



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

Διπλωματική Εργασία

**Τίτλος εργασίας «Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης αέριων
ρύπων με χρήση πλατφόρμας διαδικτύου των πραγμάτων»**

Συγγραφέας:

Παναγιώτης Ασβεστάς-Νικήτας

ΑΜ: 509130820227

Επιβλέπων:

Γεώργιος Χλούπης

Αθήνα, Μάρτιος 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF SURVEYING AND
GEOINFORMATICS ENGINEERING**

Diploma Thesis

Title “Early warning system of gaseous pollutants using internet of things platform”

Student name and surname:

PANAGIOTIS ASVESTAS-NIKITAS

Registration Number: 509130820227

Supervisor:

Georgios Chloupis

Athens, March 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ &
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Τίτλος εργασίας“ Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης αέριων ρύπων
με χρήση πλατφόρμας διαδικτύου των πραγμάτων”

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του
Εισηγητή.**

**Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την
κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:**

A/α	ΟΝΟΜΑΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΧΛΟΥΠΗΣ	ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
2	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΚΡΑΣΑΝΑΚΗΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
3	ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ ΠΑΥΛΟΥ	ΔΙΔΑΣΚΩΝ	

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	5
Περίληψη.....	7
Abstract.....	9
1. Εισαγωγή.....	10
2. Στοιχεία της Ατμόσφαιρας.....	11
2.1. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι.....	11
2.1.1. Επίδραση στο Περιβάλλον.....	13
2.2. Έγκαιρη Προειδοποίηση.....	14
2.2.1. Αντιμετώπιση.....	15
3. Διαδικτυακή Πλατφόρμα “Internet of Things”.....	17
3.1. Τι είναι;.....	17
3.2. Πώς λειτουργεί;.....	18
3.2.1. Επίπεδο αντίληψης.....	19
3.2.2. Επίπεδο επικοινωνίας.....	20
3.2.3. Επίπεδο Εφαρμογής.....	25
3.2.4. Δεδομένα που μπορούν να προβληθούν / Ανησυχίες.....	27
3.3. Πώς μπορεί να βοηθήσει στην «Έγκαιρη Προειδοποίηση»;.....	28
5. Πλατφόρμα “Internet of Things”.....	31
5.1. Δεδομένα που εισήχθησαν και διαδικασία τρόπου άντλησής τους.....	32
5.1.1. Διαδικασία Βήμα προς Βήμα.....	33
5.1.2. Διαγράμματα και Ανάλυσή τους.....	34
5.1.2.1. CO ₂	35
5.1.2.2. CO.....	38
5.1.2.3. NO ₂	39
5.1.2.4. NO.....	40
5.1.2.5. H ₂ S.....	42
5.1.2.6. SO ₂	43
5.1.2.7. Θερμοκρασία.....	44
5.1.2.8. Σχετική Υγρασία.....	45
5.2. Έγκαιρη Προειδοποίηση μέσω της πλατφόρμας “InternetofThings”.....	46
5.3. Αποτελέσματα στο περιβάλλον.....	48
6. Συμπεράσματα.....	49
Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	51
F. Παράρτημα.....	54

1. <i>Εικόνες</i>	54
2. <i>Πίνακες</i>	55
3. <i>Υποσημειώσεις</i>	71

Περίληψη

Αυτή η εργασία εξετάζει τη χρήση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) ως μία πλατφόρμα που βοηθά στην ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Επισημαίνονται τα οφέλη από τη χρήση αισθητήρων IoT για τη συλλογή δεδομένων όπως η ποιότητα του αέρα και παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να αναλυθούν αυτά τα δεδομένα για τον εντοπισμό πιθανών κινδύνων και την παροχή ειδοποιήσεων σε πραγματικό χρόνο. Παρέχονται παραδείγματα για το πώς τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης που βασίζονται στο IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, των φυσικών καταστροφών και της δημόσιας ασφάλειας και συζητώνται οι προκλήσεις που σχετίζονται με τη συλλογή και τη μετάδοση ευαίσθητων δεδομένων.

Σκοπός

Σκοπός της εργασίας είναι να αποδείξει πως τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης που βασίζονται στην πλατφόρμα Internet of Things έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν σημαντικά την ικανότητα να εντοπίζουμε και να ανταποκρινόμαστε αποτελεσματικότερα σε περιβαλλοντικούς κινδύνους και κινδύνους που αφορούν την ασφάλεια, αλλά επίσης να τονίσει την ανάγκη για ισχυρά πλαίσια ασφάλειας και απορρήτου για την προστασία από τους κινδύνους που σχετίζονται με τη συλλογή και τη μετάδοση ευαίσθητων δεδομένων.

Υλικό και Μέθοδος

Για την εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε υλικό απευθείας από την πλατφόρμα του Διαδικτύου των Πραγμάτων, όπως επίσης και επιπρόσθετη ελληνική και διεθνής βιβλιογραφία από το Google Scholar, από δημοσιευμένα επιστημονικά άρθρα και βιβλία.

Συμπεράσματα

Ως συμπέρασμα, αποδεικνύεται από την ερευνητική διαδικασία, πως τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης αέριων ρύπων που βασίζονται στην πλατφόρμα IoT είναι πράγματι πιο επικαιροποιημένα και ασφαλή ως προς τα δεδομένα που παρουσιάζουν. Αυτό συμβαίνει καθώς τα στοιχεία συλλέγονται συνεχώς και επομένως τα συστήματα είναι ικανά να ταυτοποιήσουν την κατάσταση ρύπανσης του αέρα, του εδάφους και

την διακινδύνευση της ασφάλειας των πολιτών σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή που μπορεί να χρειαστεί.

Abstract

This paper examines the use of the Internet of Things (IoT) as a platform to help develop early warning systems for air pollutants. It highlights the benefits of using IoT sensors to collect data such as air quality and shows how this data can be analyzed to identify potential hazards and provide real-time alerts. Examples of how IoT-based early warning systems can be used to monitor air quality, natural disasters, and public safety are provided, and the challenges associated with collecting and transmitting sensitive data are discussed.

Purpose

The purpose of the paper is to demonstrate that early warning systems based on the Internet of Things platform have the potential to significantly enhance our ability to detect and respond more effectively to environmental and security risks, but also to highlight the need for strong security and privacy frameworks to protect against the risks associated with collection and transmission; sensitive data.

Material and Method

For this work, material was used directly from the Internet of Things platform, as well as additional Greek and international bibliography from Google Scholar and also from published scientific articles and books.

Conclusions

As a conclusion, it is proven from the research process, that the air pollution early warning systems based on the IoT platform are indeed more up-to-date and secure in terms of the data they present. This happens as the data is collected continuously and therefore the systems are able to identify the state of air pollution, soil pollution and the risk to the safety of the citizens at any given point in time that may be needed.

1. Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) έχει αναδειχθεί ως μια ισχυρή πλατφόρμα για τη συλλογή και την ανάλυση δεδομένων από μια σειρά πηγών, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων, συσκευών και μηχανών. Αυτή η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει μια ποικιλία βιομηχανιών, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης, των μεταφορών και της περιβαλλοντικής παρακολούθησης¹.

Στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής παρακολούθησης, το Internet of Things έχει τη δυνατότητα να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι μια σημαντική ανησυχία για τη δημόσια υγεία και η έγκαιρη ανίχνευση των ατμοσφαιρικών ρύπων μπορεί να βοηθήσει τα άτομα και τους οργανισμούς να λάβουν μέτρα για την ελαχιστοποίηση της έκθεσής τους στους ρύπους και τον έλεγχο των κινδύνων για την υγεία.

Στην εργασία αυτή, διερευνάται η χρήση συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης που βασίζονται στο IoT για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους, επισημαίνοντας τα οφέλη και τις προκλήσεις που σχετίζονται με αυτήν την προσέγγιση. Παρέχονται παραδείγματα για το πώς οι αισθητήρες IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την ποιότητα του αέρα και αναλύεται η πιθανή ανάλυση των δεδομένων αυτών έτσι ώστε να μπορέσουν να παρέξουν έγκαιρη και έγκυρη ενημέρωση στους χρήστες με βάση τα στοιχεία που τους αφορούν (πχ. τύπος κατοικίας).

Ο στόχος είναι η μείωση του δημόσιου κινδύνου που προκαλεί η ρύπανση του αέρα και η ρύθμιση της με σκοπό την διασφάλιση ενός υγιούς περιβάλλοντος για τους ανθρώπους που ζούνε στην εκάστοτε περιοχή, η οποία βρίσκεται σε κίνδυνο. Συνολικά, υποστηρίζεται ότι τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης που βασίζονται στο IoT έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν σημαντικά την ικανότητα εντοπισμού και να ανταπόκρισης σε περιβαλλοντικούς (και όχι μόνο) κινδύνους και ότι η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας και ασφάλειας.

2. Στοιχεία της Ατμόσφαιρας

Η ατμόσφαιρα της Γης αποτελείται από ένα μείγμα αερίων, κυρίως αζώτου N_2 (78%), οξυγόνου O_2 (21%) και αργού Ar (0,9%). Άλλα αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , το μεθάνιο CH_4 και οι υδρατμοί H_2O υπάρχουν σε πολύ μικρότερες ποσότητες, αλλά εξακολουθούν να είναι σημαντικά για τη διατήρηση του κλίματος και των καιρικών συνθηκών της Γης.ⁱⁱ

2.1. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να εισάγουν ρύπους στην ατμόσφαιρα που μπορεί να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Μερικοί από τους πιο συνηθισμένους ατμοσφαιρικούς ρύπους περιλαμβάνουν:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2): Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Αυτό το αέριο συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή παγιδεύοντας θερμότητα στην ατμόσφαιρα και προκαλώντας τη θέρμανση του πλανήτη.
- Μεθάνιο (CH_4): Το μεθάνιο είναι ένα άλλο αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται από την κτηνοτροφία, τη γεωργία και την εξόρυξη ορυκτών καυσίμων. Είναι ακόμη πιο ισχυρό από το διοξείδιο του άνθρακα όσον αφορά τις δυνατότητες θέρμανσης του πλανήτη.
- Οξείδια του αζώτου (NO_x): Τα οξείδια του αζώτου παράγονται από την καύση ορυκτών καυσίμων και συμβάλλουν σημαντικά στην αιθαλομίχλη και την όξινη βροχή. Συμβάλλουν επίσης στον σχηματισμό όζοντος στο επίπεδο του εδάφους, το οποίο είναι επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία.
- Διοξείδιο του θείου (SO_2): Το διοξείδιο του θείου παράγεται από την καύση άνθρακα και πετρελαίου και μπορεί να συμβάλει στην όξινη βροχή. Μπορεί επίσης να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα στον άνθρωπο και να βλάψει την βλάστηση και να προκαλέσει φθορές σε κτίρια.
- Σωματίδια (PM_x): Τα σωματίδια αποτελούνται από μικροσκοπικά σωματίδια που μπορούν να απελευθερωθούν στον αέρα από τις κατασκευές, τη γεωργία, τις μεταφορικές δραστηριότητες και άλλα. Αυτά τα σωματίδια μπορεί να είναι

επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία, ειδικά όταν είναι αρκετά μικρά ώστε να εισπνευστούν βαθιά στους πνεύμονες. Ο δείκτης x αναπαριστά το μέγεθος των σωματιδίων, το οποίο εκφράζεται σε μικρόμετρα.

- Όζον (O_3): Το όζον, σε επίπεδο εδάφους, απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μέσω των ρύπων που εκπέμπονται από οχήματα, εργοστάσια και άλλες βιομηχανικές πηγές, ορυκτά καύσιμα, καύση, καταναλωτικά προϊόντα, εξάτμιση χρωμάτων και πολλές άλλες πηγές. Μπορεί να επιδεινώσει υπάρχουσες νόσους του αναπνευστικού συστήματος και να προκαλέσει ερεθισμό στον λαιμό, πονοκεφάλους και πόνο στο στήθος.
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO): Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο, το οποίο εκκρίνεται από κινητήρες εσωτερικής καύσης σε αυτοκίνητα, φορτηγά, αεροπλάνα, πλοία και άλλα οχήματα, από τις φωτιές που ανάβουν οι αγρότες για να καθαρίσουν δάση ή χωράφια και από βιομηχανικές διεργασίες που περιλαμβάνουν την καύση ορυκτών καυσίμων. Όταν εισπνέεται σε υψηλά επίπεδα μπορεί να προκαλέσει πονοκεφάλους, ναυτία, ζάλη και αναγούλα. Η παρατεταμένη έκθεση στο αέριο προκαλεί λιποθυμία, καρδιακές νόσους, ακόμη και μόνιμες εγκεφαλικές βλάβες.

Αυτοί οι ρύποι μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, συμπεριλαμβανομένων των αναπνευστικών και καρδιαγγειακών προβλημάτων, και μπορούν επίσης να βλάψουν το περιβάλλον συμβάλλοντας στην κλιματική αλλαγή και καταστρέφοντας τα οικοσυστήματα. Είναι σημαντικό για την κυβέρνηση και τους ιδιώτες να λάβουν μέτρα για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα, όπως με την προώθηση της χρήσης καθαρών και/ή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την εφαρμογή αυστηρότερων κανονισμών ή νόμων για τις βιομηχανικές εκπομπές διοξειδίου και αποβλήτων.ⁱⁱⁱ

2.1.1. Επίδραση στο Περιβάλλον

Οι συνέπειες των ατμοσφαιρικών ρύπων στο περιβάλλον μπορεί να είναι σοβαρές. Για παράδειγμα, η κλιματική αλλαγή που προκαλείται από τα αέρια του θερμοκηπίου μπορεί να οδηγήσει σε άνοδο της στάθμης της θάλασσας, πιο συχνά σε έντονα καιρικά φαινόμενα και αλλαγές στα οικοσυστήματα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αναπνευστικά προβλήματα, καρδιακές παθήσεις και άλλα προβλήματα υγείας στον άνθρωπο, καθώς και να βλάψει τις καλλιέργειες, τα δάση και άλλα φυτικά οικοσυστήματα. Επιπλέον, η όξινη βροχή που προκαλείται από το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου μπορεί να βλάψει τα δάση, τις λίμνες και τα ρυάκια καθώς και την άγρια ζωή που βρίσκεται σε αυτά.

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι και η κλιματική αλλαγή μπορούν να προκαλέσουν συχνότερες και σοβαρές φυσικές καταστροφές, αλλαγές στα πρότυπα βροχοπτώσεων και αλλαγές στα οικοσυστήματα και τους βιότοπους της άγριας ζωής. Η απώλεια βιοποικιλότητας μπορεί να οδηγήσει στην εξαφάνιση φυτικών και ζωικών ειδών, γεγονός που θα διαταράξει τις τροφικές αλυσίδες και τα οικοσυστήματα. Η υποβάθμιση του οικοσυστήματος θα προκαλέσει την απώλεια βασικών υπηρεσιών οικοσυστήματος, όπως ο καθαρός αέρας και το νερό, ο κύκλος των θρεπτικών ουσιών και η δέσμευση άνθρακα. Τελικά, οι επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων μπορούν να οδηγήσουν σε έναν λιγότερο ανθεκτικό και λιγότερο κατοικήσιμο πλανήτη για τις μελλοντικές γενιές.

Προκειμένου να μετριαστούν οι αρνητικές επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων, είναι σημαντικό να μειωθούν οι εκπομπές μέσω της χρήσης καθαρότερων τεχνολογιών, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και άλλων μέτρων. Οι κυβερνήσεις, οι επιχειρήσεις και τα άτομα έχουν όλοι ρόλο να διαδραματίσουν στην προστασία του περιβάλλοντος και στη διασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος.^{iv}

2.2. Έγκαιρη Προειδοποίηση

Η έγκαιρη προειδοποίηση μπορεί να είναι κρίσιμη για την πρόληψη ή τον μετριασμό των αρνητικών παρενεργειών των ατμοσφαιρικών ρύπων. Ανιχνεύοντας και ειδοποιώντας τους ανθρώπους για αλλαγές στο περιβάλλον, μπορεί να βοηθήσει τα άτομα, τις κοινότητες και τις κυβερνήσεις να λάβουν δράση για να μειώσουν την έκθεσή τους σε ρύπους και να αντιμετωπίσουν τις υποκείμενες αιτίες των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Για παράδειγμα, τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης μπορούν να ενημερώνουν εκ των προτέρων για ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως τυφώνες, πλημμύρες και κύματα καύσωνα, επιτρέποντας στους ανθρώπους να εκκενώσουν ή να λάβουν άλλα προστατευτικά μέτρα. Μπορούν επίσης να ειδοποιήσουν τους ανθρώπους για την κακή ποιότητα του αέρα, παρέχοντας πληροφορίες για το πότε και πού να αποφύγουν να περνούν χρόνο σε εξωτερικούς χώρους και ενθαρρύνοντας τα άτομα να λάβουν μέτρα για να μειώσουν τις δικές τους εκπομπές ρύπων, όπως με την χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς ή με την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Επιπλέον, μέσω της έγκαιρης προειδοποίησης μπορούν να βοηθηθούν οι κυβερνήσεις και άλλοι ενδιαφερόμενοι φορείς ώστε να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται πιο αποτελεσματικά τους φυσικούς πόρους, όπως με την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού σε λίμνες και ποτάμια ή με την παρακολούθηση των αλλαγών στη χρήση γης και τα ποσοστά αποψίλωσης των δασών.

Η έγκαιρη προειδοποίηση διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην πρόληψη ή τον μετριασμό των αρνητικών παρενεργειών των ατμοσφαιρικών ρύπων, παρέχοντας στους ανθρώπους τις πληροφορίες και τα εργαλεία που χρειάζονται για να λάβουν δράση στην προστασία του εαυτού τους και του περιβάλλοντος.^v

2.2.1. Αντιμετώπιση

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους οι άνθρωποι και οι κυβερνήσεις μπορούν να αντιμετωπίσουν τους ατμοσφαιρικούς ρύπους:

- Μείωση των εκπομπών: Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι η μείωση των εκπομπών από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως οι μεταφορές, η βιομηχανία και η γεωργία. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει μέτρα όπως η υιοθέτηση καθαρότερων τεχνολογιών και πηγών ενέργειας, η προώθηση των δημόσιων μεταφορών, η ενθάρρυνση πρακτικών βιώσιμης χρήσης γης και η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.
- Παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα: Η παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα μπορεί να βοηθήσει τα άτομα και τις κυβερνήσεις να κατανοήσουν τις πηγές και τις επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων και να αναλάβουν δράση για τη μείωση της έκθεσης. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την εγκατάσταση αισθητήρων ποιότητας αέρα σε σπίτια και δημόσιους χώρους, καθώς και την ανάπτυξη πιο ολοκληρωμένων δικτύων και συστημάτων παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα (πχ. “Internet of Things”).^{vi}
- Νόμοι και πολιτικές χρήσης/ αξιοποίησης: Οι κυβερνήσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια σειρά ρυθμιστικών και πολιτικών εργαλείων για την αντιμετώπιση των ατμοσφαιρικών ρύπων, συμπεριλαμβανομένου του καθορισμού προτύπων εκπομπών για οχήματα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, τη θέσπιση κανονισμών χωροταξίας και αξιοποίησης γης και την προώθηση εκστρατειών ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης του κοινού.^{vii}
- Υιοθέτηση βιώσιμων συμπεριφορών: Η ενθάρρυνση βιώσιμων συμπεριφορών όπως η μείωση των απορριμμάτων, η εξοικονόμηση νερού και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να συμβάλει στη μείωση του συνολικού περιβαλλοντικού αντίκτυπου των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και να προωθήσει ένα πιο βιώσιμο μέλλον.^{viii}
- Έρευνα και καινοτομία: Η επένδυση στην έρευνα και την καινοτομία μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και προσεγγίσεων για την αντιμετώπιση των ατμοσφαιρικών ρύπων και άλλων περιβαλλοντικών προβλημάτων, όπως η ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών και βιώσιμων συστημάτων μεταφορών ή η βελτίωση της απόδοσης των βιομηχανικών διαδικασιών.

Συνολικά, η αντιμετώπιση των ατμοσφαιρικών ρύπων απαιτεί έναν συνδυασμό ατομικής και συλλογικής δράσης, με κυβερνήσεις, επιχειρήσεις και άτομα να παίζουν ρόλο στη μείωση των εκπομπών, στην προώθηση βιώσιμων πρακτικών και στην ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων στις περιβαλλοντικές προκλήσεις.

3. Διαδικτυακή Πλατφόρμα “Internet of Things”

3.1. Τι είναι;

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αναφέρεται στο διασυνδεδεμένο δίκτυο φυσικών συσκευών, αισθητήρων και άλλων συσκευών που είναι σε θέση να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω του Διαδικτύου. Αυτές οι συσκευές είναι ενσωματωμένες με αισθητήρες και άλλες τεχνολογίες που τους επιτρέπουν να συλλέγουν και να μεταδίδουν δεδομένα σχετικά με τη χρήση και το περιβάλλον τους καθώς μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως ή αυτόματα μέσω μίας πλατφόρμας του Διαδικτύου. Οι συσκευές IoT μπορούν να κυμαίνονται από μικρούς και απλούς αισθητήρες έως μεγάλα, πολύπλοκα συστήματα και μπορούν να βρεθούν σε ποικίλες εγκαταστάσεις, όπως σπίτια, εργοστάσια και πόλεις ή ακόμα και στο φυσικό περιβάλλον σε δασικές εκτάσεις καταφύγια και στις κορυφές βουνών. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα συσκευών IoT περιλαμβάνουν θερμοστάτες, συνδεδεμένες συσκευές και fitness trackers.

3.2. Πώς λειτουργεί;

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων λειτουργεί μέσω ενός συνδυασμού συσκευών υλικού, εφαρμογών λογισμικού και πρωτοκόλλων επικοινωνίας που επιτρέπουν σε αυτές τις συσκευές να συλλέγουν και να μοιράζονται δεδομένα με άλλες συσκευές και συστήματα σε πραγματικό χρόνο. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας ενσωματωμένος σε έναν οικιακό θερμοστάτη θα μπορούσε να συλλέξει δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας, τα οποία στη συνέχεια μεταδίδονται σε έναν κεντρικό διανομέα και αναλύονται για να καθοριστούν οι βέλτιστες ρυθμίσεις θέρμανσης και ψύξης για το σπίτι.

Το IoT έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών, από την υγειονομική περίθαλψη έως τις μεταφορές και την κατασκευή, επιτρέποντας πιο αποτελεσματική συλλογή και ανάλυση δεδομένων, αυτοματοποίηση διαδικασιών και παρακολούθηση και έλεγχο συστημάτων σε πραγματικό χρόνο. Έχει επίσης τη δυνατότητα να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των ατόμων, επιτρέποντας πιο εξατομικευμένες και ανταποκρινόμενες υπηρεσίες, όπως η εξατομικευμένη παρακολούθηση της υγείας ή ο έξυπνος αυτοματισμός στο σπίτι.

Το Internet of Things περιλαμβάνει τρία (3) επίπεδα λειτουργίας, τα οποία είναι τα εξής:

- το επίπεδο αντίληψης, υπεύθυνο να ανιχνεύει και να συλλέγει δεδομένα του περιβάλλοντος όπως τα στοιχεία της ατμόσφαιρας ή οποιαδήποτε διαφοροποίηση στον χώρο,
- το επίπεδο επικοινωνίας, το οποίο είναι υπεύθυνο για την μεταβίβαση και ανάλυση των δεδομένων του επιπέδου αντίληψης,
- το επίπεδο εφαρμογής, το οποίο, ενδεχομένως να είναι το σημαντικότερο, επεξεργάζεται αλγορίθμους, συλλέγει δεδομένα από τα προηγούμενα επίπεδα και τα επεξεργάζεται συγκρίνοντάς τα με τα προηγούμενα δεδομένα.

Τα επίπεδα αυτά καθώς και η λειτουργία τους αναλύονται εκτενώς παρακάτω.

3.2.1. Επίπεδο αντίληψης

Το επίπεδο αντίληψης έχει το καθήκον να ανιχνεύει και να συλλέγει δεδομένα από το περιβάλλον, συνήθως μέσω αισθητήρων. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων χρησιμοποιούνται ευρέως σε σενάρια παρακολούθησης καταστροφών: αποτελούνται από κόμβους εξοπλισμένους με μονάδες ανίχνευσης και μονάδες επικοινωνίας που μπορούν να συλλέξουν δεδομένα από το περιβάλλον και στη συνέχεια να τα προωθήσουν σε έναν κόμβο πύλης που διασυνδέεται και επικοινωνεί με υψηλότερα επίπεδα. Τα WSN (WirelessSensorNetwork) προσφέρουν πλεονεκτήματα όπως επεκτασιμότητα, δυναμική αναδιαμόρφωση, αξιοπιστία, μικρό μέγεθος, χαμηλό κόστος και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Ορισμένες πτυχές μιας ανάπτυξης WSN είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην παρακολούθηση καταστροφών ή σε σενάρια καταστροφών, όπως η διάρκεια ζωής της μπαταρίας, η κάλυψη και η ανοχή σφαλμάτων. Η επιλογή της σωστής μονάδας ανίχνευσης μπορεί να είναι απαραίτητη για την παροχή έγκαιρης και ακριβούς απόκρισης και διαφορετικές παράμετροι μπορούν να συμβάλλουν διαφορετικά σε έναν συγκεκριμένο περιβαλλοντικό κίνδυνο.

Η τοποθέτηση αισθητήρων σε ορισμένες ζώνες ή εδάφη μπορεί να είναι ιδιαίτερα δύσκολη και ενώ ορισμένες εφαρμογές παρακολουθούν τοπικά συμβάντα (όπως κατολισθήσεις), άλλες μπορεί να απαιτούν ανάπτυξη σε μεγάλες περιοχές (όπως λεκάνες απορροής ποταμών σε πλημμύρες ή μεγάλες γεωγραφικές περιοχές που μπορεί να επηρεαστούν από σεισμούς), και αυτό θα αυξήσει το κόστος της λύσης και θα απαιτήσει ειδικές στρατηγικές για την αποτελεσματική κάλυψη ολόκληρης της προς παρακολούθηση περιοχής. Για παράδειγμα η διαφοροποίηση μεταξύ κόμβων με δυνατότητες κάλυψης μεγάλης και μικρής εμβέλειας ή με έξυπνη και βελτιστοποιημένη κατανομή των αισθητήρων ανάλογα με την πιθανότητα εμφάνισης της καταστροφής.^{ix}

3.2.2. Επίπεδο επικοινωνίας

Το επίπεδο επικοινωνίας μεταδίδει τα δεδομένα που λαμβάνονται και επεξεργάζονται από το επίπεδο αντίληψης σε διακομιστή, σε υπηρεσία cloud ή σε εφαρμογή. Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση, την επικοινωνία μεταξύ ετερογενών δικτύων και την αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων. Υπάρχουν διαφορετικές τεχνολογίες επικοινωνίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάδοση δεδομένων, τόσο ασύρματα όσο και ενσύρματα.

Οι τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας σε λύσεις IoT για συστήματα έγκυρης προειδοποίησης μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: τεχνολογίες μεγάλης εμβέλειας και τεχνολογίες μικρής εμβέλειας. Οι τεχνολογίες ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος (LPWAN) όπως το Δίκτυο ευρείας περιοχής μεγάλης εμβέλειας (LoRaWAN), το SigFox, το Internet of Things στενής ζώνης (NB-IoT) και η εκτεταμένη κάλυψη GSM IoT (EC-GSM-IoT) προσφέρουν μεγάλη εμβέλεια και χωρίζονται περαιτέρω σε Με Άδεια και Χωρίς Άδεια, ανάλογα με τις ζώνες συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται. Το LoRaWAN και το SigFox χρησιμοποιούν ζώνες Unlicensed Industrial, Scientific and Medical (ISM), ενώ το NB-IoT και το Global System for Mobile Communications (GSM) χρησιμοποιούν κυψελωτά δίκτυα και λειτουργούν σε αδειοδοτημένο φάσμα. Τα κυψελωτά δίκτυα αναπτύσσονται ευρέως και προσφέρουν αξιόπιστες υπηρεσίες και Ποιότητα Υπηρεσίας, αλλά επηρεάζονται έντονα από περιβαλλοντικές καταστροφές, γεγονός που τα καθιστά αναποτελεσματικά για την ανάπτυξη των συστημάτων EW (EarlyWarning). Μεταξύ των τεχνολογιών μικρής εμβέλειας, τα ασύρματα πρωτόκολλα όπως το Bluetooth Low Energy (BLE) και το Zigbee μπορούν να προσφέρουν λύσεις χαμηλού κόστους με πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και υποστήριξη αρχιτεκτονικών πλέγματος. Το κύριο όριο τους είναι η έλλειψη υποστήριξης για επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων, εκτός εάν η λύση χρησιμοποιεί επαναλήπτες, οι οποίοι αυξάνουν το κόστος. Οι πιο κοινές τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας για συστήματα EW είναι οι ακόλουθες:

- Zigbee: Το Zigbee είναι ένα δημοφιλές πρωτόκολλο χαμηλού κόστους, χαμηλής ενέργειας και χαμηλής ταχύτητας που βασίζεται στο υπάρχον πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 και αναπτύχθηκε από την ZigBee Alliance. Λειτουργεί στη ζώνη των 2,4 GHz και έχει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από 20 έως 250 kbps. Το Zigbee υποστηρίζει τοπολογίες δέντρων, αστεριών, πλέγματος και συστάδων, μεταξύ των

οποίων η σύνδεση πλέγματος είναι πιο ευέλικτη και αξιόπιστη, επιτρέποντας στο WSN να επιβιώσει από σφάλματα και απώλειες κόμβων. Έχει ελαφριά στοίβα σε σύγκριση με το Wi-Fi και το Bluetooth και διάρκεια ζωής μπαταρίας έως και 5 χρόνια, αλλά σχετικά μικρή εμβέλεια και χαμηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων.

- Bluetooth και BLE: Το Bluetooth βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.1. Η εξαιρετικά χαμηλής κατανάλωσης και χαμηλού κόστους έκδοση αυτού του προτύπου είναι Bluetooth Low Energy. Τόσο το Bluetooth όσο και το BLE λειτουργούν στη ζώνη ISM 2,4 GHz. Έχουν ταχύτητες δεδομένων έως και 1 Mbps και χρησιμοποιούν κατακερματισμό για τη μετάδοση μεγαλύτερων πακέτων δεδομένων. Στο BLE, υπάρχει μια αντιστάθμιση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας, της καθυστέρησης, του μεγέθους packet και της απόδοσης, αλλά ο συντονισμός παραμέτρων επιτρέπει τη βελτιστοποίηση του BLE για διαφορετικές εφαρμογές IoT.
- 6LOWPAN: Το IPv6 μέσω ασύρματων προσωπικών δικτύων χαμηλής κατανάλωσης (6LoWPAN) είναι ένα πρότυπο που ορίζεται από την Ομάδα Εργασίας Μηχανικής Διαδικτύου για την αποστολή πακέτων IPv6 μέσω του προτύπου IEEE 802.15.4 ή και μέσω άλλων πρωτοκόλλων όπως το Bluetooth/BLE. Χρησιμοποιείται ευρέως για αισθητήρες που πρέπει να μεταδίδουν μικρές ποσότητες δεδομένων και λειτουργεί σε ζώνες χωρίς άδεια. Η ομάδα 6LoWPAN όρισε τους μηχανισμούς ενθυλάκωσης και συμπίεσης που επιτρέπουν στα πακέτα IPv6 να μεταφέρονται μέσω του ασύρματου δικτύου για να επιτρέπουν στα δίκτυα αισθητήρων να χρησιμοποιούν IP αντί για άλλες αποκλειστικές τεχνολογίες.
- Wi-Fi: Το Wi-Fi είναι μια ευρέως διαδεδομένη ομάδα ασύρματων τεχνολογιών σύμφωνα με το πρότυπο IEEE802.11. Αν και είναι ταχύτερες από άλλα πρότυπα ειδικά για το IoT, όπως το Bluetooth, οι συσκευές Wi-Fi καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια από άλλες συσκευές, όπως αυτές που βασίζονται στο BLE. Το Wi-Fi HaLow (802.11.ah) είναι μια νέα τεχνολογία Wi-Fi που λειτουργεί σε φάσμα κάτω από 1 GHz και έχει σχεδιαστεί ειδικά για περιπτώσεις χρήσης IoT προσθέτοντας χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και μεγάλη εμβέλεια, που είναι κατάλληλα για αυτού του είδους τις εφαρμογές.

- LoRaWAN: Το LoRa είναι μια τεχνολογία φυσικού επιπέδου που χρησιμοποιεί μια ιδιόκτητη τεχνική εξάπλωσης φάσματος και το πρωτόκολλο LoRaWAN Medium Access Control είναι ένα πρωτόκολλο ανοιχτού κώδικα τυποποιημένο από τη LoRa Alliance που εκτελείται πάνω από το φυσικό επίπεδο LoRa. Λειτουργεί σε ζώνες ISM, δηλαδή 868 MHz στην Ευρώπη, 915 MHz στη Βόρεια Αμερική και 433 MHz στην Ασία. Η διαμόρφωση του LoRa επιτρέπει εξαιρετική απόδοση έναντι παρεμβολών και διαφορετικών ρυθμών δεδομένων, από 300 bps έως 50 kbps. Το LoRaWAN βελτιώνει την αναλογία των λαμβανόμενων μηνυμάτων χρησιμοποιώντας επαναμεταδόσεις. Προσφέρει μεγάλη κάλυψη (10–40 km σε αγροτικές ζώνες και 1–5 km σε αστικές ζώνες), έχει χαμηλό κόστος και μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας για τις τελικές συσκευές. Παρέχει τρεις κατηγορίες τελικών συσκευών για διαφορετικές απαιτήσεις IoT, όπως λανθάνουσα κατάσταση ή κατανάλωση ενέργειας.
- EC-GSM-IoT: Το EC-GSM-IoT επαναχρησιμοποιεί φορείς στενής ζώνης 200 kHz από δίκτυα GSM και απαιτεί μόνο ενημέρωση λογισμικού του δικτύου GSM, χωρίς να χρειάζεται πρόσθετο υλικό. Ορισμένες λύσεις στην αναθεωρημένη βιβλιογραφία εξακολουθούν να χρησιμοποιούν μονάδες GSM και General Packet Radio Service (GPRS) για συνδεσιμότητα, αλλά το Extended Coverage GSM στοχεύει να παρέχει καλύτερη απόδοση, συμπεριλαμβανομένης καλύτερης εσωτερικής κάλυψης, ανάπτυξης μεγάλης κλίμακας, μειωμένης πολυπλοκότητας και καλύτερης κατανάλωσης ενέργειας σε σύγκριση με μονάδες και συσκευές του παλιού GSM.
- NB-IoT: Το NB-IoT είναι μια τεχνολογία που εισήχθη από το 3rd Generation Partnership Project που λειτουργεί σε αδειοδοτημένο φάσμα και επαναχρησιμοποιεί τις υπάρχουσες υποδομές Long Term Evolution. Το NB-IoT παρέχει υψηλή κάλυψη (20 dB ισχυρότερη από το παραδοσιακό GSM) με υψηλή Μέγιστη Απώλεια Ζεύξης 164 dB, που επιτρέπει στις συσκευές NB-IoT να φτάσουν σε υπόγειες τοποθεσίες (για παράδειγμα για τον εντοπισμό θυμάτων καταστροφών). Έχει χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και βελτιώνει τους μηχανισμούς εξοικονόμησης ενέργειας. Οι διαδικασίες δικτύου, η στοίβα πρωτοκόλλων, τα σχήματα διαμόρφωσης και η πολυπλοκότητα της ζώνης βάσης απλοποιούνται για να μειωθεί η πολυπλοκότητα και το κόστος του Εξοπλισμού Χρήστη. Διαφορετικά είδη λανθάνουσας κατάστασης μπορούν να προκύψουν

κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας NB-IoT και η καθυστέρηση πρέπει να διατηρείται κάτω από 10 δευτερόλεπτα σε εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο.

- 5G: Τα δίκτυα 5G παρέχουν περαιτέρω λύσεις και πόρους όσον αφορά τις επικοινωνίες σταθερής/κινητής τηλεφωνίας. Ειδικότερα, το Ultra Reliable and Low Latency Communication (URLLC) στοχεύει να παρέχει καθυστερήσεις κάτω από 1 ms και με 99% αξιοπιστία, καθιστώντας το ιδιαίτερα κατάλληλο για περιπτώσεις χρήσης όπως η έγκαιρη προειδοποίηση σεισμών, η οποία χαρακτηρίζεται έντονα από τον περιορισμό λανθάνουσας κατάστασης.
- EnOcean: Το EnOcean λειτουργεί σε ζώνες χωρίς άδεια, με συχνότητα 868 MHz στην Ευρώπη και συχνότητα 315 MHz στην Αμερική. Το EnOcean δεν είναι σε θέση να χειριστεί τοπολογίες δικτύου όπως άλλα πρωτόκολλα ασύρματης επικοινωνίας και έχει λιγότερα χαρακτηριστικά από άλλα πρωτόκολλα, αλλά η κύρια εστίασή του είναι να είναι ενεργειακά αποδοτική, επομένως είναι κατάλληλο για διαχείριση καταστροφών, ειδικά χάρη στην εξοικονόμηση ενέργειας, που έχει ως χαρακτηριστική.
- Δορυφορικές επικοινωνίες: Η χρήση δορυφορικών επικοινωνιών μπορεί να αποδειχθεί αποτελεσματική όταν οι επίγειες επικοινωνίες δεν λειτουργούν ή όταν η ανάπτυξη του IoT είναι σε γεωγραφικές περιοχές που είναι δύσκολο να προσεγγιστούν με άλλα μέσα, όπως η κυψελοειδής επικοινωνία, για παράδειγμα λόγω έλλειψης υφιστάμενων υποδομών. Υπάρχουν ορισμένοι πάροχοι που προσφέρουν υπηρεσίες που υποστηρίζουν δορυφορικό IoT, ενώ οι δορυφόροι αναμένεται επίσης να διαδραματίσουν σχετικό ρόλο στην υποστήριξη συστημάτων 5G και IoT.

Οι ενσύρματες τεχνολογίες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε WSN και συστήματα IoT. Για παράδειγμα, βιομηχανικά πρωτόκολλα IoT όπως το CANOpen έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί στην αναθεωρημένη βιβλιογραφία για τη σύνδεση συσκευών και αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν στα ανεπτυγμένα συστήματα EW. Ομοίως, ενσύρματα συστήματα όπως η επικοινωνία οπτικών ινών μπορούν να αποδειχθούν αποτελεσματικά για την επικοινωνία, για παράδειγμα σε υποβρύχιες ρυθμίσεις. Σε αυτό το πλαίσιο, τα προαναφερθέντα ασύρματα πρωτόκολλα ραδιοφώνου συχνά δεν είναι η σωστή επιλογή για επικοινωνίες λόγω των

διαφορετικών σεναρίων διάδοσης, και αντ' αυτού τα Υποβρύχια Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήριων (UWSN) χρησιμοποιούν συχνότερα ακουστικές επικοινωνίες.

Συνήθως, οι ασύρματες επικοινωνίες έχουν αποδειχθεί οι πιο αποτελεσματικές σε καταστροφικά συμβάντα και καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, παρόλο που τόσο οι ενσύρματες όσο και οι ασύρματες επικοινωνίες είναι επιρρεπείς σε αποτυχία. Οι καταστροφές μπορεί να έχουν μεγάλο αντίκτυπο σε υποδομές και εγκαταστάσεις δικτύων, για παράδειγμα αποκοπή της πληγείσας περιοχής σε περίπτωση αστοχίας κεραιών, συνδέσεων οπτικών ινών ή εναέριων καλωδίων. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη πλεονάζοντα κανάλια επικοινωνίας για να διασφαλιστεί ότι οι λειτουργικοί σύνδεσμοι επικοινωνίας είναι πάντα διαθέσιμοι.^x

3.2.3. Επίπεδο Εφαρμογής

Το επίπεδο εφαρμογής χρησιμοποιεί τα δεδομένα που λαμβάνονται από το επίπεδο επικοινωνίας για την παροχή υπηρεσιών ή λειτουργιών, συνδυάζοντας πιθανώς συλλεγμένα δεδομένα με ιστορικά δεδομένα και δεδομένα δορυφορικής ή καιρικής πρόγνωσης από άλλες πηγές. Το επίπεδο εφαρμογής υλοποιεί αλγόριθμους για τη δημιουργία και τη διάδοση προειδοποιήσεων εάν επίκειται ένα καταστροφικό συμβάν. Μπορεί να παρέχει βάσεις δεδομένων για την αποθήκευση παλαιότερων δεδομένων και τρεχόντων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να κάνει προβλέψεις.

Οι διεπαφές χρήστη μπορούν να δημιουργηθούν πάνω από το επίπεδο εφαρμογής και, στις αρχιτεκτονικές που προσανατολίζονται στην υπηρεσία, τα επίπεδα διαχείρισης υπηρεσιών και ενδιάμεσου λογισμικού μπορούν να παρεμβάλλονται μεταξύ του επιπέδου εφαρμογής και του επιπέδου επικοινωνίας για να λειτουργούν ως γέφυρα μεταξύ των συσκευών και των εφαρμογών και διασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα. Οι πλατφόρμες IoT που βασίζονται στο cloud παρέχουν σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες αποθήκευσης και υπολογισμού. Υπάρχουν πολλές υπάρχουσες πλατφόρμες Cloud που παρέχουν διαφορετικές υπηρεσίες χρήσιμες για λύσεις IoT.

Η ανάλυση δεδομένων είναι ένα ουσιαστικό μέρος των συστημάτων IoT EW, που μπορεί να χρειαστεί να αντιμετωπίσουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων από διαφορετικές πηγές, γεωγραφικές τοποθεσίες και χρονικά σημεία, τα οποία πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία και ανάλυση. Η ανάλυση δεδομένων μπορεί να γίνει το σημείο συμφόρησης ενός συστήματος EW και επομένως οι πλατφόρμες cloud θα πρέπει να συσχετίζονται με σύγχρονα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης. Το cloud computing έρχεται επίσης με προβλήματα όπως η καθυστέρηση όταν ο όγκος των δεδομένων προς επεξεργασία είναι πολύ μεγάλος, αλλά το Fog/Edge computing μπορεί να μειώσει το βάρος στο επίπεδο της εφαρμογής. Όταν ασχολούμαστε με μεγάλο αριθμό ετερογενών συσκευών, αισθητήρων και πηγών δεδομένων, όπως στα EWS (EarlyWarningSystems), μια σημασιολογική προσέγγιση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση των ερωτημάτων και της επεξεργασίας δεδομένων.

Το Fog/Edge computing μπορεί να εφαρμοστεί μεταξύ του επιπέδου επικοινωνίας και του επιπέδου εφαρμογής για να παρέχει ταχύτερη απόκριση και καλύτερη ποιότητα από λύσεις που βασίζονται αποκλειστικά στο Cloud computing. Ενώ οι υπηρεσίες

Cloud παρέχουν βασικές δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας, η μετάδοση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων από πολλούς αισθητήρες ή πηγές δεδομένων μπορεί να είναι δαπανηρή και η επεξεργασία πολλών ακατέργαστων δεδομένων σε αποκλειστικούς διακομιστές θα προσθέσει έναν λανθάνοντα χρόνο που μπορεί να επηρεάσει την απόδοση του συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης. Στο Fog and Edge computing, τα δεδομένα από το επίπεδο αντίληψης υποβάλλονται σε επεξεργασία πρώτα στην άκρη του δικτύου (σε πύλες ή τελικές συσκευές) πριν μεταδοθούν σε υψηλότερα επίπεδα, όπως μια υπηρεσία cloud, έτσι ώστε με την καθυστέρηση, η ποσότητα δεδομένων που θα αποσταλεί στο σύννεφο να μπορεί να μειωθεί.

Αυτό μπορεί επίσης να βοηθήσει να ξεπεραστεί η αστάθεια του εύρους ζώνης (καθώς η επεξεργασία δεδομένων στην άκρη μπορεί να μειώσει την κατανάλωση εύρους ζώνης) και τις διακοπόμενες συνθήκες δικτύου όταν συμβαίνουν περιβαλλοντικοί κίνδυνοι ή κατά τη φάση απόκρισης σε καταστροφές. Επιπλέον, το Edge Computing είναι επίσης κατάλληλο για συσκευές με περιορισμένη διάρκεια μπαταρίας. Οι κόμβοι ομίχλης μπορούν να εφαρμόσουν αλγόριθμους για να κάνουν προβλέψεις με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται από το επίπεδο αντίληψης. Είναι επίσης δυνατό να ενσωματωθούν μοντέλα MLflow σε συσκευές Edge, αλλά η πολυπλοκότητα και οι περιορισμοί μνήμης θα μπορούσαν να το καταστήσουν δυσκολότερο.^{xi}

3.2.4. Δεδομένα που μπορούν να προβληθούν / Ανησυχίες

Ο τύπος των πληροφοριών που μπορούν να συλλεχθούν και να μεταδοθούν από συσκευές IoT εξαρτάται από τους συγκεκριμένους αισθητήρες και τη λειτουργικότητά τους, αλλά γενικά περιλαμβάνει δεδομένα που σχετίζονται με την τοποθεσία, την κατάσταση και τις περιβαλλοντικές συνθήκες της συσκευής. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα των τύπων πληροφοριών που μπορούν να συλλεχθούν από συσκευές IoT:

- Περιβαλλοντικά δεδομένα: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ποιότητα του αέρα και άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες που τοποθετούνται σε ένα έξυπνο σπίτι θα μπορούσαν να συλλέγουν δεδομένα για τα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας εσωτερικού χώρου, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.
- Δεδομένα τοποθεσίας: Οι συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή και τη μετάδοση δεδομένων τοποθεσίας, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς, όπως η παρακολούθηση στοιχείων, η παρακολούθηση μοτίβων κυκλοφορίας ή η παροχή υπηρεσιών βάσει τοποθεσίας. Για παράδειγμα, μια φορητή συσκευή παρακολούθησης φυσικής κατάστασης θα μπορούσε να συλλέξει δεδομένα σχετικά με την τοποθεσία του χρήστη και τα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή εξατομικευμένων προτάσεων φυσικής κατάστασης.
- Δεδομένα κατάστασης: Οι συσκευές IoT μπορούν να συλλέγουν δεδομένα για τη δική τους κατάσταση και απόδοση, καθώς και για την κατάσταση άλλων συσκευών και συστημάτων. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες που τοποθετούνται σε βιομηχανικά μηχανήματα θα μπορούσαν να συλλέγουν δεδομένα για τις επιδόσεις και τις ανάγκες συντήρησης, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση των προγραμμάτων συντήρησης και τη μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας.
- Προσωπικά δεδομένα: Οι συσκευές IoT μπορούν επίσης να συλλέγουν προσωπικά δεδομένα, όπως βιομετρικά δεδομένα ή δεδομένα σχετικά με τη συμπεριφορά και τις προτιμήσεις των χρηστών. Για παράδειγμα, ένα σύστημα έξυπνου σπιτιού θα

μπορούσε να συλλέξει δεδομένα σχετικά με τα πρότυπα συμπεριφοράς και τις προτιμήσεις των χρηστών, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την προσαρμογή των συστημάτων φωτισμού και θέρμανσης ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες τους.

Επομένως, οι τύποι πληροφοριών που μπορούν να συλλεχθούν από συσκευές IoT είναι ποικίλοι και διαφορετικοί και εξαρτώνται από τις συγκεκριμένες συσκευές και εφαρμογές που χρησιμοποιούνται. Είναι σημαντικό τα άτομα και οι οργανισμοί να εξετάζουν προσεκτικά τους τύπους δεδομένων που συλλέγονται και τον τρόπο χρήσης τους, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι χρησιμοποιούνται με υπεύθυνο και ηθικό τρόπο.

Ωστόσο, το IoT εγείρει επίσης μια σειρά ανησυχιών για το απόρρητο και την ασφάλεια, καθώς η συλλογή και η κοινή χρήση μεγάλων ποσοτήτων προσωπικών και ευαίσθητων δεδομένων μπορεί να δημιουργήσει τρωτά σημεία και κινδύνους τόσο στα άτομα όσο και στους οργανισμούς. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν ισχυρά πλαίσια ασφάλειας και απορρήτου και να διασφαλιστεί ότι τα οφέλη του IoT μπορούν να πραγματοποιηθούν με ασφαλή τρόπο.^{xii}

3.3. Πώς μπορεί να βοηθήσει στην «Έγκαιρη Προειδοποίηση»;

Το Internet of Things μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης παρέχοντας δεδομένα και πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για μια σειρά περιβαλλοντικών κινδύνων και απειλών της κοινωνικής ασφάλειας. Συλλέγοντας και αναλύοντας δεδομένα από αισθητήρες και άλλες συσκευές IoT, τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης μπορούν να εντοπίσουν γρήγορα πιθανούς κινδύνους και να παρέχουν ειδοποιήσεις σε άτομα και οργανισμούς προκειμένου να τους βοηθήσουν να λάβουν τις κατάλληλες ενέργειες για την αντιμετώπιση των συμβάντων. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα για το πώς το IoT μπορεί να συμβάλει στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης:

- Παρακολούθηση ποιότητας αέρα: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την ποιότητα του αέρα (ΔΠΑ), συμπεριλαμβανομένων των επιπέδων ρύπων όπως τα σωματίδια, το όζον και το διοξείδιο του αζώτου. Με την ανάλυση αυτών των δεδομένων, τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης μπορούν να ειδοποιούν τα

άτομα και τους οργανισμούς όταν τα επίπεδα ποιότητας του αέρα υπερβαίνουν ορισμένα όρια, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν μέτρα για τη μείωση της έκθεσης και την ελαχιστοποίηση των κινδύνων για την υγεία.

- Παρακολούθηση φυσικών καταστροφών: Οι πλατφόρμες IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με μια σειρά περιβαλλοντικών συνθηκών που μπορούν να σηματοδοτήσουν το ενδεχόμενο φυσικών καταστροφών, όπως σεισμούς, πλημμύρες και πυρκαγιές. Αναλύοντας αυτά τα δεδομένα, τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης παρέχουν ειδοποιήσεις στα άτομα και τους οργανισμούς προκειμένου να τους βοηθήσουν να προετοιμαστούν και να ανταποκριθούν σε αυτά τα συμβάντα.
- Παρακολούθηση δημόσιας ασφάλειας: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να ανιχνεύσουν και να συλλέξουν δεδομένα σχετικά ορισμένους κινδύνους δημόσιας ασφάλειας, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, τα ποσοστά εγκληματικότητας και ο χρόνος απόκρισης έκτακτης ανάγκης. Με την ανάλυση αυτών των δεδομένων, τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης μπορούν να ειδοποιούν τα άτομα προκειμένου να αποφύγουν ή να ελαχιστοποιήσουν τους κινδύνους και να επιτρέψουν την αποτελεσματικότερη απόκριση έκτακτης ανάγκης.
- Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο: Στο πλαίσιο των συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης που χρησιμοποιούνται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), ο χρόνος διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στον εντοπισμό και την απόκριση σε πιθανούς κινδύνους ή κρίσιμα γεγονότα. Αυτά τα συστήματα βασίζονται συνήθως σε αισθητήρες ή άλλες συσκευές συλλογής δεδομένων που είναι διάσπαρτες σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, όπως ένα κτίριο, μια πόλη ή ακόμα και μια ολόκληρη περιοχή. Αυτοί οι αισθητήρες συλλέγουν συνεχώς δεδομένα για διάφορες παραμέτρους, όπως θερμοκρασία, υγρασία, πίεση και κίνηση, και μεταδίδουν αυτά τα δεδομένα σε έναν κεντρικό διακομιστή ή πλατφόρμα που βασίζεται σε σύννεφο για ανάλυση. Αναλύοντας αυτά τα δεδομένα με την πάροδο του χρόνου, αυτά τα συστήματα μπορούν να εντοπίσουν μοτίβα ή ανωμαλίες που μπορεί να υποδεικνύουν έναν πιθανό κίνδυνο ή κρίσιμο συμβάν, όπως πυρκαγιά, πλημμύρα ή σεισμό. Για παράδειγμα, μια ξαφνική αύξηση της θερμοκρασίας ή της υγρασίας θα μπορούσε να υποδηλώνει πυρκαγιά, ενώ μια ξαφνική αύξηση της στάθμης του νερού θα μπορούσε να υποδηλώνει πλημμύρα.

Ωστόσο, δεν είναι μόνο τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που έχουν σημασία σε αυτά τα συστήματα. Είναι επίσης τα ιστορικά δεδομένα που παρέχουν το πλαίσιο και βοηθούν στον καθορισμό βασικών γραμμών για την κανονική συμπεριφορά. Αναλύοντας ιστορικά δεδομένα, αυτά τα συστήματα μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα τι συνιστά «κανονική» συμπεριφορά και να εντοπίζουν πιο γρήγορα πότε κάτι δεν πάει καλά.

Επιπλέον, τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης πρέπει να λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο, επομένως ο χρόνος είναι κρίσιμος για να διασφαλιστεί ότι τα συμβάντα εντοπίζονται και ανταποκρίνονται όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Μια καθυστέρηση μόλις λίγων δευτερολέπτων ή λεπτών θα μπορούσε να σημαίνει τη διαφορά μεταξύ της πρόληψης μιας καταστροφής ή του μετριασμού των συνεπειών της.

Συνοπτικά, ο χρόνος είναι απαραίτητος στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για το IoT, επειδή παρέχει το πλαίσιο και τα ιστορικά δεδομένα που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία βασικών γραμμών για κανονική συμπεριφορά και τον γρήγορο εντοπισμό και την απόκριση σε πιθανούς κινδύνους ή κρίσιμα γεγονότα σε πραγματικό χρόνο.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχει τη δυνατότητα να αναβαθμίσει σημαντικά τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης συλλέγοντας και παρέχοντας δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με μια σειρά περιβαλλοντικών κινδύνων και κινδύνων για την ασφάλεια σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν ισχυρά πλαίσια ασφάλειας και απορρήτου για την προστασία των προσωπικών και ευαίσθητων δεδομένων των χρηστών, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως.

5. Πλατφόρμα “Internet of Things”

Όπως αναλύθηκε και παραπάνω, οι πλατφόρμες IoT (Internet of Things) είναι πλαίσια λογισμικού που παρέχουν μια ολοκληρωμένη λύση για τη διαχείριση και την ανάλυση δεδομένων που λαμβάνονται από συσκευές IoT. Αυτές οι πλατφόρμες προσφέρουν συνήθως λειτουργίες όπως αποθήκευση δεδομένων, αναλυτικά στοιχεία, οπτικοποίηση και διαχείριση συσκευών, διευκολύνοντας τη δημιουργία και τη διαχείριση εφαρμογών IoT.

Η χρήση πλατφόρμας ως επιστημονική μέθοδος ευνοεί την έρευνα με διάφορους τρόπους. Μερικοί από αυτούς είναι οι εξής:

- Συλλογή και ανάλυση δεδομένων: Πολλές επιστημονικές πλατφόρμες, όπως τα διαδικτυακά εργαλεία έρευνας (πχ ThingSpeak), επιτρέπουν στους ερευνητές να συλλέγουν δεδομένα από μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων σε σύντομο χρονικό διάστημα. Αυτές οι πλατφόρμες παρέχουν συχνά εργαλεία και για ανάλυση δεδομένων, διευκολύνοντας τους ερευνητές να εξάγουν συμπεράσματα από τα δεδομένα τους.
- Συνεργασία: Οι επιστημονικές πλατφόρμες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη συνεργασία μεταξύ ερευνητών.
- Πειραματισμός: Ορισμένες επιστημονικές πλατφόρμες παρέχουν εργαλεία για τη διεξαγωγή πειραμάτων, όπως η δοκιμή A/B σε έναν ιστότοπο ή μια πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης. Αυτό επιτρέπει στους ερευνητές να δοκιμάσουν υποθέσεις και να μετρήσουν τον αντίκτυπο διαφορετικών μεταβλητών σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον.

Συνολικά, οι πλατφόρμες μπορούν να παρέχουν ένα ισχυρό εργαλείο για τη διεξαγωγή επιστημονικής έρευνας, επιτρέποντας στους ερευνητές να συλλέγουν δεδομένα, να συνεργάζονται, να πειραματίζονται, να ανασκοπούν τη βιβλιογραφία και να προσομοιώνουν πολύπλοκα φαινόμενα.

Μειονεκτήματα της χρήσης πλατφόρμας αποτελούν κυρίως η έλλειψη ανθρώπινης κρίσης με αποτέλεσμα τα ενδεχόμενα λάθη τα οποία συμβαίνουν λόγω του αυτοματισμού. Συνήθως η χρήση πλατφόρμας δεν παρουσιάζει μεγάλο αριθμό μειονεκτημάτων καθώς χρησιμοποιείται για συγκεκριμένο σκοπό για τον οποίο έχει σχεδιαστεί.

Το ThingSpeak είναι μια πλατφόρμα IoT που αναπτύχθηκε από την MathWorks, μια εταιρεία γνωστή για το λογισμικό της MATLAB. Το ThingSpeak επιτρέπει να συλλογή, την ανάλυση και την επεξεργασία δεδομένων από συσκευές IoT, όπως αισθητήρες και ενεργοποιητές. Προσφέρει μια σειρά από λειτουργίες, όπως η αποθήκευση και οπτικοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με εργαλεία ανάλυσης όπως το MATLAB Analytics.

Ένα από τα μοναδικά χαρακτηριστικά του ThingSpeak είναι η ικανότητά του να ενσωματώνεται με το MATLAB, το οποίο σας επιτρέπει να εκτελείτε πιο προηγμένες αναλύσεις στα δεδομένα σας χρησιμοποιώντας σενάρια MATLAB. Αυτό το καθιστά ένα ισχυρό εργαλείο για μηχανικούς και επιστήμονες δεδομένων που θέλουν να αναπτύξουν και να πρωτοτυπήσουν νέες εφαρμογές IoT.

Επιπλέον, το ThingSpeak προσφέρει μια σειρά προσθηκών που επιτρέπουν την ενοποίηση με άλλες πλατφόρμες και υπηρεσίες, όπως το Twitter και το IFTTT (If This, Then, That). Αυτό επιτρέπει στον χρήστη να δημιουργήσει προσαρμοσμένες ροές εργασίας που μπορούν να ενεργοποιήσουν ενέργειες με βάση δεδομένα από τις εκάστοτε συσκευές IoT.

Το ThingSpeak είναι μια ευέλικτη και ισχυρή πλατφόρμα IoT που μπορεί να βοηθήσει στην γρήγορη ανάπτυξη και δημιουργία πρωτότυπων εφαρμογών IoT, καθώς και στην ανάλυση και στην οπτικοποίηση δεδομένων που λαμβάνεται από τις συσκευές σας IoT.

5.1. Δεδομένα που εισήχθησαν και διαδικασία τρόπου άντλησής τους

Στην ανάλυση που θα ακολουθήσει αντλήθηκαν δεδομένα από την πλατφόρμα ThingSpeak. Το ThingSpeak είναι μια πλατφόρμα IoT που επιτρέπει τη συλλογή, οπτικοποίηση και ανάλυση δεδομένων από διάφορους αισθητήρες και συσκευές. Μια τέτοια περίπτωση χρήσης του ThingSpeak είναι η παρακολούθηση της ατμόσφαιρας και των στοιχείων της.

Τα δεδομένα μπορούν να συλλεχθούν από ένα ευρύ φάσμα αισθητήρων που μετρούν διαφορετικές ατμοσφαιρικές παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η πίεση

και η ποιότητα του αέρα. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να αναπτυχθούν σε διάφορες τοποθεσίες, όπως κατοικημένες περιοχές, βιομηχανικές περιοχές και δημόσιους χώρους, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της ατμόσφαιρας.

Τα δεδομένα που συλλέγονται από αυτούς τους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία αναλύσεων σχετικά με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες σε πραγματικό χρόνο. Αυτό περιλαμβάνει γραφήματα που δείχνουν αλλαγές στα επίπεδα θερμοκρασίας ή υγρασίας με την πάροδο του χρόνου, καθώς και χάρτες που δείχνουν την κατανομή της ποιότητας του αέρα σε διάφορες περιοχές.

Ένα παράδειγμα εφαρμογής του ThingSpeak για ατμοσφαιρική παρακολούθηση είναι ένα έργο που συλλέγει δεδομένα σχετικά με τη συγκέντρωση σωματιδίων (PM_{2,5}) στον αέρα. Αυτά τα δεδομένα συλλέγονται από ένα δίκτυο αισθητήρων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία χαρτών θερμότητας σε πραγματικό χρόνο που δείχνουν την κατανομή των συγκεντρώσεων PM_{2,5} σε διαφορετικές περιοχές.

5.1.1. Διαδικασία Βήμα προς Βήμα

Αρχικά, ο χρήστης μεταφέρεται στην ιστοσελίδα [IoTAnalytics–ThingSpeakInternetofThings](#). Εκεί μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο ή να συνδεθεί σε έναν υπάρχον λογαριασμό MathWorks. Για την συγκεκριμένη εργασία δόθηκε πρόσβαση στην πλατφόρμα μέσω του Πανεπιστημίου, με την χρήση του ακαδημαϊκού ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1: Βήμα 1. Αφού έγινε η σύνδεση στην πλατφόρμα, δημιουργήθηκε ένα κανάλι, το οποίο είναι ικανό να δεχτεί δεδομένα. Αυτό είναι δυνατό μέσα από την καρτέλα Channel, όπου υπάρχει η επιλογή «MyChannel», όπως φαίνεται στην Εικόνα 2: Βήμα 2. Στην συνέχεια, επιλέγεται από την λίστα «Δημιουργία νέου καναλιού» (Εικόνα 4: Βήμα 3). Στο παράθυρο που ανοίγεται συμπληρώνονται τα στοιχεία του νέου καναλιού, όπως το όνομα, οι ετικέτες, η γενική περιγραφή του καναλιού και άλλες χρήσιμες πληροφορίες (Εικόνα 3: Βήμα 4). Στο παράθυρο που ανοίγεται με την δημιουργία καναλιού συμπληρώνονται και τα 8 πεδία, στα οποία εστιάζεται η εργασία. Τέλος είναι πλέον δυνατό να ληφθούν και να αναλυθούν δεδομένα ακολουθώντας την διαδικασία που αναφέρεται παρακάτω.

Για την λήψη και ανάλυση των δεδομένων απαιτείται ένα δεύτερο κανάλι (πρότυπο), από το οποίο θα εξαχθούν, και θα εισαχθούν στο νέο. Προκειμένου να βρεθεί το

πρότυπο κανάλι, που σε αυτήν την περίπτωση το παρείχε ο υπεύθυνος καθηγητής, γίνεται αναζήτηση στην αρχική οθόνη της πλατφόρμας ThingSpeak, του userid ή των χρησιμοποιούμενων tagst του καναλιού του καθηγητή. Με αυτόν τον τρόπο βρίσκεται και το Channelid του καναλιού. Τα δεδομένα του πρότυπου καναλιού είναι σε μορφή οκταώρου και λαμβάνονται κάθε 5 περίπου λεπτά, σε πραγματικό χρόνο.

Τα δεδομένα εισήχθησαν στο νέο κανάλι αφού έγινε εξαγωγή από το πρότυπο κανάλι του καθηγητή και ύστερα έγινε εισαγωγή σε αυτό που δημιουργήθηκε. Η ανάλυση των δεδομένων που πάρθηκαν έγινε με την χρήση Excel και τα αποτελέσματα φαίνονται στα διαγράμματα παρακάτω, καθώς και στους πίνακες που εμφανίζονται στο παράρτημα.

Στους πίνακες οι μετρήσεις ελέγχθηκαν για την πιθανότητα να περνάνε κάποιες οριακές τιμές. Οι οριακές αυτές τιμές προκύπτουν ανάλογα με την ποσότητα που κάθε στοιχείο που αναλύεται, θα καθιστούσε τον αέρα επιβλαβή για την υγεία του ανθρώπου. Δηλαδή εάν η ατμόσφαιρα περιέχει μία συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα CO, δεν είναι απαραίτητο το ότι θα είναι επιβλαβής για τον άνθρωπο, αν βρίσκεται σε πολύ μικρή ποσότητα. Επομένως, η πρώτη ποσότητα που θεωρείται πως το CO βλάπτει την υγεία είναι και το όριο που θα μελετηθεί. Εάν οι ποσότητες των στοιχείων είναι κάτω από αυτές τις εκάστοτε τιμές των ορίων, τότε σημειώνονται με πράσινο, ενώ αν είναι πάνω από τις οριακές, σημειώνονται με κόκκινο. Στο παράρτημα εμφανίζονται οι πίνακες των στοιχείων που μελετήθηκαν στο Excel, καθώς και οι εικόνες με τα βήματα της διαδικασίας που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

5.1.2. Διαγράμματα και Ανάλυσή τους

Παρακάτω ακολουθούν τα γραφήματα που αφορούν συγκεκριμένα στοιχεία της ατμόσφαιρας στα οποία διεξήχθη η έρευνα βιβλιογραφίας μέσω την πλατφόρμας ThingSpeak, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Τα στοιχεία τα οποία θα αναλυθούν είναι τα:

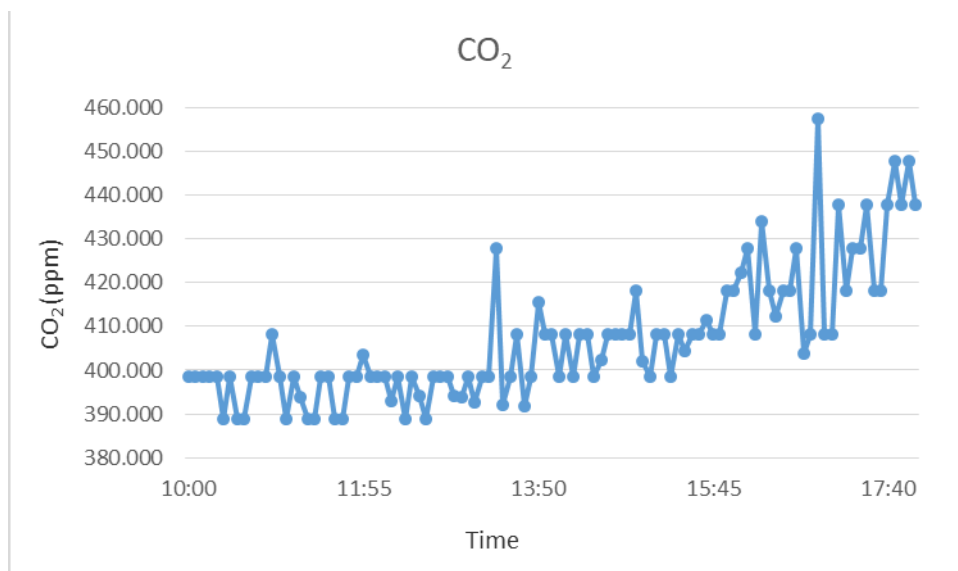
- CO₂
- CO
- NO₂
- NO
- H₂S

- SO₂
- Temo
- RH

Σε συνδυασμό με τα γραφήματα που θα παρουσιαστούν για κάθε ένα από τα παραπάνω στοιχεία, θα υπολογιστούν και δύο τύποι μέσων ωρών. Μέσος όρος οκταώρου καθώς και ωριαίοι μέσοι όροι. Στην συνέχεια θα ακολουθεί σύντομη ανάλυση των δεδομένων όπως και υπόδειξη των ορίων για κάθε ένα από τα στοιχεία.

5.1.2.1. CO₂

Διάγραμμα 1: Ποσότητα CO₂ της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες 10:00 με 18:00



Στο παραπάνω διάγραμμα εμφανίζονται τα δεδομένα που πάρθηκαν για τις 07/03/2023 κατά το οκτάωρο 10:00 με 18:00 από την πλατφόρμα ThingSpeak. Οι μετρήσεις που εμφανίζονται έχουν παρθεί με περίπου 5 λεπτά διαφορά η μία από την άλλη. Παρά τις αποκλίσεις που παρατηρούνται τις ώρες 13:22 και 16:54, γενικά διαπιστώνεται πως η ποσότητα του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει μία σταθερή ανοδική πορεία όσο πλησιάζουν οι απογευματινές και βραδινές ώρες. Ωστόσο οι τιμές παραμένουν εντός των ορίων, γεγονός που υποδεικνύει πως η αύξηση της ποσότητας CO₂, μπορεί να οφείλεται σε απλούς παράγοντες όπως η αλλαγή της δραστηριότητας των φυτών (από φωτοσύνθεση σε αναπνοή).

Στον

Πίνακες

Πίνακας 1 στο παράρτημα εμφανίζονται αναλυτικά οι τιμές του CO₂ κατά την διάρκεια των ωρών που επιλέχθηκαν. Οι τιμές κυμαίνονται κυρίως στα πλαίσια 388697 – 447709, με μία μόνο τιμή να υπερβαίνει το των 450000, στα 457432, η οποία έχει μαρκαριστεί με κόκκινο χρώμα σε αντίθεση με τις υπόλοιπες που είναι μαρκαρισμένες πράσινες.

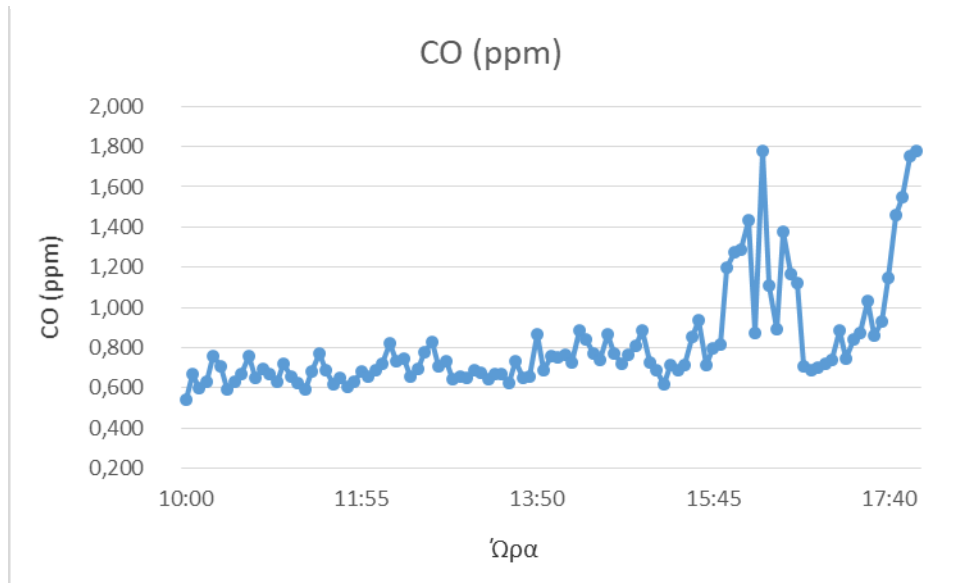
Στον πίνακα υπολογίζονται επίσης οι μέσοι όροι των τιμών ανά ώρα, όπως συνοψίζονται από κάτω:

- 10:00 – 11:00 → 397.006 ppm
- 11:00 – 12:00 → 394.766 ppm
- 12:00 – 13:00 → 395.756 ppm
- 13:00 – 14:00 → 402.904 ppm
- 14:00 – 15:00 → 405.885 ppm
- 15:00 – 16:00 → 408.280 ppm
- 16:00 – 17:00 → 420.439 ppm
- 17:00 – 18:00 → 431.047 ppm

Επιπλέον, υπολογίζεται ο μέσος όρος οκταώρου στα 407.011 ppm

5.1.2.2. CO

Διάγραμμα 2: Ποσότητα CO της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες 10:00 με 18:00



Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται οι τιμές του CO στην ατμόσφαιρα κατά τις επιλεγμένες ώρες (10:00 – 18:00). Από το διάγραμμα παρατηρείται πως με το πέρας της ημέρας υπάρχει μία ξαφνική αύξηση στην ποσότητα CO στον αέρα. Ωστόσο οι τιμές παραμένουν σε φυσιολογικά επίπεδα για την υγεία (<2,000 ppm).

Στον

Πίνακας 2στο παράρτημα παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα και οι τιμές του CO στην ατμόσφαιρα κάθε δεδομένη χρονική στιγμή, καθώς και οι μέσοι όροι ανά ώρα:

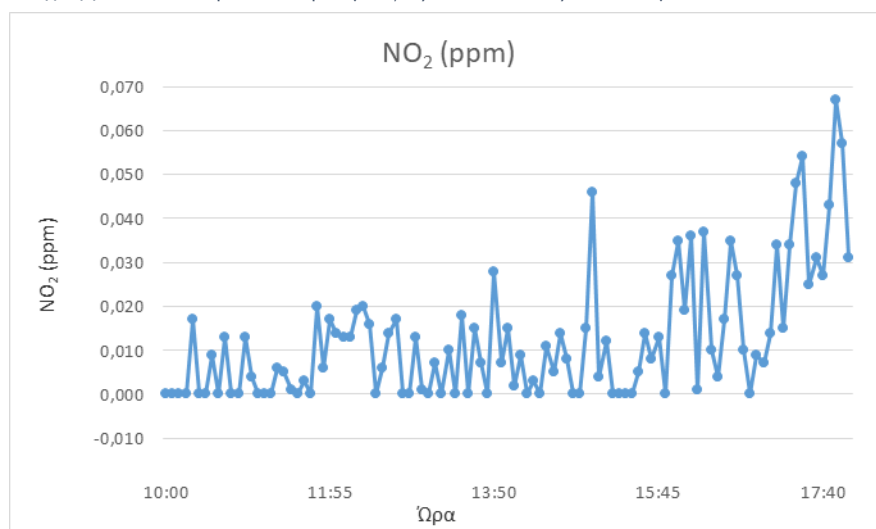
- 10:00 – 11:00 → 0,659 ppm
- 11:00 – 12:00 → 0,657 ppm
- 12:00 – 13:00 → 0,718 ppm
- 13:00 – 14:00 → 0,690 ppm
- 14:00 – 15:00 → 0,792 ppm
- 15:00 – 16:00 → 0,826 ppm
- 16:00 – 17:00 → 1,066 ppm
- 17:00 – 18:00 → 1,122 ppm

Επιπλέον υπολογίζεται ο μέσος όρος οκταώρου, που είναι 0,816 ppm.

Όλες οι τιμές κυμαίνονται στα πλαίσια του φυσιολογικού, δηλαδή κάτω από 2,000 ppm.

5.1.2.3. NO_2

Διάγραμμα 3: Ποσότητα NO_2 της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες 10:00 με 18:00



Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται οι τιμές της ποσότητας του NO_2 στην ατμόσφαιρα, κατά την διάρκεια της ημέρας (10:00 – 18:00). Παρόλο που στο διάγραμμα φαίνονται πολλές διακυμάνσεις οι τιμές είναι πολύ μικρές για να δημιουργήσουν κάποιο πρόβλημα ή να προκαλέσουν κάποια διαφορά στην σύσταση του αέρα. Παρατηρείται και πάλι πως οι τιμές τείνουν να αυξάνουν όσο η μέρα πλησιάζει στο τέλος της.

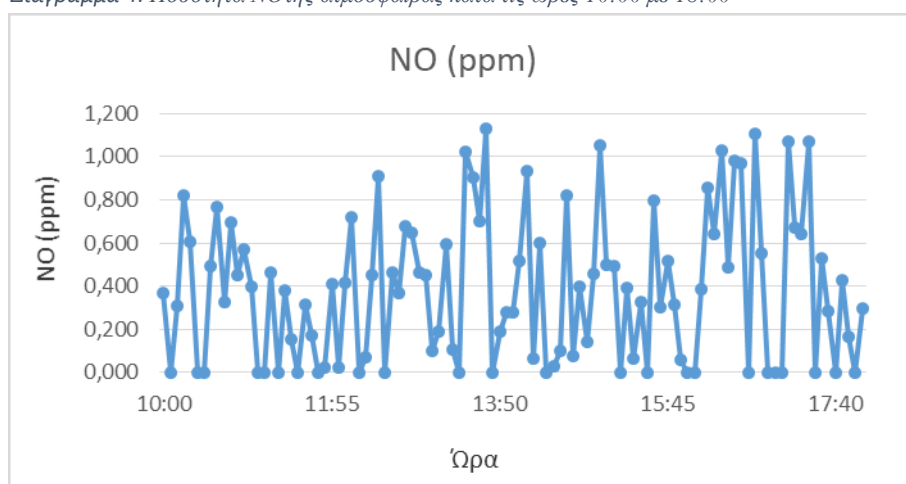
Στον Πίνακα 3 στο παράρτημα παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές του NO₂ στην ατμόσφαιρα, οι οποίες είναι όλες μέσα στα πλαίσια του φυσιολογικού. Υπολογίζονται οι ωριαίοι μέσοι όροι:

- 10:00 – 11:00 → 0,004 ppm
- 11:00 – 12:00 → 0,005 ppm
- 12:00 – 13:00 → 0,010 ppm
- 13:00 – 14:00 → 0,008 ppm
- 14:00 – 15:00 → 0,009 ppm
- 15:00 – 16:00 → 0,009 ppm
- 16:00 – 17:00 → 0,016 ppm
- 17:00 – 18:00 → 0,037 ppm

Επιπλέον υπολογίζεται ο μέσος όρος οκταώρου, που είναι 0,012ppm.

Όλες οι τιμές κυμαίνονται στα πλαίσια του φυσιολογικού, καθώς δεν υπερβαίνουν ούτε την τιμή 0,100 ppm.

Διάγραμμα 4: Ποσότητα NO της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες 10:00 με 18:00



5.1.2.4. NO

Στο διάγραμμα που εμφανίζεται παραπάνω φαίνονται οι τιμές του NO στην ατμόσφαιρα, κατά τις ώρες 10:00 – 18:00. Η ποσότητα φαίνεται να έχει πολλές διακυμάνσεις που ξεκινούν από τα 0,000ppm, ενώ κάποιες ξεπερνούν το όριο (1,000 ppm), γεγονός που είναι λογικό αφού τα οξειδία του αζώτου προκύπτουν από την καύση και οφείλονται για την αιθαλομίχλη και την όξινη βροχή. Τα παραπάνω φαινόμενα δεν εκλείπουν από την σύγχρονη εποχή.

Στον

1. Πίνακες

Πίνακας 1 στο παράρτημα εμφανίζονται αναλυτικότερα οι τιμές του NO στον ατμοσφαιρικό αέρα. Σε αρκετές περιπτώσεις οι τιμές έχουν ξεπεράσει το όριο (1,000 ppm). Συγκεκριμένα στις 13:27, 13:41, 14:59, 16:22, 16:45, 17:08 και 17:21. Στον πίνακα υπολογίζονται επίσης και οι ωριαίοι μέσοι όροι:

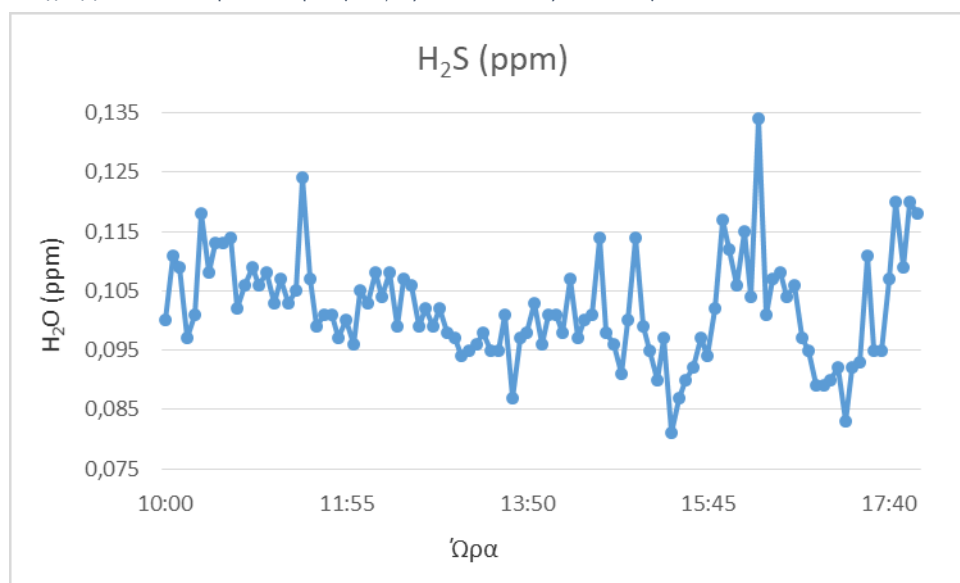
- 10:00 – 11:00 → 0,004 ppm
- 11:00 – 12:00 → 0,005 ppm
- 12:00 – 13:00 → 0,010 ppm
- 13:00 – 14:00 → 0,008 ppm
- 14:00 – 15:00 → 0,009 ppm
- 15:00 – 16:00 → 0,009 ppm
- 16:00 – 17:00 → 1,016 ppm
- 17:00 – 18:00 → 0,037 ppm

Επιπλέον υπολογίζεται ο μέσος όρος οκταώρου, που είναι 0,381 ppm.

Όλες οι τιμές κυμαίνονται στα πλαίσια του φυσιολογικού, καθώς δεν υπερβαίνουν ούτε την τιμή 0,100 ppm.

5.1.2.5. H_2S

Διάγραμμα 5: Ποσότητα H_2S της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες 10:00 με 18:00



Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η ποσότητα του H₂S στην ατμόσφαιρα κατά τις μελετώμενες ώρες. Η τιμές, παρά τις πολλές διακυμάνσεις που εμφανίζουν, φαίνεται να διατηρούνται σε ένα σταθερό φάσμα από 0,081 ppm έως 0,124 ppm, με μία μόνο τιμή να ξεπερνάει το όριο που τέθηκε (<0,125).

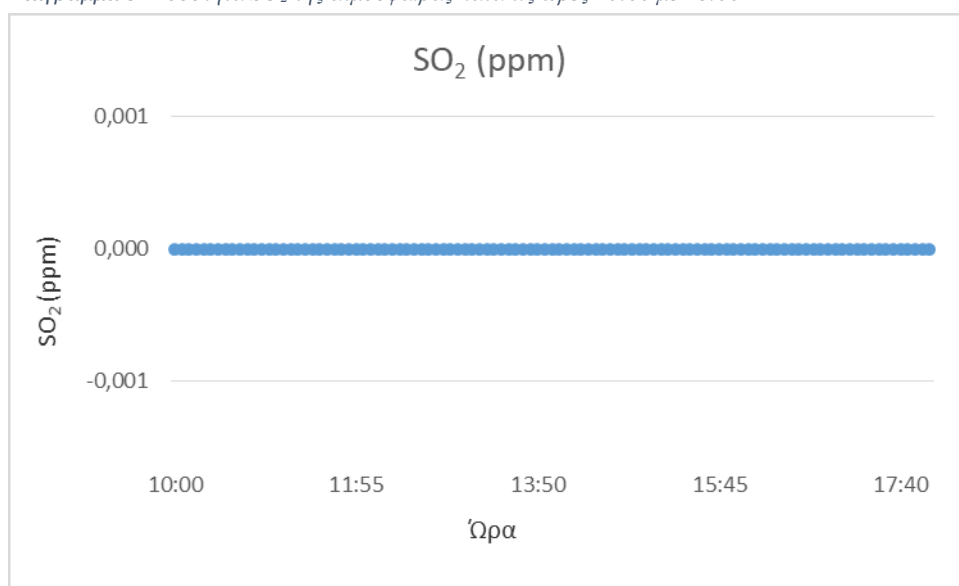
Στον Πίνακα 5 στο παράρτημα φαίνονται αναλυτικά οι τιμές του H₂S στην ατμόσφαιρα για όλες τις ώρες. Η μία τιμή που αποκλίνει έχει μαρκαριστεί με κόκκινο χρώμα και είναι στις 16:17. Για τις τιμές έχουν υπολογιστεί οι μέσοι όροι ανά ώρα:

- 10:00 – 11:00 → 0,104 ppm
- 11:00 – 12:00 → 0,105 ppm
- 12:00 – 13:00 → 0,103 ppm
- 13:00 – 14:00 → 0,096 ppm
- 14:00 – 15:00 → 0,101 ppm
- 15:00 – 16:00 → 0,096 ppm
- 16:00 – 17:00 → 1,104 ppm
- 17:00 – 18:00 → 0,102 ppm

Επιπλέον υπολογίζεται ο μέσος όρος οκταώρου, ο οποίος είναι 0,102 ppm.

5.1.2.6. SO₂

Διάγραμμα 6: Ποσότητα SO₂ της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες 10:00 με 18:00

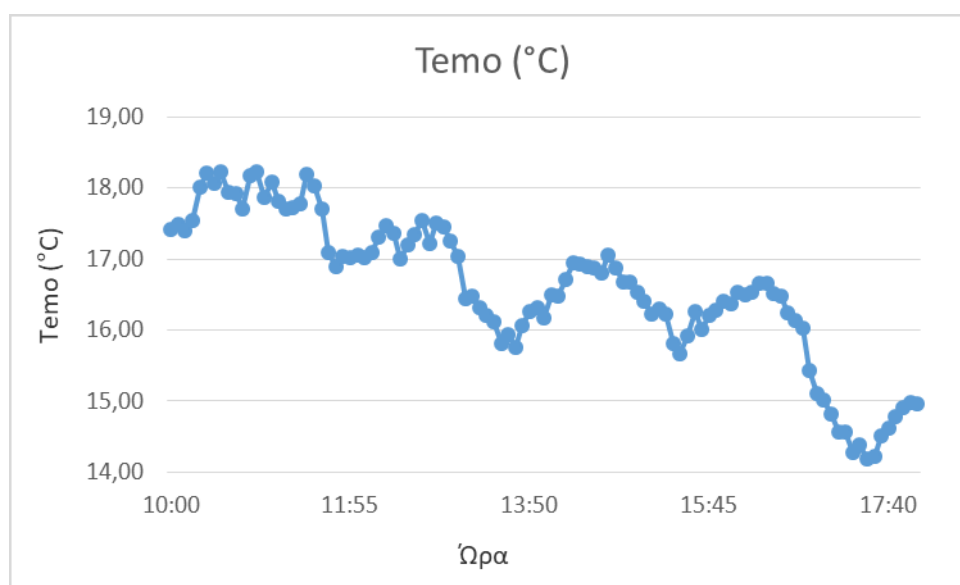


Στο παραπάνω διάγραμμα Φαίνονται οι τιμές του SO₂ στην ατμόσφαιρα, οι οποίες σύμφωνα με τα δεδομένα είναι όλες μηδενικές. Όπως αναφέρθηκε το SO₂ παράγεται από την καύση του άνθρακα και του πετρελαίου, που από τα δεδομένα προκύπτει πως δεν υπήρξε κατά το χρονικό διάστημα 10:00 – 18:00, ενώ με περαιτέρω παρακολούθηση της πλατφόρμας διαπιστώθηκε πως είναι σπάνιο φαινόμενο η αύξηση των τιμών πάνω του μηδενός.

Στον Πίνακα 6 στο παράρτημα εμφανίζονται όλες οι μηδενικές τιμές, καθώς επιβεβαιώνεται πως δεν υπήρξε καμία, έστω και μικρή, απόκλιση από το μηδέν.

5.1.2.7. Θερμοκρασία

Διάγραμμα 7: Θερμοκρασία Temo της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες 10:00 με 18:00



Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνονται οι τιμές της θερμοκρασίας Temo (°C) κατά την διάρκεια των ωρών που παρακολουθήθηκαν. Για την δεδομένη εποχή του χρόνου (άνοιξη) είναι λογικό να παρατηρούμε τις ώρες με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια και επομένως με την μεγαλύτερη θερμοκρασία, νωρίτερα το πρωί (10:00 – 13:00 περίπου) και λιγότερο τις μεσημεριανές ώρες (14:00 – 15:00). Επίσης είναι αναμενόμενο να περιμένουμε ότι όσο η μέρα περνάει και ο ήλιος δύει, η θερμοκρασία θα είναι πιο χαμηλή.

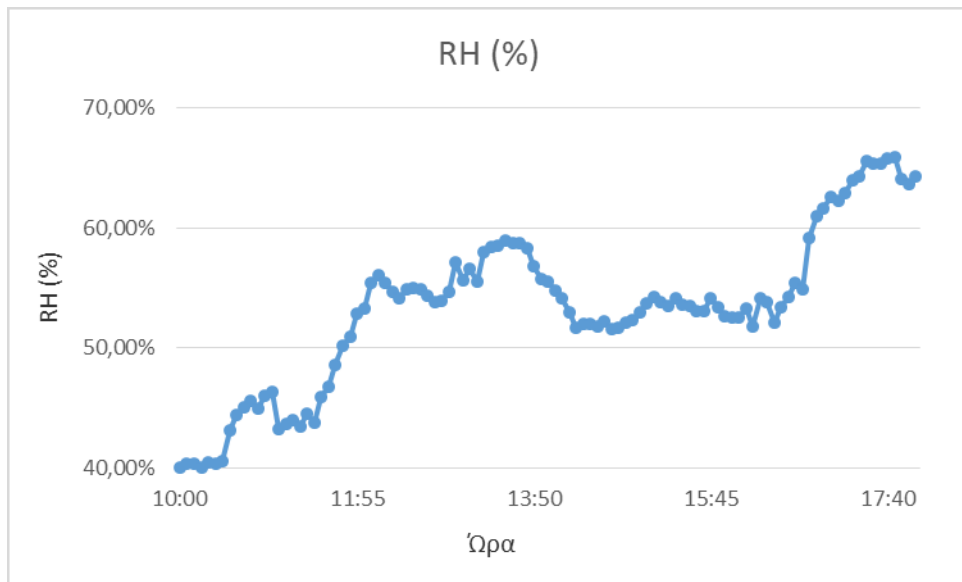
Στον Πίνακα 7 στο παράρτημα φαίνονται αναλυτικότερα οι τιμές της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας (10:00 – 18:00). Υπολογίζονται οι μέσοι όροι θερμοκρασίας ανά ώρα:

- 10:00 – 11:00 → 17,87 °C
- 11:00 – 12:00 → 17,61°C
- 12:00 – 13:00 → 17,27°C
- 13:00 – 14:00 → 16,22°C
- 14:00 – 15:00 → 16,77°C
- 15:00 – 16:00 → 16,16°C
- 16:00 – 17:00 → 16,14°C
- 17:00 – 18:00 → 14,60°C

Επιπλέον υπολογίζεται ο μέσος όρος οκταώρου για την θερμοκρασία, ο οποίος είναι 16,58°C.

5.1.2.8. Σχετική Υγρασία

Διάγραμμα 8: Σχετική Υγρασία RH της ατμόσφαιρας κατά τις ώρες 10:00 με 18:00



Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται τα ποσοστά της σχετικής υγρασίας στην ατμόσφαιρα RH (%). Στο διάγραμμα παρατηρούμε πως οι τιμές έχουν μία σχεδόν σταθερή ανοδική πορεία με την πάροδο του χρόνου, γεγονός που δικαιολογείται καθώς με την σταδιακή δύση του ηλίου αυξάνονται και τα ποσοστά της σχετικής υγρασίας στον αέρα.

Στον Πίνακα 8 εμφανίζονται αναλυτικότερα τα ποσοστά της σχετικής υγρασίας RH (%) κάθε στιγμή μέσα στο δεδομένο οκτάωρο (10:00 – 18:00). Υπολογίζονται οι μέσοι όροι των ποσοστών ανά ώρα:

- 10:00 – 11:00 → 42,42%
- 11:00 – 12:00 → 46,50%
- 12:00 – 13:00 → 54,82%
- 13:00 – 14:00 → 57,34%
- 14:00 – 15:00 → 52,49%
- 15:00 – 16:00 → 53,49%
- 16:00 – 17:00 → 55,17%
- 17:00 – 18:00 → 64,28%

Τέλος, υπολογίζεται ο μέσος όρος οκταώρου για την σχετική υγρασία, ο οποίος είναι 53,31%.

5.2. Έγκαιρη Προειδοποίηση μέσω της πλατφόρμας “InternetofThings”

Η χρήση τεχνολογιών Internet of Things (IoT) μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην έγκαιρη προειδοποίηση για την ατμοσφαιρική ρύπανση. Με την ανάπτυξη αισθητήρων IoT σε στρατηγικές τοποθεσίες, είναι δυνατή η συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για διάφορους ρύπους και αέρια, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου, μεταξύ άλλων. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν σε ένα κεντρικό σύστημα, το οποίο μπορεί να τα αναλύσει και να εκδώσει ειδοποιήσεις όταν τα επίπεδα ρύπανσης υπερβαίνουν τα ασφαλή όρια.

Επιπλέον, το IoT μπορεί να επιτρέψει τη δημιουργία δυναμικών χαρτών ποιότητας του αέρα, οι οποίοι μπορούν να παρέχουν στους χρήστες πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τα επίπεδα ρύπανσης σε συγκεκριμένες περιοχές. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να βοηθήσουν άτομα και οργανισμούς να λάβουν προληπτικά μέτρα για την προστασία της υγείας τους και του περιβάλλοντος.

Συνολικά, η χρήση του IoT στην έγκαιρη προειδοποίηση για την ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία, τα οικοσυστήματα και την οικονομία. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό για τις κυβερνήσεις, τις επιχειρήσεις και τα άτομα να επενδύσουν σε τεχνολογίες IoT για την παρακολούθηση και τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα στις αντίστοιχες περιοχές τους.

5.3.Αποτελέσματα στο περιβάλλον

Συμπερασματικά, το Internet of Things (IoT) έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει σημαντικά το περιβάλλον, τόσο θετικά όσο και αρνητικά. Από τη μία πλευρά, το IoT μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της κατανάλωσης πόρων και των αποβλήτων, στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και στην προώθηση βιώσιμων πρακτικών. Για παράδειγμα, τα έξυπνα δίκτυα, τα έξυπνα σπίτια και τα έξυπνα συστήματα μεταφορών μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση ενέργειας και να μειώσουν τις εκπομπές άνθρακα.

Από την άλλη πλευρά, η ευρεία ανάπτυξη συσκευών και υποδομών IoT μπορεί επίσης να οδηγήσει σε περιβαλλοντικές ανησυχίες, όπως ηλεκτρονικά απόβλητα, εξάντληση πόρων και αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, τα δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες και συσκευές IoT ενδέχεται επίσης να ενέχουν κινδύνους για το απόρρητο και την ασφάλεια, γεγονός που μπορεί να έχει έμμεσες επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να εξετάσουμε προσεκτικά τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των τεχνολογιών IoT και να τις σχεδιάσουμε με τρόπο που να ελαχιστοποιεί τις αρνητικές επιπτώσεις τους μεγιστοποιώντας τα πιθανά οφέλη τους. Αυτό απαιτεί μια συλλογική προσπάθεια από διάφορους ενδιαφερόμενους φορείς, συμπεριλαμβανομένων των κυβερνήσεων, των επιχειρήσεων και των ατόμων, για να διασφαλιστεί ότι το IoT αναπτύσσεται υπεύθυνα και βιώσιμα. Συνοψίζοντας, ενώ το IoT έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση σε διάφορες πτυχές της ζωής μας, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπός του πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά για να διασφαλιστεί ένα βιώσιμο και ευημερούν μέλλον.

6. Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι, μέσω των προαναφερόμενων, καθώς και των πινάκων αποδεικνύεται η πρακτική χρησιμότητα του IoT τόσο στην καταμέτρηση στοιχείων στην ατμόσφαιρα και την πιο απλή καθημερινή χρήση αισθητήρων όσο και στην έγκαιρη προειδοποίηση ακραίων καιρικών φαινομένων ή στοιχείων ρύπανσης τα οποία είναι επικίνδυνα υψηλά και βλαβερά για το περιβάλλον. Όπως παρουσιάστηκε στους πίνακες μέσω της πλατφόρμας IoT έγινε πλήρης καταγραφή των στοιχείων της ατμόσφαιρας για συγκεκριμένες ώρες.

Ωστόσο η πλατφόρμα μετράει τα στοιχεία της ατμόσφαιρας ανά πέντε (5) λεπτά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη γνώση των στοιχείων άρα και την γνώση πιθανών σοβαρά χαμηλών ή κρίσιμα υψηλών τιμών που συνδέονται με κάποιο σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα με αποτέλεσμα την έγκαιρη προειδοποίηση. Σημαντικός καθίσταται ο ρόλος του χρόνου, realtime, καθώς υπάρχει η δυνατότητα άμεσης προειδοποίησης και όπως προαναφέρθηκε αποτελεί ίσως και το χρησιμότερο εργαλείο καθώς τα οι ανάλογες.

Η παρακολούθηση και η ανάλυση σε πραγματικό χρόνο είναι κρίσιμα στοιχεία των συστημάτων IoT, ιδιαίτερα στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για τον εντοπισμό και την απόκριση σε πιθανούς κινδύνους ή κρίσιμα συμβάντα. Ο χρόνος διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο σε αυτά τα συστήματα, καθώς η συλλογή, η επεξεργασία και η ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο είναι απαραίτητες για την ταχεία ανίχνευση ανωμαλιών και την κατάλληλη απόκριση.

Τα συστήματα IoT έχουν τη δυνατότητα να φέρουν επανάσταση στους κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης, των μεταφορών, της γεωργίας και της κατασκευής, επιτρέποντας την παρακολούθηση, την αυτοματοποίηση και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο. Έχουν επίσης τη δυνατότητα να ενισχύσουν την ασφάλεια και την ασφάλεια παρέχοντας συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για πιθανούς κινδύνους ή κρίσιμα συμβάντα.

Σαφώς πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπ' όψιν τα αποτελέσματα που μπορεί η εκτεταμένη χρήση των συστημάτων IoT να φέρει στην ανθρώπινη καθημερινότητα ειδικά στα προσωπικά δεδομένα καθώς η, μέχρι σήμερα, χρήση και γνώση των συστημάτων κρίνει την συλλογή προσωπικών δεδομένων αναπόφευκτη. Δεδομένου

του γεγονότος ότι το IoT αποτελεί σχετικά πρόσφατη δημιουργία δεν μπορεί κάποιος να γνωρίζει τις μακροχρόνιες συνέπειες της εφαρμογής του.

Συνολικά, τα συστήματα IoT αντιπροσωπεύουν μια σημαντική ευκαιρία για καινοτομία και μετασχηματισμό σε διάφορους κλάδους, αλλά η επιτυχία τους θα εξαρτηθεί από την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και την εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών σχεδιασμού, υλοποίησης και διαχείρισης.

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

- Brown, Eric (20 September 2016). "21 Open Source Projects for IoT". Linux.com. Retrieved 23 October 2016.
- Gillis, Alexander (2021). "What is internet of things (IoT)?". IOT Agenda. Retrieved 17 August 2021.
- "Internet of Things Global Standards Initiative". ITU. Retrieved 26 June 2015.
- Hendricks, Drew. "The Trouble with the Internet of Things".
- London Datastore. Greater London Authority. Retrieved 10 August 2015.
- hafiq, Muhammad; Gu, Zhaoquan; Cheikhrouhou, Omar; Alhakami, Wajdi; Hamam, Habib (3 August 2022). "The Rise of "Internet of Things": Review and Open Research Issues Related to Detection and Prevention of IoT-Based Security Attacks". *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2022: e8669348. doi:10.1155/2022/8669348. ISSN 1530-8669.
- Andrew Rajj et al, 'Privacy Risks Emerging from the Adoption of Innocuous Wearable Sensors in the Mobile Environment' (2011) Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems 11
- https://www.researchgate.net/publication/221518517_Privacy_risks_emerging_from_the_adoption_of_innocuous_wearable_sensors_in_the_mobile_environment
- David Hall and James Llinas, 'An Introduction to Multisensor Data Fusion' (1997) 85 Proceedings of the IEEE 6,
- https://www.researchgate.net/publication/2985118_An_Introduction_to_Multisens_or_Data_Fusion
- NashreenNesa and Indrajit Banerjee, 'IoT-based sensor data fusion for occupancy sensing using Dempster-Shafer evidence theory for smart buildings' (2017) 4 IEEE Internet of Things Journal 1563
- PardisEmami-Naeini et al, 'Privacy Expectations and Preferences in an IoT World' (2017) Thirteenth Symposium on Usable Privacy and Security 399
- <https://www.usenix.org/system/files/conference/soups2017/soups2017-naeini.pdf>
- Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), subject to the State of New South Wales Crown requirements.
- Riley M, Kirkwood J, Jiang N, Ross G and Scorgie Y. 'Air quality monitoring in NSW: From long term trend monitoring to integrated urban services'. *Air Quality & Climate Change*. 2020; 54(1): 44-51.
- S. Poslad, S. E. Middleton, F. Chaves, R. Tao, O. Necmioglu and U. Bügel, "A Semantic IoT Early Warning System for Natural Environment Crisis

Management," in IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, vol. 3, no. 2, pp. 246-257, June 2015, doi: 10.1109/TETC.2015.2432742.

- Communication on EU Action Plan: ‘Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil’ and annexes (2015)
- Staff working document: Digital Solutions for Zero Pollution
- Staff working document: Towards a monitoring and outlook framework for the zero pollution ambition
- Factsheet on the Zero Pollution Action Plan: ‘2050: a healthy planet for all’
- Full synopsis report - results of the public consultation on the Zero Pollution Action Plan
- Factual summary report of the results of the public consultation
- Roadmap - zero pollution action plan
- Factsheet - eliminating pollution
- EEA Signals 2020 - Towards zero pollution in Europe
- EEA Report - 'Healthy environment, healthy lives: how the environment influences health and well-being in Europe'
- Report - Horizon projects supporting the Zero Pollution Action Plan
- <https://www.pca.state.mn.us/news-and-stories/what-you-can-do-about-air-pollution>
- Zhao, Y.L., Tang, J., Huang, H.P., Wang, Z., Chen, T.L., Chiang, C.W. and Chiang, P.C. (2020). Development of IoT Technologies for Air Pollution Prevention and Improvement. *Aerosol Air Qual. Res.* 20: 2874–2888. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2020.05.0255>
- L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “The Internet of Things: a survey,” *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.
- A. Whitmore, A. Agarwal, and L. Da Xu, “The internet of things—a survey of topics and trends,” *Information Systems Frontiers*, vol. 17, no. 2, pp. 261–274, 2015.
- D. Zeng, S. Guo, and Z. Cheng, “The web of things: a survey,” *Journal of Communications*, vol. 6, no. 6, pp. 424–438, 2011.
- S. Bandyopadhyay, M. Sengupta, S. Maiti, and S. Dutta, “Role of middleware for internet of things: a study,” *International Journal of Computer Science & Engineering Survey*, vol. 2, no. 3, pp. 94–105, 2011.
- J. Soldatos, N. Kefalakis, M. Hauswirth et al., “Openiot: open source internet of things in the cloud,” in *Interoperability and Open-Source Solutions for the Internet of Things: International Workshop, FP7 OpenIoT Project, Held in*

Conjunction with SoftCOM 2014, Split, Croatia, September 18, 2014, Invited Papers, vol. 9001 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 13–25, Springer, Berlin, Germany, 2015.

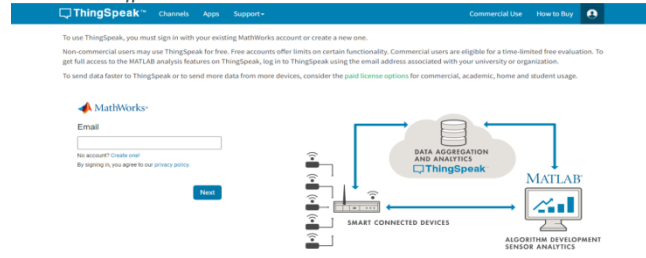
- A. Ranganathan, J. Al-Muhtadi, S. Chetan, R. Campbell, and M. D. Mickunas, “Middlewhere: a middleware for location awareness in ubiquitous computing applications,” in *ACM/IFIP/USENIX International Conference on Distributed Systems Platforms and Open Distributed Processing Middleware 2004*, pp. 397–416, Springer, New York, NY, USA, 2004.
- M. Eisenhauer, P. Rosengren, and P. Antolin, “A development platform for integrating wireless devices and sensors into ambient intelligence systems,” in *Proceedings of the 6th IEEE Annual Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks Workshops (SECON Workshops '09)*, pp. 1–3, IEEE, Rome, Italy, June 2009.
- T. Zahariadis, A. Papadakis, F. Alvarez et al., “FIWARE lab: managing resources and services in a cloud federation supporting future internet applications,” in *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC '14)*, pp. 792–799, IEEE, London, UK, December 2014.
- A. Schmidt and K. Van Laerhoven, “How to build smart appliances?” *IEEE Personal Communications*, vol. 8, no. 4, pp. 66–71, 2001. □ W. Z. Khan, Y. Xiang, M. Y. Aalsalem, and Q. Arshad, “Mobile phone sensing systems: a survey,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 15, no. 1, pp. 402–427, 2013.
- Accelerometers, Chris Woodford

<http://www.explainthatstuff.com/accelerometers.html>.

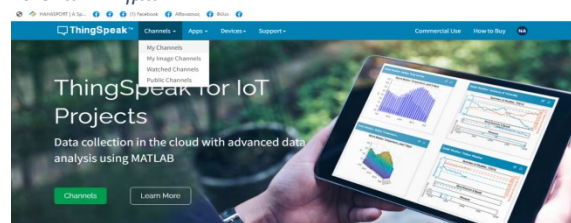
F. Παράρτημα

2. Εικόνες

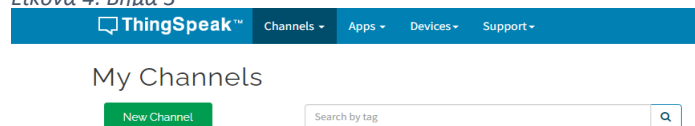
Εικόνα 1: Βήμα 1



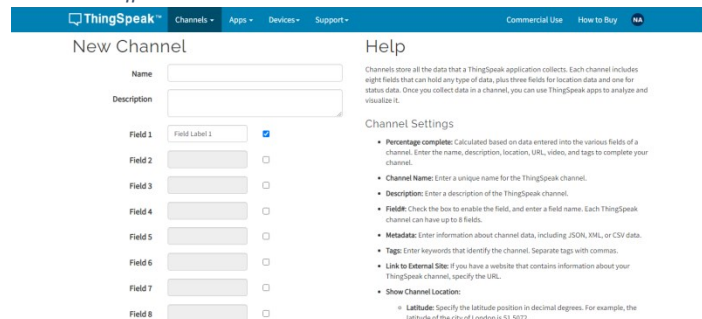
Εικόνα 2: Βήμα 2



Εικόνα 4: Βήμα 3



Εικόνα 3: Βήμα 4



3. Πίνακες

Πίνακας 1: Ωριαίες τιμές CO₂(ppm) και υπολογισμός μέσων όρων

Ωρα	CO ₂ (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου	Ωρα	CO ₂ (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου
10:00:41	398.517	397.006	407.011	14:04:15	398.517	405.885	
10:05:16	398.517			14:08:51	408.336		
10:09:52	398.517			14:13:27	398.517		
10:14:27	398.517			14:18:03	408.336		
10:19:03	398.517			14:22:40	408.336		
10:23:38	388.697			14:27:16	398.517		
10:28:14	398.517			14:31:51	402.463		
10:32:50	388.697			14:36:29	408.336		
10:37:25	388.697			14:41:05	408.336		
10:42:01	398.517			14:45:41	408.336		
10:46:36	398.517			14:50:17	408.336		
10:51:12	398.517			14:54:53	418.155		
10:55:47	408.336			14:59:29	401.982		
11:00:23	398.517	394.766		15:04:04	398.517	408.280	
11:04:58	388.746			15:08:40	408.336		
11:09:33	398.517			15:13:16	408.336		
11:14:09	393.799			15:17:51	398.517		
11:18:44	388.697			15:22:26	408.336		
11:23:20	388.697			15:27:02	404.533		
11:27:55	398.517			15:31:38	408.336		
11:32:31	398.517			15:36:13	408.336		
11:37:06	388.746			15:40:49	411.416		
11:41:42	388.746			15:45:24	408.336		
11:46:17	398.517			15:49:59	408.336		
11:50:53	398.517			15:54:35	418.155		
11:55:28	403.426			15:59:10	418.155		
12:00:03	398.517	395.756		16:03:46	422.391	420.439	
12:04:39	398.517			16:08:21	427.974		
12:09:14	398.565			16:12:57	408.336		
12:13:50	393.078			16:17:33	434.135		
12:18:26	398.517			16:22:08	418.155		
12:23:02	388.697			16:26:43	412.427		
12:27:37	398.517			16:31:19	418.155		
12:32:13	394.088			16:35:54	418.155		
12:36:48	388.697			16:40:30	427.974		
12:41:23	398.517			16:45:05	403.907		
12:45:59	398.517			16:49:41	408.336		
12:50:35	398.517			16:54:16	457.432		
12:55:11	394.088			16:58:52	408.336		
12:59:47	393.751	17:03:27	408.336	431.047			

13:04:23	398.517	402.904		17:08:03	437.890		
13:08:59	392.741			17:12:39	418.155		
13:13:35	398.517			17:17:14	427.974		
13:18:11	398.517			17:21:50	427.974		
13:22:47	427.974			17:26:25	437.841		
13:27:24	392.163			17:31:01	418.155		
13:32:00	398.517			17:35:36	418.155		
13:36:36	408.336			17:40:12	437.938		
13:41:13	391.826			17:44:48	447.709		
13:45:51	398.517			17:49:23	437.890		
13:50:26	415.460			17:53:59	447.709		
13:55:03	408.336			17:58:34	437.890		
13:59:39	408.336						

Πίνακας 2: Ωριαίες τιμές CO(ppm) και υπολογισμός μέσων όρων

Ωρα	CO (ppm)	Ωριαί ος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου	Ωρα	CO (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου
10:00:41	0,538	0,659	0,816	14:04:15	0,752	0,792	0,816
10:05:16	0,668			14:08:51	0,762		
10:09:52	0,600			14:13:27	0,726		
10:14:27	0,633			14:18:03	0,883		
10:19:03	0,761			14:22:40	0,841		
10:23:38	0,708			14:27:16	0,770		
10:28:14	0,593			14:31:51	0,738		
10:32:50	0,630			14:36:29	0,869		
10:37:25	0,669			14:41:05	0,770		
10:42:01	0,756			14:45:41	0,722		
10:46:36	0,647			14:50:17	0,767		
10:51:12	0,695			14:54:53	0,810		
10:55:47	0,669			14:59:29	0,885		
11:00:23	0,629	0,657	0,816	15:04:04	0,729	0,826	0,816
11:04:58	0,717			15:08:40	0,687		
11:09:33	0,658			15:13:16	0,618		
11:14:09	0,623			15:17:51	0,715		
11:18:44	0,590			15:22:26	0,690		
11:23:20	0,683			15:27:02	0,713		
11:27:55	0,769			15:31:38	0,851		
11:32:31	0,691			15:36:13	0,936		
11:37:06	0,615			15:40:49	0,713		
11:41:42	0,649			15:45:24	0,794		
11:46:17	0,603			15:49:59	0,818		
11:50:53	0,633			15:54:35	1,200		
11:55:28	0,679			15:59:10	1,276		
12:00:03	0,657	0,718	0,816	16:03:46	1,288	1,066	0,816
12:04:39	0,688			16:08:21	1,434		
12:09:14	0,720			16:12:57	0,872		
12:13:50	0,820			16:17:33	1,778		
12:18:26	0,731			16:22:08	1,110		
12:23:02	0,743			16:26:43	0,894		
12:27:37	0,656			16:31:19	1,376		
12:32:13	0,694			16:35:54	1,164		
12:36:48	0,777			16:40:30	1,122		
12:41:23	0,830			16:45:05	0,709		
12:45:59	0,706			16:49:41	0,691		
12:50:35	0,730			16:54:16	0,700		
12:55:11	0,646			16:58:52	0,722		
12:59:47	0,658	17:03:27	0,741	1,122			

13:04:23	0,650	0,690		17:08:03	0,883		
13:08:59	0,688			17:12:39	0,743		
13:13:35	0,677			17:17:14	0,844		
13:18:11	0,643			17:21:50	0,871		
13:22:47	0,671			17:26:25	1,032		
13:27:24	0,666			17:31:01	0,862		
13:32:00	0,622			17:35:36	0,928		
13:36:36	0,733			17:40:12	1,148		
13:41:13	0,648			17:44:48	1,458		
13:45:51	0,658			17:49:23	1,550		
13:50:26	0,869			17:53:59	1,752		
13:55:03	0,690			17:58:34	1,778		
13:59:39	0,756						

Πίνακας 3: Ωριαίες τιμές NO₂(ppm) και υπολογισμός μέσων όρων

Ωρα	NO ₂ (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου	Ωρα	NO ₂ (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου
10:00:41	0,000	0,004	0,012	14:04:15	0,002	0,009	0,012
10:05:16	0,000			14:08:51	0,009		
10:09:52	0,000			14:13:27	0,000		
10:14:27	0,000			14:18:03	0,003		
10:19:03	0,017			14:22:40	0,000		
10:23:38	0,000			14:27:16	0,011		
10:28:14	0,000			14:31:51	0,005		
10:32:50	0,009			14:36:29	0,014		
10:37:25	0,000			14:41:05	0,008		
10:42:01	0,013			14:45:41	0,000		
10:46:36	0,000			14:50:17	0,000		
10:51:12	0,000			14:54:53	0,015		
10:55:47	0,013			14:59:29	0,046		
11:00:23	0,004			0,005	0,009		
11:04:58	0,000	15:08:40	0,012				
11:09:33	0,000	15:13:16	0,000				
11:14:09	0,000	15:17:51	0,000				
11:18:44	0,006	15:22:26	0,000				
11:23:20	0,005	15:27:02	0,000				
11:27:55	0,001	15:31:38	0,005				
11:32:31	0,000	15:36:13	0,014				
11:37:06	0,003	15:40:49	0,008				
11:41:42	0,000	15:45:24	0,013				
11:46:17	0,020	15:49:59	0,000				
11:50:53	0,006	15:54:35	0,027				
11:55:28	0,017	15:59:10	0,035				
12:00:03	0,014	0,010	0,037			16:03:46	0,019
12:04:39	0,013			16:08:21	0,036		
12:09:14	0,013			16:12:57	0,001		
12:13:50	0,019			16:17:33	0,037		
12:18:26	0,020			16:22:08	0,010		
12:23:02	0,016			16:26:43	0,004		
12:27:37	0,000			16:31:19	0,017		
12:32:13	0,006			16:35:54	0,035		
12:36:48	0,014			16:40:30	0,027		
12:41:23	0,017			16:45:05	0,010		
12:45:59	0,000			16:49:41	0,000		
12:50:35	0,000			16:54:16	0,009		
12:55:11	0,013			16:58:52	0,007		
12:59:47	0,001			17:03:27	0,014	0,037	

13:04:23	0,000	0,008		17:08:03	0,034		
13:08:59	0,007			17:12:39	0,015		
13:13:35	0,000			17:17:14	0,034		
13:18:11	0,010			17:21:50	0,048		
13:22:47	0,000			17:26:25	0,054		
13:27:24	0,018			17:31:01	0,025		
13:32:00	0,000			17:35:36	0,031		
13:36:36	0,015			17:40:12	0,027		
13:41:13	0,007			17:44:48	0,043		
13:45:51	0,000			17:49:23	0,067		
13:50:26	0,028			17:53:59	0,057		
13:55:03	0,007			17:58:34	0,031		
13:59:39	0,015						

Πίνακας 4: Ωριαίες τιμές NO(ppm) και υπολογισμός μέσων όρων

Ωρα	NO (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου	Ωρα	NO (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου
10:00:41	0,369	0,416	0,381	14:04:15	0,518	0,399	0,381
10:05:16	0,000						
10:09:52	0,309						
10:14:27	0,819						
10:19:03	0,606						
10:23:38	0,000						
10:28:14	0,000						
10:32:50	0,496						
10:37:25	0,767						
10:42:01	0,328						
10:46:36	0,695						
10:51:12	0,451						
10:55:47	0,568						
11:00:23	0,395	0,178		15:04:04	0,498	0,289	
11:04:58	0,000						
11:09:33	0,000						
11:14:09	0,461						
11:18:44	0,000						
11:23:20	0,380						
11:27:55	0,156						
11:32:31	0,000						
11:37:06	0,316						
11:41:42	0,170						
11:46:17	0,000						
11:50:53	0,022						
11:55:28	0,411						
12:00:03	0,021	0,404		16:03:46	0,000	0,539	
12:04:39	0,417						
12:09:14	0,718						
12:13:50	0,000						
12:18:26	0,072						
12:23:02	0,450						
12:27:37	0,910						
12:32:13	0,000						
12:36:48	0,462						
12:41:23	0,369						
12:45:59	0,677						
12:50:35	0,647						
12:55:11	0,464						
12:59:47	0,451						
				17:03:27	0,000	0,397	

13:04:23	0,101	0,423		17:08:03	1,073		
13:08:59	0,190			17:12:39	0,673		
13:13:35	0,596			17:17:14	0,641		
13:18:11	0,107			17:21:50	1,073		
13:22:47	0,000			17:26:25	0,000		
13:27:24	1,020			17:31:01	0,527		
13:32:00	0,905			17:35:36	0,286		
13:36:36	0,704			17:40:12	0,000		
13:41:13	1,131			17:44:48	0,427		
13:45:51	0,000			17:49:23	0,166		
13:50:26	0,191			17:53:59	0,000		
13:55:03	0,277			17:58:34	0,295		
13:59:39	0,280						

Πίνακας 5: Ωριαίες τιμές H₂S (ppm) και υπολογισμός μέσων όρων

Ωρα	H ₂ S (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου	Ωρα	H ₂ S (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου
10:00:41	0,100	0,108	0,102	14:04:15	0,101	0,101	0,102
10:05:16	0,111			14:08:51	0,101		
10:09:52	0,109			14:13:27	0,098		
10:14:27	0,097			14:18:03	0,107		
10:19:03	0,101			14:22:40	0,097		
10:23:38	0,118			14:27:16	0,100		
10:28:14	0,108			14:31:51	0,101		
10:32:50	0,113			14:36:29	0,114		
10:37:25	0,113			14:41:05	0,098		
10:42:01	0,114			14:45:41	0,096		
10:46:36	0,102			14:50:17	0,091		
10:51:12	0,106			14:54:53	0,100		
10:55:47	0,109			14:59:29	0,114		
11:00:23	0,106			0,105	0,102		
11:04:58	0,108	15:08:40	0,095				
11:09:33	0,103	15:13:16	0,090				
11:14:09	0,107	15:17:51	0,097				
11:18:44	0,103	15:22:26	0,081				
11:23:20	0,105	15:27:02	0,087				
11:27:55	0,124	15:31:38	0,090				
11:32:31	0,107	15:36:13	0,092				
11:37:06	0,099	15:40:49	0,097				
11:41:42	0,101	15:45:24	0,094				
11:46:17	0,101	15:49:59	0,102				
11:50:53	0,097	15:54:35	0,117				
11:55:28	0,100	15:59:10	0,112				
12:00:03	0,096	0,103	0,102			16:03:46	0,106
12:04:39	0,105			16:08:21	0,115		
12:09:14	0,103			16:12:57	0,104		
12:13:50	0,108			16:17:33	0,134		
12:18:26	0,104			16:22:08	0,101		
12:23:02	0,108			16:26:43	0,107		
12:27:37	0,099			16:31:19	0,108		
12:32:13	0,107			16:35:54	0,104		
12:36:48	0,106			16:40:30	0,106		
12:41:23	0,099			16:45:05	0,097		
12:45:59	0,102			16:49:41	0,095		
12:50:35	0,099			16:54:16	0,089		
12:55:11	0,102			16:58:52	0,089		
12:59:47	0,098			17:03:27	0,090	0,102	0,102

13:04:23	0,097	0,096		17:08:03	0,092		
13:08:59	0,094			17:12:39	0,083		
13:13:35	0,095			17:17:14	0,092		
13:18:11	0,096			17:21:50	0,093		
13:22:47	0,098			17:26:25	0,111		
13:27:24	0,095			17:31:01	0,095		
13:32:00	0,095			17:35:36	0,095		
13:36:36	0,101			17:40:12	0,107		
13:41:13	0,087			17:44:48	0,120		
13:45:51	0,097			17:49:23	0,109		
13:50:26	0,098			17:53:59	0,120		
13:55:03	0,103			17:58:34	0,118		
13:59:39	0,096						

Πίνακας 6: Ωριαίες τιμές SO₂(ppm) και υπολογισμός μέσων όρων

Ωρα	SO ₂ (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου	Ωρα	SO ₂ (ppm)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου
10:00:41	0,000	0,000	0,000	14:04:15	0,000	0,000	0,000
10:05:16	0,000						
10:09:52	0,000						
10:14:27	0,000						
10:19:03	0,000						
10:23:38	0,000						
10:28:14	0,000						
10:32:50	0,000						
10:37:25	0,000						
10:42:01	0,000						
10:46:36	0,000						
10:51:12	0,000						
10:55:47	0,000						
11:00:23	0,000			0,000	0,000		
11:04:58	0,000						
11:09:33	0,000						
11:14:09	0,000						
11:18:44	0,000						
11:23:20	0,000						
11:27:55	0,000						
11:32:31	0,000						
11:37:06	0,000						
11:41:42	0,000						
11:46:17	0,000						
11:50:53	0,000						
11:55:28	0,000						
12:00:03	0,000	0,000	0,000			16:03:46	0,000
12:04:39	0,000						
12:09:14	0,000						
12:13:50	0,000						
12:18:26	0,000						
12:23:02	0,000						
12:27:37	0,000						
12:32:13	0,000						
12:36:48	0,000						
12:41:23	0,000						
12:45:59	0,000						
12:50:35	0,000						
12:55:11	0,000						
12:59:47	0,000			0,000	17:03:27	0,000	0,000

13:04:23	0,000	0,000		17:08:03	0,000		
13:08:59	0,000			17:12:39	0,000		
13:13:35	0,000			17:17:14	0,000		
13:18:11	0,000			17:21:50	0,000		
13:22:47	0,000			17:26:25	0,000		
13:27:24	0,000			17:31:01	0,000		
13:32:00	0,000			17:35:36	0,000		
13:36:36	0,000			17:40:12	0,000		
13:41:13	0,000			17:44:48	0,000		
13:45:51	0,000			17:49:23	0,000		
13:50:26	0,000			17:53:59	0,000		
13:55:03	0,000			17:58:34	0,000		
13:59:39	0,000						

Πίνακας 7: Ωριαίες τιμές θερμοκρασίας Τεμο(°C) και υπολογισμός μέσων όρων

Ωρα	Τεμο (°C)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου	Ωρα	Τεμο (°C)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου
10:00:41	17,42	17,87	16,58	14:04:15	16,50	16,77	16,58
10:05:16	17,48			14:08:51	16,48		
10:09:52	17,39			14:13:27	16,71		
10:14:27	17,54			14:18:03	16,95		
10:19:03	18,01			14:22:40	16,92		
10:23:38	18,21			14:27:16	16,89		
10:28:14	18,06			14:31:51	16,87		
10:32:50	18,22			14:36:29	16,81		
10:37:25	17,93			14:41:05	17,06		
10:42:01	17,92			14:45:41	16,87		
10:46:36	17,70			14:50:17	16,68		
10:51:12	18,17			14:54:53	16,68		
10:55:47	18,23			14:59:29	16,54		
11:00:23	17,86	17,61	16,16	15:04:04	16,40	16,16	16,14
11:04:58	18,09			15:08:40	16,22		
11:09:33	17,81			15:13:16	16,29		
11:14:09	17,71			15:17:51	16,23		
11:18:44	17,73			15:22:26	15,81		
11:23:20	17,77			15:27:02	15,67		
11:27:55	18,20			15:31:38	15,92		
11:32:31	18,03			15:36:13	16,26		
11:37:06	17,71			15:40:49	16,01		
11:41:42	17,09			15:45:24	16,21		
11:46:17	16,90			15:49:59	16,27		
11:50:53	17,04			15:54:35	16,40		
11:55:28	17,02			15:59:10	16,37		
12:00:03	17,06	17,27	16,14	16:03:46	16,54	16,14	14,60
12:04:39	17,01			16:08:21	16,50		
12:09:14	17,09			16:12:57	16,54		
12:13:50	17,31			16:17:33	16,65		
12:18:26	17,47			16:22:08	16,65		
12:23:02	17,37			16:26:43	16,52		
12:27:37	17,00			16:31:19	16,48		
12:32:13	17,19			16:35:54	16,25		
12:36:48	17,34			16:40:30	16,14		
12:41:23	17,54			16:45:05	16,03		
12:45:59	17,22			16:49:41	15,43		
12:50:35	17,50			16:54:16	15,10		
12:55:11	17,45			16:58:52	15,02		
12:59:47	17,25	17:03:27	14,82				

13:04:23	17,04	16,22		17:08:03	14,57		
13:08:59	16,45			17:12:39	14,57		
13:13:35	16,47			17:17:14	14,28		
13:18:11	16,31			17:21:50	14,39		
13:22:47	16,20			17:26:25	14,18		
13:27:24	16,12			17:31:01	14,22		
13:32:00	15,81			17:35:36	14,51		
13:36:36	15,93			17:40:12	14,61		
13:41:13	15,75			17:44:48	14,78		
13:45:51	16,07			17:49:23	14,90		
13:50:26	16,26			17:53:59	14,98		
13:55:03	16,31			17:58:34	14,97		
13:59:39	16,17						

Πίνακας 8: Ωριαίες τιμές Σχετικής Υγρασίας RH (%) και υπολογισμός μέσων όρων

Ωρα	RH (%)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου	Ωρα	RH (%)	Ωριαίος μέσος όρος	Μέσος Όρος 8ώρου
10:00:41	40,10%	42,42%	53,31%	14:04:15	54,81%	52,49%	53,31%
10:05:16	40,36%			14:08:51	54,17%		
10:09:52	40,33%			14:13:27	52,93%		
10:14:27	40,00%			14:18:03	51,66%		
10:19:03	40,52%			14:22:40	52,05%		
10:23:38	40,41%			14:27:16	51,98%		
10:28:14	40,60%			14:31:51	51,83%		
10:32:50	43,19%			14:36:29	52,20%		
10:37:25	44,42%			14:41:05	51,60%		
10:42:01	45,03%			14:45:41	51,70%		
10:46:36	45,65%			14:50:17	52,11%		
10:51:12	44,91%			14:54:53	52,34%		
10:55:47	46,00%			14:59:29	52,99%		
11:00:23	46,38%	46,50%	53,31%	15:04:04	53,73%	53,49%	53,31%
11:04:58	43,29%			15:08:40	54,24%		
11:09:33	43,71%			15:13:16	53,81%		
11:14:09	44,02%			15:17:51	53,51%		
11:18:44	43,44%			15:22:26	54,18%		
11:23:20	44,57%			15:27:02	53,59%		
11:27:55	43,79%			15:31:38	53,46%		
11:32:31	45,95%			15:36:13	53,04%		
11:37:06	46,80%			15:40:49	53,06%		
11:41:42	48,54%			15:45:24	54,11%		
11:46:17	50,22%			15:49:59	53,42%		
11:50:53	50,93%			15:54:35	52,67%		
11:55:28	52,88%			15:59:10	52,50%		
12:00:03	53,26%	54,82%	53,31%	16:03:46	52,53%	55,17%	53,31%
12:04:39	55,45%			16:08:21	53,30%		
12:09:14	56,06%			16:12:57	51,74%		
12:13:50	55,38%			16:17:33	54,08%		
12:18:26	54,71%			16:22:08	53,82%		
12:23:02	54,11%			16:26:43	52,10%		
12:27:37	54,87%			16:31:19	53,35%		
12:32:13	54,94%			16:35:54	54,28%		
12:36:48	54,83%			16:40:30	55,39%		
12:41:23	54,37%			16:45:05	54,93%		
12:45:59	53,77%			16:49:41	59,15%		
12:50:35	53,92%			16:54:16	60,96%		
12:55:11	54,67%			16:58:52	61,63%		
12:59:47	57,16%	17:03:27	62,60%	64,28%	53,31%		

13:04:23	55,62%	57,34%		17:08:03	62,26%		
13:08:59	56,54%			17:12:39	62,88%		
13:13:35	55,57%			17:17:14	63,93%		
13:18:11	58,00%			17:21:50	64,26%		
13:22:47	58,45%			17:26:25	65,56%		
13:27:24	58,47%			17:31:01	65,30%		
13:32:00	58,89%			17:35:36	65,33%		
13:36:36	58,75%			17:40:12	65,73%		
13:41:13	58,68%			17:44:48	65,83%		
13:45:51	58,33%			17:49:23	64,03%		
13:50:26	56,83%			17:53:59	63,62%		
13:55:03	55,73%			17:58:34	64,27%		
13:59:39	55,51%						

4. Υποσημειώσεις

ⁱGillis, Alexander (2021). "What is internet of things (IoT)?" IOT Agenda. Retrieved 17 August 2021.

ⁱⁱSarah Appleton, National Geographic Society

ⁱⁱⁱCreative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

^{iv} Riley M, Kirkwood J, Jiang N, Ross G and Scorgie Y. 'Air quality monitoring in NSW

^v S. Poslad, S. E. Middleton, F. Chaves, R. Tao, O. Necmioglu and U. Bügel, "A Semantic IoT Early Warning System for Natural Environment Crisis Management,"

^{vi} Zhao, Y.L., Tang, J., Huang, H.P., Wang, Z., Chen, T.L., Chiang, C.W. and Chiang, P.C. (2020).

^{vii} Πάρθηκε απόφαση για νομοθετικές αλλαγές στην Ευρώπη.Επιβεβαίωση απόφασης από ΕΜΑ (Επιτροπή των Μόνιμων Αντιπροσώπων) στις 30 Ιουνίου 2015. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο συμφώνησε για τη θέση του στις 7 Οκτωβρίου 2015 και το Συμβούλιο εξέδωσε την οδηγία στις 10 Νοεμβρίου 2015.

^{viii}Minnesota pollution control Agency

^{ix}J. Soldatos, N. Kefalakis, M. Hauswirth et al., "Openiot: open source internet of-things in the cloud,"

^x T. Zahariadis, A. Papadakis, F. Alvarez et al., "FIWARE lab: managing resources and services in a cloud federation supporting future internet applications,"

^{xi}L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: a survey,"

^{xii}Andrew Rajj et al, 'Privacy Risks Emerging from the Adoption of Innocuous Wearable Sensors in the Mobile Environment' (2011)