*, 11(1), 240-250.

Minoli, D., Sohraby, K., & Kouns, J. (2017, January). IoT security (IoTSec) considerations, requirements, and architectures. In 2017 14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) (pp. 1006-1007). IEEE.

Mohai, P., & Bryant, B. (2019). Environmental racism: Reviewing the evidence. In *Race and the incidence of environmental hazards* (pp. 163-176). Routledge.

Mohammadi, M., Al-Fuqaha, A., Sorour, S., & Guizani, M. (2018). Deep learning for IoT big data and streaming analytics: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(4), 2923-2960.

Mohamed, A., Hamdi, M. S., & Tahar, S. (2015, August). A machine learning approach for big data in oil and gas pipelines. In 2015 3rd International Conference on Future Internet of Things and Cloud (pp. 585-590). IEEE.

Mohanraj, I., Ashokumar, K., & Naren, J. (2016). Field monitoring and automation using IOT in agriculture domain. *Procedia Computer Science*, 93, 931-939.

Montenegro-Marin, C. E., Gaona-García, P. A., Prieto, J. D., & Nieto Acevedo, Y. V. (2017). Analysis of security mechanisms based on clusters IoT environments.

Nadj, M., Jegadeesan, H., Maedche, A., Hoffmann, D., & Erdmann, P. (2016, June). A Situation Awareness Driven Design for predictive Maintenance Systems: the Case of Oil and gas Pipeline Operations. In ECIS.

Olivier F, Carlos G, Florent N. New security architecture for IoT network. In: International workshop on big data and data mining challenges on IoT and pervasive systems (BigD2M 2015), *procedia computer science*, vol. 52; 2015. p. 1028–33.

Pang, Z., Zheng, L., Tian, J., Kao-Walter, S., Dubrova, E., & Chen, Q. (2015). Design of a terminal solution for integration of in-home health care devices and services towards the Internet-of-Things. *Enterprise Information Systems*, 9(1), 86-116.

Park, E., Del Pobil, A. P., & Kwon, S. J. (2018). The role of Internet of Things (IoT) in smart cities: Technology roadmap-oriented approaches. *Sustainability*, 10(5), 1388.

Pei, M., Cook, N., Yoo, M., Atyeo, A., & Tschofenig, H. (2016). The open trust protocol (OTrP). IETF.

Pekkanen, J., & Pearce, N. (2001). Environmental epidemiology: challenges and opportunities. *Environmental health perspectives*, 109(1), 1-5.

Pereira, C., & Aguiar, A. (2014). Towards efficient mobile M2M communications: Survey and open challenges. *Sensors*, 14(10), 19582-19608.

Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., & Georgakopoulos, D. (2014). Context aware computing for The Internet of Things. *IEEE Communication Survey and Tutorials*. 16 (1): 414–454.

Pleil, J. D., & Stiegel, M. A. (2013). Evolution of environmental exposure science: using breath-borne biomarkers for “discovery” of the human exposome.

Pons, P., Aubert, H., Debourg, É., Rifai, A., Olszacki, M., Matusiak, M., ... & Chatry, C. (2014, July). Chipless passive sensor for wireless monitoring of high radiation doses in nuclear infrastructures. In EWSHM-7th European Workshop on Structural Health Monitoring.

Qiu, T., Chi, J., Zhou, X., Ning, Z., Atiquzzaman, M., & Wu, D. O. (2020). Edge computing in industrial internet of things: Architecture, advances and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(4), 2462-2488.

Ramundo, L., Taisch, M., & Terzi, S. (2016, September). State of the art of technology in the food sector value chain towards the IoT. In 2016 IEEE 2nd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a better tomorrow (RTSI) (pp. 1-6). IEEE.

Ray, P. P. (2018). A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 30(3), 291-319.

Rghioui, A., Aziza, L., Elouaai, F., & Bouhorma, M. (2015). Protecting e-healthcare data privacy for internet of things based wireless body area network. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 9(10), 876-885.

Rizwan, P., Suresh, K., & Babu, M. R. (2016, October). Real-time smart traffic management system for smart cities by using Internet of Things and big data. In 2016 international conference on emerging technological trends (ICETT) (pp. 1-7). IEEE.

Rom, W. N., & Markowitz, S. B. (Eds.). (2007). *Environmental and occupational medicine*. Lippincott Williams & Wilkins.

Roman, R., Najera, P., & Lopez, J. (2011). Securing the internet of things. *Computer*, 44(9), 51-58.

Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). The internet of things: An overview. *The internet society (ISOC)*, 80, 1-50.

Saha, D., Yousuf, M. R., & Matin, M. A. (2011). Energy efficient scheduling algorithm for S-MAC protocol in wireless sensor network. *International Journal of Wireless & Mobile Networks*, 3(6), 129.

Samizadeh Nikoui, T., Rahmani, A. M., Balador, A., & Haj Seyyed Javadi, H. (2021). Internet of Things architecture challenges: A systematic review. *International Journal of Communication Systems*, 34(4), e4678.

Samuel, S. S. I. (2016, March). A review of connectivity challenges in IoT-smart home. In 2016 3rd MEC International conference on big data and smart city (ICBDSC) (pp. 1-4). IEEE.

Sebastian, S., & Ray, P. P. (2015). Development of IoT invasive architecture for complying with health of home. *Proceedings of I3CS, Shillong*, 79-83.

Sfar AR, Natalizio E, Challal Y, Chtourou Z. A roadmap for security challenges in the internet of things. *Digit Commun Netw*. 2018;4(1):118–37

Shahzad, U. (2015). Global warming: Causes, effects and solutions. *Durreesamin Journal*, 1(4), 1-7.

Sharma, H., Haque, A., & Blaabjerg, F. (2021). Machine learning in wireless sensor networks for smart cities: a survey. *Electronics*, 10(9), 1012.

Shelton, D. (2021). *International environmental law*. Brill.

Shenoy, J., & Pingle, Y. (2016, March). IOT in agriculture. In 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom) (pp. 1456-1458). IEEE.

Suciu, G., Vulpe, A., Halunga, S., Fratu, O., Todoran, G., & Suciu, V. (2013, May). Smart cities built on resilient cloud computing and secure internet of things. In 2013 19th international conference on control systems and computer science (pp. 513-518). IEEE.

Swan, M. (2015). Connected car: quantified self becomes quantified car. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 4(1), 2-29.

Tanner, C. M. (2010). Advances in environmental epidemiology. *Movement Disorders*, 25(S1), S58-S62.

Taqwa, A., & Kusumanto, R. D. (2019, February). IoT Technology Monitoring, Controlling and Data Logging for ATS on Grid Connected Solar-Wind Hybrid System. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1167, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.

Turcu, C. E., & Turcu, C. O. (2013). Internet of things as key enabler for sustainable healthcare delivery. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 73, 251-256.

Tzafestad, S. G. (2018). Ethics and Law in the Internet of Things World. *Smart Cities*, 1, 98-120.

Uhlemann, E. (2015). Introducing connected vehicles [connected vehicles]. *IEEE vehicular technology magazine*, 10(1), 23-31.

Verdouw, C. N., Wolfert, J., Beulens, A. J. M., & Riialand, A. (2016). Virtualization of food supply chains with the internet of things. *Journal of Food Engineering*, 176, 128-136.

Vuppalapati, C., Ilapakurti, A., & Kedari, S. (2016, March). The role of big data in creating sense ehr, an integrated approach to create next generation mobile sensor and wearable data driven electronic health record (ehr). In *2016 IEEE second international conference on big data computing service and applications (BigDataService)* (pp. 293-296). IEEE.

White, G., Nallur, V., & Clarke, S. (2017). Quality of service approaches in IoT: A systematic mapping. *Journal of Systems and Software*, 132, 186-203.

- Whitmore, A., Agarwal, A., & Da Xu, L. (2015). The Internet of Things—A survey of topics and trends. *Information systems frontiers*, 17, 261-274.
- World Health Organization. (1999). Overview of the environment and health in Europe in the 1990s. WHO European Centre for Environment and Health.
- Wright, D. A., & Welbourn, P. (2002). *Environmental toxicology* (Vol. 11). Cambridge University Press.
- Xi, G. Q., Tan, F., Yan, L., Huang, C., & Shang, T. (2016). Design of an oil pipeline nondestructive examination system based on ultrasonic testing and magnetic flux leakage. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 31(5), 132-140.
- Yaqoob, I., Ahmed, E., Hashem, I. A. T., Ahmed, A. I. A., Gani, A., Imran, M., & Guizani, M. (2017). Internet of things architecture: Recent advances, taxonomy, requirements, and open challenges. *IEEE wireless communications*, 24(3), 10-16.
- Yang, L., Yang, S. H., & Plotnick, L. (2013). How the internet of things technology enhances emergency response operations. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(9), 1854-1867.
- Young, A., & Rogers, P. (2019). A review of digital transformation in mining. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 36(4), 683-699.
- Yu, W., Liang, F., He, X., Hatcher, W. G., Lu, C., Lin, J., & Yang, X. (2017). A survey on the edge computing for the Internet of Things. *IEEE access*, 6, 6900-6919.
- Yu, R., Zhang, Y., Gjessing, S., Xia, W., & Yang, K. (2013). Toward cloud-based vehicular networks with efficient resource management. *Ieee Network*, 27(5), 48-55.
- Zandalinas, S. I., Fritschi, F. B., & Mittler, R. (2021). Global warming, climate change, and environmental pollution: recipe for a multifactorial stress combination disaster. *Trends in Plant Science*, 26(6), 588-599.

Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, 1(1), 22-32.

Zhang, H., Cheng, F., & Hu, C. (2016). Design of Oil Well Monitoring Information Management System Based on IOT Technology. In *Advanced Graphic Communications, Packaging Technology and Materials* (pp. 627-635). Springer Singapore.

Zheng, X., & Rodríguez-Monroy, C. (2015). The development of intelligent healthcare in China. *Telemedicine and e-Health*, 21(5), 443-448.

Zhou, J., Cao, Z., Dong, X., & Vasilakos, A. V. (2017). Security and privacy for cloud-based IoT: Challenges. *IEEE Communications Magazine*, 55(1), 26-33.

Zhou, H., Liu, B., & Wang, D. (2013). Design and research of urban intelligent transportation system based on the internet of things. In *Internet of Things: International Workshop, IOT 2012, Changsha, China, August 17-19, 2012. Proceedings* (pp. 572-580). Springer Berlin Heidelberg.