



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ  
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**Πτυχιακή Εργασία**

**Σύλλογή, επεξεργασία, ανάλυση και διαχείριση δεδομένων από  
συστήματα IoT σε γεωργικές και απομακρυσμένες αγροτικές  
περιοχές**

**Συγγραφέας:  
Χαράλαμπος Σπανός  
Αριθμός Μητρώου: 71444597**

**Επιβλέπων:  
Ευάγγελος Πάλλης  
Καθηγητής**

**Αιγάλεω, Οκτώβριος 2023**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
SCHOOL OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND PRODUCTION  
ENGINEERING**

**Diploma Thesis**

**Collection, processing, analysis and management of data from IoT systems in  
agricultural and remote rural regions**

**Author:  
Charalampos Spanos  
Registration Number: 71444597**

**Supervisor:  
Evangelos Pallis  
Professor**

**Egaleo, October 2023**

## **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Χαράλαμπος Σπανός , με αριθμό μητρώου 71444597 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής 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».

Ο Δηλών



ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΣΠΑΝΟΣ

Η πτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

<b>A/α</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ</b>	<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
<b>1</b>	<b>ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΠΑΛΛΗΣ</b>	
<b>2</b>	<b>ΕΛΕΝΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΛΕΛΙΓΚΟΥ</b>	
<b>3</b>	<b>ΧΡΗΣΤΟΣ ΔΡΟΣΟΣ</b>	

## Περίληψη:

Η παραγωγή χαμηλού κόστους αλλά με βελτιωμένες δυνατότητες συσκευών του Διαδικτύου των Αντικειμένων (Internet of Things – IoT) έχει αυξηθεί εκθετικά τα τελευταία χρόνια, ανοίγοντας το δρόμο προς τη μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη έξυπνων περιβαλλόντων, τα οποία μεταμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι ζουν, εργάζονται, εμπορεύονται, επικοινωνούν και κοινωνικοποιούνται. Τα έξυπνα σπίτια, οι ευφυείς πόλεις, η εξ' αποστάσεως υγειονομική περίθαλψη, η έξυπνη βιομηχανία, η γεωργία ακριβείας και οι ευφυείς μεταφορές είναι μόνο μερικά ενδεικτικά πεδία εφαρμογών όπου οι προσιτές (προς το κόστος) συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν σήμερα, όχι μόνο για τη συλλογή, την επεξεργασία και τη αποθήκευση πληροφοριών, αλλά και για την κοινή χρήση τους σε αποστάσεις που κυμαίνονται από τις εγκαταστάσεις του χρήστη έως τις αγροτικές και αστικές περιοχές. Για να γίνει αυτό, τα σύγχρονα IoT χρησιμοποιούν τεχνικές ραδιομετάδοσης που διευρύνουν το εύρος της επικοινωνίας από εκατοντάδες μέτρα έως μερικά χιλιόμετρα, και εκμεταλλεύονται πρωτόκολλα ασύρματης επικοινωνίας τα οποία μειώνουν δραματικά την κατανάλωση ενέργειας, επεκτείνοντας με αυτόν τον τρόπο τον κύκλο ζωής, ειδικά όταν οι συσκευές IoT τροφοδοτούνται με μπαταρίες. Ένα τέτοιο πρωτόκολλο είναι το δίκτυο μεγάλης εμβέλειας ευρείας περιοχής (LoRaWAN), το οποίο μπορεί να φιλοξενήσει ασύρματη επικοινωνία συσκευών IoT με το δίκτυο οπίσθιας ζεύξης (backhaul) σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων.

Στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής εργασίας γίνεται μελέτη και ανάπτυξη μιας δικτυακής υποδομής (infrastructure) η οποία κάνει χρήση της τεχνολογίας LoRaWAN για τη μεταφορά περιβαλλοντικών δεδομένων (όπως θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, κ.α.) από απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές προς μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους (cloud computing platform), για την αποθήκευση, ανάλυση και περαιτέρω επεξεργασία τους. Παράλληλα, εστιάζεται στην υλοποίηση μιας πρότυπης εφαρμογής (application) για την πρόβλεψη πλημμυρικών φαινομένων, καθώς και στην υλοποίηση ενός μηχανισμού έγκαιρης ειδοποίησης (μέσω κοινωνικών δικτύων) των ενδιαφερόμενων χρηστών και των κατοίκων στις εν' λόγω απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές. Στα πλαίσια μελετά κατάλληλους αλγορίθμους επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί/αποθηκευτεί στην νεφοϋπολογιστική υποδομή, και εστιάζεται στην υλοποίηση εκείνων που προσφέρουν γρήγορη και έγκυρη πρόβλεψη πλημμυρικών φαινομένων με όσο το δυνατόν μικρότερη δαπάνη επεξεργαστικών πόρων. Η επικύρωση άρτιας λειτουργίας της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής γίνεται μέσα από μια σειρά πειραμάτων σε πραγματικό περιβάλλον, με δεδομένα που έχουν συλλεγεί υπό ελεγχόμενες συνθήκες λειτουργίας και ελέγχου (emulation).

## **ABSTRACT:**

The need of low-cost in production with enhanced capabilities of Internet devices of Objects (Internet of Things – IoT) has grown exponentially in recent years, paving the way to the large-scale development of smart environments, which transform the way people live, work, trade, communicate and socialize. Smart homes, smart cities, the remote healthcare, smart industry, precision agriculture and the intelligent transports are only a few indicative fields of application where affordable (cost wise) IoT devices can be used today, not only to collect, the processing and storing information, but also for sharing it in distances ranging from user premises to rural and urban regions. For achieving this, modern IoTs use radio transmission techniques that extend the range of communication from hundreds of meters to a few kilometers, and exploit wireless communication protocols that dramatically reduce energy consumption, thus extending the life cycle, especially when the IoT devices are powered by batteries. One such protocol is the large network wide area network (LoRaWAN), which can host wireless communication of IoT devices with the backhaul network over long distances kilometers.

In the framework of this Diploma thesis a network infrastructure is studied and developed, which uses LoRaWAN technology for the transfer of environmental data (such as temperature, humidity, solar radiation, etc.) from remote rural areas to a cloud computing platform (cloud computing platform), for storage, analysis and further processing. At the same time, the Diploma thesis focuses on the implementation of a prototype application for the prediction of flood phenomena, as well as on the implementation of an early notification mechanism (via social networks) targeting all interested users and inhabitants in the given remote rural areas. In the context, it studies appropriate algorithms for processing and analysing data stored in the cloud computing infrastructure and focuses on the implementation of those that offer fast prediction with minimum IT resource exploitation. Finally, the thesis verifies the validity of the proposed architecture via a series of experiments in a real/actual environment, with data collected under controlled conditions (emulation).

## **Ευχαριστίες**

Με την εκπλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που στάθηκε δίπλα μου σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Όλους τους καθηγητές του τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής για τον επαγγελματισμό τους και την μεθοδολογία τους στην μετάδοση των γνώσεων. Και ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Ευάγγελο Πάλλη για την καθοδήγηση, την υποστήριξη και τις συμβουλές του σε όλα τα στάδια της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.

## **Κατάλογος εικόνων**

- Εικόνα 1 Internet of things
- Εικόνα 2 Components-of-IoT-System
- Εικόνα 3 4-Stage IoT architecture
- Εικόνα 4 Πεδίο εφαρμογών IoT
- Εικόνα 5 Μακέτα Εφαρμογής που συνδυάζει δίκτυα LoraWAN και IoT
- Εικόνα 6 Παράδειγμα τοπολογίας δίκτυο με την χρήση LoRaWAN
- Εικόνα 7 Χιλιομετρική κάλυψη ασυρμάτων δικτύων
- Εικόνα 8 LPWAN developer Gateway Rak7244
- Εικόνα 9 Συχνότητα Διαμόρφωση σήματος LoRaWAN
- Εικόνα 10 Συχνότητα εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων
- Εικόνα 11 Λεκάνη απορροής στον ποταμό Latoria στην Ρουμάνια
- Εικόνα 12 Παράδειγμα υδρολογικής λεκάνης
- Εικόνα 13 Παράδειγμα υδρολογικής λεκάνης
- Εικόνα 14 Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής Dogu'a Tembien στην Αιθιοπία
- Εικόνα 15 Μακρόκλιμα της Γης (κατά Köppen-Geiger)
- Εικόνα 16 Αρχή λειτουργία βαρομέτρου
- Εικόνα 17 Θερμόμετρο
- Εικόνα 18 Υγρόμετρο τρίχας
- Εικόνα 19 Δεκαπλασιακό Βροχόμετρο
- Εικόνα 20 Τροχιά της γης γύρο από τον ήλιο
- Εικόνα 21 Αρχιτεκτονική νευρωνικού δικτύου
- Εικόνα 22 Αναπαράσταση αλγορίθμου NARX
- Εικόνα 23 Πρόβλεψη τριών ωρών της παραπάνω εργασίας
- Εικόνα 24 Είσοδοι και έξοδοι του μοντέλου πρόβλεψης
- Εικόνα 25 Παράμετροι που επιλέχθηκαν στην παραπάνω εργασία για την εκπαίδευση του μοντέλου.
- Εικόνα 26 Επιλογή τοποθέτησης αισθητήριων
- Εικόνα 27 Είσοδοι και έξοδοι του μοντέλου πρόβλεψης
- Εικόνα 28 Πρόβλεψη τεσσάρων ωρών της παραπάνω εργασίας με συνάρτηση trainoss
- Εικόνα 29 Πρόβλεψη τεσσάρων ωρών της παραπάνω εργασίας με συνάρτηση traingd
- Εικόνα 30 Επιλογή τοποθέτησης αισθητήριων
- Εικόνα 31 Δομή νευρωνικού δικτύου και επιλογή εισόδων
- Εικόνα 32 Πραγματική τιμή και τιμή σύγκρισης
- Εικόνα 33 τοποθεσία αισθητήριων και περιοχής πρόβλεψης
- Εικόνα 34 Δομή αισθητήριων σταθμού μετρήσεων
- Εικόνα 35 Τοπολογία δικτύου
- Εικόνα 36 Gateway LORIX-one
- Εικόνα 37 Πλακέτα ανάπτυξης Pycom έκδοση Firy
- Εικόνα 38 Μπλοκ διάγραμμα Pycom έκδοση Firy
- Εικόνα 39 Pinout του Pycom έκδοση Firy



- Εικόνα 40 Αισθητήρας ύψους νερού
- Εικόνα 41 Αισθητήρας HAITRONIC HR0040
- Εικόνα 42 Ολοκληρωμένο κύκλωμα LM393
- Εικόνα 43 Αισθητήρας HAITRONIC HR0101
- Εικόνα 44 Ολοκληρωμένο κύκλωμα LM393
- Εικόνα 45 Σύνδεση αισθητήριων στην πλακέτα ανάπτυξης rycom έκδοση Firy
- Εικόνα 46 The Things Network logo
- Εικόνα 47 Thingspeak logo
- Εικόνα 48 Twitter logo
- Εικόνα 49 Αυτοματοποιημένη ειδοποίηση μέσω της πλατφόρμας Twitter
- Εικόνα 50 Σταθμός μετρήσεων
- Εικόνα 51 Απεσταλμένα αρχεία από τον μικροελεγκτή rycom
- Εικόνα 52 Αποκωδικοποίηση μηνύματος uplink
- Εικόνα 53 Πεδία παρουσίαση μεταβλητών
- Εικόνα 54 Μενού ρυθμίσεων καναλιού Thingspeak
- Εικόνα 55 Flowchart εφαρμογής
- Εικόνα 56 Δημιουργία νευρωνικού δικτύου τύπου NARX
- Εικόνα 57 Παράμετροι και εκπαίδευση του μοντέλου
- Εικόνα 58 Δημιουργία κλειστού βρόχου νευρωνικού δικτύου τύπου NARX
- Εικόνα 59 Τιμές πειράματος σεναρίου A
- Εικόνα 60 Τιμές πειράματος σεναρίου B
- Εικόνα 61 Δημιουργία react για το Twitter
- Εικόνα 62 Δημιουργία μηνύματος email
- Εικόνα 63 Δημιουργία React
- Εικόνα 64 Μορφή απεσταλμένου email
- Εικόνα 65 Προώθηση email μέσω Gmail

### **Κατάλογος πινάκων**

- Πίνακας 1 Pins λειτουργίας Rycom Firy
- Πίνακας 2 Pins λειτουργίας αισθητήρα HAITRONIC HR0043
- Πίνακας 3 Pins λειτουργίας αισθητήρα HAITRONIC HR0040
- Πίνακας 4 Pins λειτουργίας αισθητήρα HAITRONIC HR0040
- Πίνακας 5 Pins λειτουργίας αισθητήρα υπέρηχων HC-SR04
- Πίνακας 6 Μετρήσεις που εκπαιδεύτηκε το μοντέλο

## Περιεχόμενα

Περίληψη: .....	5
ABSTRACT:.....	6
Ευχαριστίες .....	7
Κατάλογος εικόνων.....	8
Κατάλογος πινάκων .....	9
Εισαγωγή .....	15
Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας.....	15
Σκοπός και Στόχοι.....	15
Κεφάλαιο 1 Συστήματα IoT.....	16
1.1 Εισαγωγή στα συστήματα IoT .....	16
1.2 Χαρακτηριστικά IoT .....	17
1.3 Αρχιτεκτονική IoT .....	18
1.3.1 Επίπεδο συγκέντρωσης δεδομένων. ....	18
1.3.2 Επίπεδο μεταφοράς δεδομένων. ....	18
1.3.3 Επίπεδο επεξεργασία δεδομένων.....	19
1.3.4 Επίπεδο εφαρμογής. ....	19
1.4 Πεδίο εφαρμογών IoT .....	19
1.4.1 Έξυπνο σπίτι (Smart Living) .....	20
1.4.2 Έξυπνες πόλεις (Smart cities).....	20
1.4.3 Έξυπνο περιβάλλον (Smart Environment) .....	20
1.4.4 Έξυπνη βιομηχανία (Smart Industry).....	20
1.4.5 Έξυπνη γεωργία (Smart agriculture) .....	20
1.4.6 Έξυπνη ενέργεια (Smart energy).....	20
1.4.7 Έξυπνη υγεία (Smart health) .....	21
1.5 IOT σε απομακρυσμένες περιοχές .....	21

Κεφάλαιο 2 Δίκτυα LPWAN και LoRaWAN .....	23
2.1 Δίκτυα LPWAN .....	23
2.1.1 Πύλες διασύνδεσης (Gateway).....	25
2.2 Το πρωτόκολλο LoRa .....	25
2.3 Πρωτόκολλο LoRaWAN .....	25
2.3.1 Διασπορά Φάσματος (Spread spectrum) .....	26
2.4 Ραδιοσυχνότητες επικοινωνίας.....	27
Κεφάλαιο 3 Νεφοϋπολογιστικές υποδομές .....	28
3.1 Πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους (Cloud computing) .....	28
3.1.1 Γιατί να επιλεγθεί μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους.....	28
3.2 Τύποι κατηγορίας υπηρεσιών πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους.....	28
3.2.1 SaaS (Software as a service).....	28
3.2.3 IaaS(Infrastructure as a service) .....	29
3.3 Τύποι πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους.....	29
3.3.1 Δημοσιά πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους (Public cloud).....	29
3.3.2 Ιδιωτική πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους (Private cloud).....	29
3.3.3 Υβριδική πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους (Hybrid cloud) .....	29
Κεφάλαιο 4 Μελέτη, παρακολούθηση και πρόβλεψη πλημμυρικών φαινομένων.....	30
4.1 Συστήματα IoT, δίκτυα LPWAN και νεφοϋπολογιστικές υποδομές στην παρακολούθηση επικίνδυνων φαινομένων.....	30
4.2 Πλημμυρικά φαινόμενα, εισαγωγή: .....	30
4.2.1 Προσδιορισμός γεωλογικού χώρου .....	30
4.2.2 Υδρολογική λεκάνη ή λεκάνη απορροής .....	31
4.2.3 Υδροκρίτης .....	32
4.2.4 Υδρογραφικό δίκτυο.....	33
4.3 Προσδιορισμός Κλίματος υπό μελέτης περιοχής.....	34
4.4 Καιρικές μεταβλητές.....	35
4.4.1 Ατμοσφαιρική πίεση.....	35

4.4.2 Θερμοκρασία .....	36
4.4.3 Ατμοσφαιρική υγρασία.....	37
4.4.4 Κατακρημνίσματα .....	38
4.4.5 Ηλιακή ακτινοβολία .....	39
4.5 Αίτια εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων.....	39
4.5.1 Μεταβλητές που επηρεάζουν την πιθανότητα πλημμύρας.....	40
4.6 Μέθοδοι πρόβλεψης πλημμυρικών φαινομένων.....	40
4.6.1 Φυσικά μοντέλα πρόβλεψης.....	40
4.6.2 Στατιστικά μοντέλα πρόβλεψης από ιστορικά δεδομένα (Data driven).....	40
4.7 Αλγόριθμοι πρόβλεψης που βασίστηκε η εργασία .....	42
4.7.1 Πρόβλεψη πλημμύρας τριών ωρών.....	42
4.7.2 Πρόβλεψη πλημμύρας τεσσάρων ωρών.....	44
4.7.3 Πρόβλεψη πλημμύρας πέντε ωρών .....	46
4.7.3 Πρόβλεψη πλημμύρας με έναν σταθμό μέτρησης και εφαρμογή μοντέλου NARX....	48
4.8 Αλγόριθμος πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την εργασία.....	48
Κεφάλαιο 5 Τοπολογία δικτύου και σενάριο αξιοποίησης της εφαρμογής.....	49
5.1 Τοπολογία δικτύου σταθμού αισθητήριων.....	49
5.2 Σενάριο χρήσης .....	50
Κεφάλαιο 6 Εργαστηριακός εξοπλισμός εφαρμογής .....	51
6.1 Δομή εργαστηριακής εφαρμογής .....	51
6.2 Πύλη διασύνδεσης(Gateway) LORIX-one .....	51
6.3 Η έκδοση Fipy της πλακέτας ανάπτυξης Pycom .....	52
6.3.1 Υλικό Pycom Fipy (hardware) .....	53
6.3.2 Επεξεργαστής Tensilica Xtensa 32-bit LX6.....	55
6.4 Επιλογή αισθητήριων .....	56
6.4.1 Αισθητήρας στάθμης νερού HAITRONIC HR0043.....	56
6.4.2 Αισθητήρας υγρασίας εδάφους HAITRONIC HR0040.....	57

6.4.3	Αισθητήρας εντοπισμού βροχόπτωσης HAITRONIC HR0101 .....	59
6.4.4	Αισθητήρας υπερήχων HC-SR04.....	60
6.5	Συνδεσμολογία αισθητήριων με Rycom έκδοση Firy .....	61
Κεφάλαιο 7	Διαδικτυακές πλατφόρμες .....	62
7.1	Διαδικτυακές πλατφόρμες που χρησιμοποιήθηκαν .....	62
7.1.1	Η πλατφόρμα The Things Network.....	62
7.1.2	Η πλατφόρμα Thingspeak .....	63
7.1.3	Η πλατφόρμα κοινωνικού δικτύου Twitter, χρήση μηχανισμός ειδοποίησης.....	63
Κεφάλαιο 8	Παρουσίαση και λειτουργία κατασκευής .....	64
8.1	Παρουσίαση κατασκευής.....	64
8.3	Επεξήγηση λειτουργίας αισθητήριων και κατασκευής.....	65
8.4	Διασύνδεση του μικροελεγκτή rycom με την πλατφόρμας The Thinks Network και με την πλατφόρμα thinkspeak .....	65
8.5	Λήψη δεδομένων για την εκπαίδευση του αλγορίθμου .....	69
8.6	Έλεγχος λειτουργίας αλγορίθμου πρόβλεψης.....	70
8.6.1	Σενάριο λειτουργίας A.....	72
8.6.2	Σενάριο λειτουργίας B.....	73
8.7	Υλοποίηση μηχανισμού αυτόματης ειδοποίησης μέσω Twitter .....	74
8.8	Εναλλακτικός μηχανισμός αυτόματης ειδοποίησης .....	75
8.9	Κώδικας εφαρμογής .....	78
8.9.1	Κώδικας μικροελεγκτη rycom .....	78
8.9.2	Κώδικας στο Matlab.....	82
8.9.3	Μετρήσεις που εκπαιδεύτηκε το μοντέλο .....	83
8.8	Βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν .....	87
Κεφάλαιο 9	Σύνοψη, συμπεράσματα και παρατηρήσεις πτυχιακής εργασίας .....	88
9.1	Σύνοψη .....	88
9.2	Συμπεράσματα .....	89
9.3	Παρατηρήσεις – μελλοντικές βελτιώσεις.....	89

Βιβλιογραφία.....	90
Πηγές εικόνων.....	93

## **Εισαγωγή**

Το διαδίκτυο των πράγματος (Internet of Things – IoT) είναι ένα αναπτυσσόμενο δίκτυο που σε αυτό εισάγονται καθημερινά καινούργιες συσκευές, αξιοποιείται στα έξυπνα σπίτια, έξυπνες πόλεις, στο περιβάλλον, στην βιομηχανία, στην γεωργία, στην ενέργεια και στην υγεία. Με την χρήση ενός δικτύου LoRaWAN μπορεί να αυξηθεί η εμβέλεια του και να χρησιμοποιηθεί σε απομακρυσμένες και αγροτικές περιοχές. Συνδυάζοντας αυτές τις τεχνολογίες ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να αξιοποιηθεί για εφαρμογές που θα ήταν δύσκολο να υλοποιηθούν με άλλον τρόπο, όπως η παρακολούθηση ενός επικίνδυνου φαινομένου όπως αυτό της πλημμύρας. Για την μελέτη ενός τέτοιου φαινομένου είναι σημαντικοί οι λόγοι καθώς και οι μεταβλητές που μας ενδιαφέρουν.

## **Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας**

Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία αξιοποιώντας την τεχνολογία ενός δικτύου LoRaWAN και την χρήση μικροελεγκτή rycom, γίνεται μια συλλογή μετρήσεων από το περιβάλλον, διασφαλίζεται η μεταφορά από απομακρυσμένες περιοχές. Τα δεδομένα αυτά αναλύονται και μέσω αυτών γίνεται πρόβλεψη για ένα φυσικό φαινόμενο όπως αυτό της πλημμύρας.

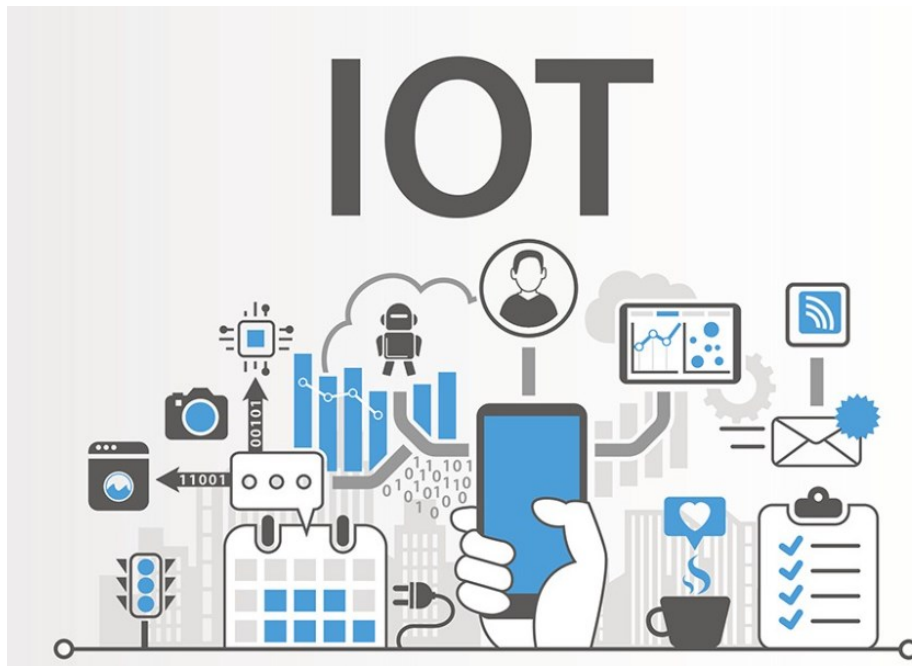
## **Σκοπός και Στόχοι**

Στόχος της πτυχιακής είναι αφενός να μελετήσει και να αναπτύξει μια δικτυακή υποδομή (infrastructure) βασισμένη στην τεχνολογία LoRaWAN για τη μεταφορά περιβαλλοντικών δεδομένων (όπως θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, κ.α.) από απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές προς μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους (cloud computing platform), και αφετέρου να σχεδιάσει και να υλοποιήσει μια πρότυπη εφαρμογή (application) επεξεργασίας, ανάλυσης και διαχείρισης αυτών των δεδομένων. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στη χρήση αλγορίθμων πρόβλεψης πλημμυρικών φαινομένων, καθώς και στην υλοποίηση μηχανισμού έγκαιρης ειδοποίησης των ενδιαφερόμενων χρηστών και των κατοίκων στις εν' λόγω απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές. Για την επίτευξη των παραπάνω, η πτυχιακή εργασία εστιάζεται – μεταξύ των άλλων – σε τεχνικά ζητήματα αναφορικά με την διασύνδεση αισθητηρίων και μικροελεγκτών, σε μηχανισμούς συλλογής των δεδομένων μέσω πύλη διασύνδεσης (gateway) στο διαδίκτυο και μεταφοράς τους σε πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους για την περεταίρω επεξεργασία και απεικόνιση τους, καθώς και σε θεωρητική μελέτη σχετικά με πλημμυρικά φαινόμενα και τις αιτίες που τα προκαλούν, μεθόδους πρόβλεψης και τεχνικές υλοποίησης για έγκαιρη και έγκυρη ενημέρωση των κατοίκων.

## Κεφάλαιο 1 Συστήματα IoT

### 1.1 Εισαγωγή στα συστήματα IoT

Τα συστήματα IoT είναι ένας τρόπος επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστικών συσκευών (things) που έχει καθιερωθεί στην τεχνολογία λόγω της αποδοτικότητας του και της ευελιξίας του. Τα αρχικά IoT σημαίνουν internet of things ή αλλιώς το διαδίκτυο των αντικειμένων, πρόκειται για ηλεκτρονικές συσκευές που είναι διασυνδεδεμένες μέσω του διαδικτύου ή άλλων προσωπικών τοπικών δικτύων ποικίλου τρόπου. Αυτές οι συσκευές είναι αλληλένδετες μεταξύ τους και έχουν την ικανότητα να ανταλλάσσουν μεταξύ τους δεδομένα και να τα επεξεργάζονται ανάλογα την εφαρμογή που καλούνται να εκτελέσουν. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η αυτονομία τους ως προς την επεξεργασία των δεδομένων που λαμβάνουν και ότι η επικοινωνία τους υλοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην απαιτείται η παρουσία του χρήστη σε κάθε συσκευή.



Εικόνα 1 Internet of things

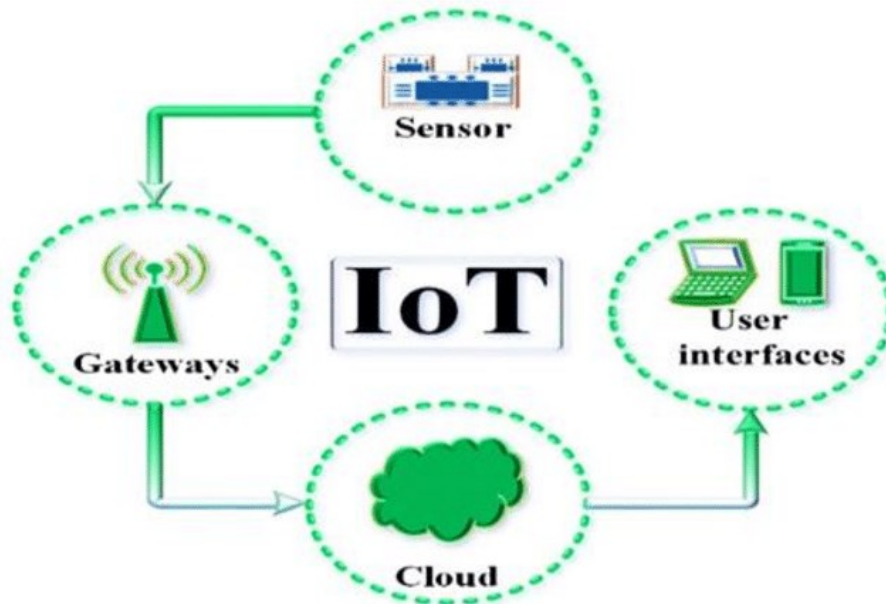
Μια υπολογιστική συσκευή ή αλλιώς αντικείμενο (thing) μπορεί ως προς την δομή του να είναι ποικίλης μορφής, όπως μια συσκευή που διαθέτει έναν αισθητήρα για την παρακολούθηση κάποιου φαινομένου, κάποια συσκευή που εκτελεί μια διεργασία μέσω των εντολών που λαμβάνει. Καθώς το διαδίκτυο των αντικειμένων βασίζεται για την τελική επικοινωνία του στην τεχνολογία του διαδικτύου (internet), ένα κομμάτι του δικτύου απαιτείται για να διασυνδέσει την εφαρμογή με το διαδίκτυο, αυτό σημαίνει ότι τουλάχιστον μια συσκευή στο δίκτυο των αντικειμένων διαθέτει μια διεύθυνση πρωτοκόλλου διαδικτύου (IP).

Ένα δίκτυο IoT αποτελείται από ενσωματωμένα συστήματα (embedded machines) όπως αισθητήρες και μικροελεγκτές καθώς και υλικό (hardware) για την επίτευξη της επικοινωνίας. Οι συσκευές του διαδικτύου των αντικειμένων επικοινωνούν μεταξύ τους και με το διαδίκτυο για την



συλλογή, αποστολή και λήψη αποφάσεων βάση των δεδομένων που λαμβάνουν και την διεργασία που έχουν σχεδιαστεί για να εκπληρώσουν. Εκτός από την αρχική τους ρύθμιση, εγκατάσταση και προγραμματισμό τους οι συσκευές αυτές μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα χωρίς την επέμβαση του ανθρώπου.

Η χρήση των εφαρμογών IoT αυξάνεται [2] λόγω της ραγδαίας αύξηση των έξυπνων τηλεφώνων (smartphones), την αύξηση των εφαρμογών υπολογιστικού νέφους (cloud computing) και την βελτίωση της μεθοδολογίας και των εργαλείων που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση των δεδομένων για την λήψη αποφάσεων (Data analytics).



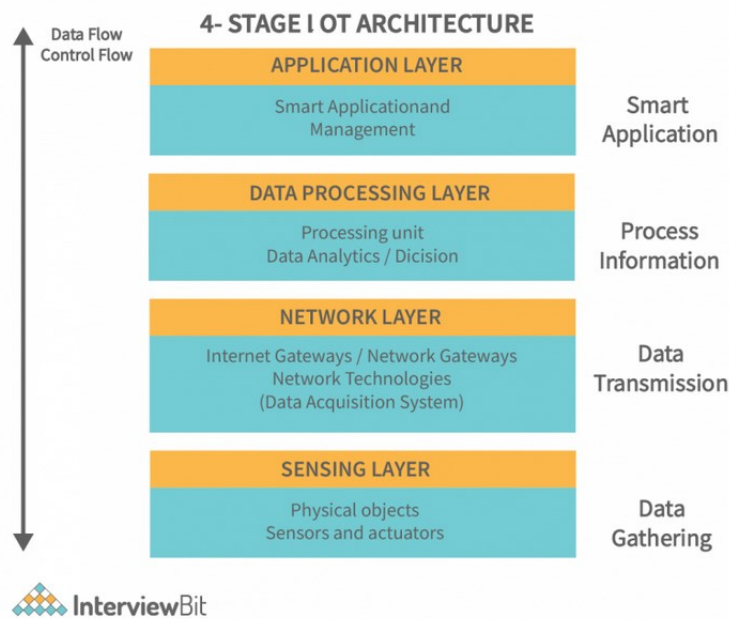
Εικόνα 2 Components-of-IoT-System

## 1.2 Χαρακτηριστικά IoT

Η διασύνδεση των αντικειμένων (things) μπορεί να υλοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί επικοινωνία μεταξύ άλλων αντικειμένων του δικτύου και η διασύνδεση με το διαδίκτυο (Internet). Η δομή του δικτύου επιτρέπει την σύνδεση συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές και διάφορων τύπου υλικών συσκευών (hardware), καθώς και την επικοινωνία μεταξύ τους με διαφορετικά δίκτυα. Το δίκτυο επιτρέπει τις δυναμικές αλλαγές, το δίκτυο μπορεί να έχει πολλές και διαφορετικές συσκευές συνδεδεμένες μεταξύ τους, ο αριθμός τους μπορεί να αυξάνεται και να μειώνεται χωρίς να επηρεάζεται η υλοποίηση του δικτύου. Επίσης συσκευές μπορούν και να αποσυνδέονται και να επανασυνδέονται. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι το μεγάλο πλήθος συσκευών που μπορούν να συνδεθούν σε ένα δίκτυο των αντικειμένων. Το δίκτυο είναι διαθέσιμο από οποιοδήποτε μέρος αρκεί να υπάρχει πρόσβαση με το διαδίκτυο, καθώς επίσης, με τον ίδιο τρόπο είναι διαθέσιμα είναι και τα δεδομένα της εφαρμογής.

### 1.3 Αρχιτεκτονική IoT

Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος IoT αποτελείται από διαφορετικών ειδών τεχνολογίες και αναφέρετε και έως δομή τεσσάρων επιπέδων [2]. Συγκεκριμένα αυτά τα τέσσερα επίπεδα είναι η συγκέντρωση των δεδομένων, η μεταφορά των δεδομένων, η επεξεργασία των δεδομένων και το επίπεδο της εφαρμογής (application).



Εικόνα 3 4-Stage IoT architecture

#### 1.3.1 Επίπεδο συγκέντρωσης δεδομένων.

Αποτελείται από την συσκευή που συνδέει το φυσικό μέρος της διεργασίας με το ψηφιακό μέρος της, παρέχει δεδομένα πραγματικού χρόνου για συλλογή και επεξεργασία. Μέσω μιας έξυπνης συσκευής (thing) μπορούν να ληφθούν ποικίλου είδους δεδομένα όπως θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου και αλλά. Σε αυτό το επίπεδο εκτελείται και η αυτόματη απόφαση που παίρνει το δίκτυο των αντικειμένων ή ο χρήστης, δηλαδή να πραγματοποιηθεί κάποια εντολή μέσω ενός ενεργοποίηση (actuator) το άνοιγμα μιας βαλβίδας, η ένδειξη μιας σήμανσης, η αποστολή ενός μηνύματος και αλλά. Η κάθε εφαρμογή IoT έχει δικούς της αισθητήρες και δικούς της ενεργοποιήσεις σχεδιασμένους καταλληλά για την εκπλήρωση της εφαρμογής.

#### 1.3.2 Επίπεδο μεταφοράς δεδομένων.

Από τις έξυπνες συσκευές (Things) παράγονται μεγάλου μεγέθους σε όγκο δεδομένα, σε αυτό το επίπεδο γίνεται η μεταφορά αυτών των δεδομένων από τις συσκευές μεταξύ τους και από τις συσκευές προς το διαδίκτυο(internet). Για την εκπλήρωση της δομής αυτού του επιπέδου απαιτείτε ένας αποδοτικός ενσύρματος ή ασύρματος τρόπος επικοινωνίας. Σε αυτό το επίπεδο

μπορούν να χρησιμοποιηθούν πόλοι και διαφορετικοί τρόποι για την επικοινωνία μεταξύ των έξυπνων συσκευών, καθώς και υβριδικοί τρόποι σύνδεσης που συνδικάζουν περισσότερους από έναν τρόπους επικοινωνίας ως προς την διασύνδεση τους.

### 1.3.3 Επίπεδο επεξεργασία δεδομένων.

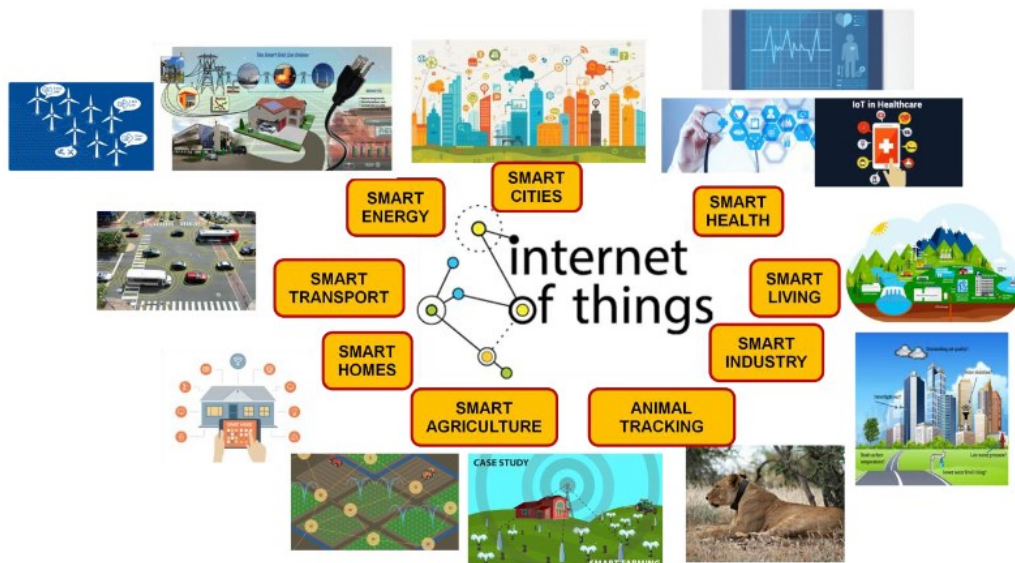
Σε αυτό το επίπεδο γίνεται η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων από όλες τις συσκευές που μας αφορούν. Συγκεντρώνονται δεδομένα από διαφορετικές έξυπνες συσκευές που δεν είναι απαραίτητα αλληλένδετες μεταξύ τους. Στην συνέχεια μπορεί να πραγματοποιηθεί περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων που συλλεκτικά με διαφορά εργαλεία για την εξαγωγή συμπερασμάτων από τα ακατέργαστα δεδομένα (Raw data).

### 1.3.4 Επίπεδο εφαρμογής.

Αποτελείται από τις λειτουργίες που γίνεται η διεσπάρη με τον χρήστη, μπορούν να προβληθούν τα δεδομένα μέσω ενός έξυπνου τηλεφώνου, ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή ή με κάποιον εναλλακτικό τρόπο.

## 1.4 Πεδίο εφαρμογών IoT

Το διαδίκτυο των αντικειμένων βρίσκει σαν πεδίο εφαρμογής πόλους τομείς. Λόγο της μεγάλης επιλογής ως προς τους αισθητήρες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, την επιλογή ως προς το δίκτυο της επικοινωνίας και στο ότι δεν απαιτείται η συνεχής επίβλεψη του συστήματος από τον άνθρωπο.



Εικόνα 4 Πεδίο εφαρμογών IoT

#### **1.4.1 Έξυπνο σπίτι (Smart Living)**

Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνεται ο απομακρυσμένος έλεγχος συσκευών για τον καθορισμό της χρήσης της συσκευής αλλά και της ώρας που αυτή θα λειτουργεί. Επίσης συμπεριλαμβάνονται τα έξυπνα συστήματα συναγερμού που ειδοποιούν τον χρήστη για την κατάσταση ασφάλειας της περιουσίας του. Ακόμα τα κυκλώματα καμερών που συνδέονται με το διαδίκτυο και είναι διαθέσιμα στον χρήστη. Επιπλέον υπάρχουν και IoT συστήματα που παρακολουθούν την κατανάλωση της ενέργειας και του νερού. Όπως επίσης συμπεριλαμβάνονται και άλλες εφαρμογές που έχουν ως σκοπό την βελτίωση της ποιότητας της ζωής του χρήστη.

#### **1.4.2 Έξυπνες πόλεις (Smart cities)**

Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνεται ο έλεγχος της κτηριακής υποδομής και της αντοχής υλικών σε κτηριακές κατασκευές μέσω των συσκευών IoT. Ο έλεγχος της μετακίνησης μέσα στην πόλη και οι πληροφορίες σχετικά με το δίκτυο των συγκοινωνιών. Όπως και άλλες εφαρμογές όπως η διαθεσιμότητα parking.

#### **1.4.3 Έξυπνο περιβάλλον (Smart Environment)**

Αυτή η κατηγορία αφορά την παρακολούθηση του περιβάλλοντος με συστήματα IoT, παραδείγματα χρήσης της είναι ο έλεγχος για την μόλυνση του περιβάλλοντος, ο έλεγχος για πυρκαγιές, η παρακολούθηση των καιρικών μεταβλητών καθώς και η πρόβλεψη για επικίνδυνα φαινόμενα, όπως η πρόβλεψη για σεισμούς και η πρόβλεψη για εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων.

#### **1.4.4 Έξυπνη βιομηχανία (Smart Industry)**

Σε αυτήν την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται όλα τα συστήματα IoT που μπορούν να εφαρμοστούν στην βιομηχανία. Σε επικίνδυνα βιομηχανικά περιβάλλοντα για τον έλεγχο για διαρροή αέριων, για την παρουσία χημικών. Καθώς και για την αποθήκευση και παρακολούθηση των προμήθειων και των προϊόντων. Όπως και για την συντήρηση των μηχανήματων και την παρακολούθηση της ορθής λειτουργίας του.

#### **1.4.5 Έξυπνη γεωργία (Smart agriculture)**

Στον τομέα της γεωργίας η χρήση των συστημάτων IoT γίνεται στην παρακολούθηση της σοδιάς στα χωράφια και στην παρακολούθηση των μεταβλητών του εδάφους, της θερμοκρασίας και του νερού που αυτό φτάνει στην σοδιά, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή. Σε μεγάλες φάρμες και αγροκτήματα για την παρακολούθηση των ζώων. Καθώς και σε θερμοκήπια για την παρακολούθηση των μεταβλητών της θερμοκρασίας και υγρασίας και την εφαρμογή των βέλτιστων συνθηκών για την αύξηση της παραγωγής και της ποιότητας των φυτών.

#### **1.4.6 Έξυπνη ενέργεια (Smart energy)**

Σε αυτήν την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται όλα τα συστήματα IoT που αποσκοπούν στην παρακολούθηση (monitoring) και βελτιστοποίηση της παραγωγής αλλά και της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα στον έλεγχο της κατανάλωσης καθώς και στον εντοπισμό μοτίβων ηλεκτρικής κατανάλωσης, που παρουσιάζουν ποτέ το δίκτυο χρειάζεται περισσότερη

ηλεκτρική ενέργεια ή λιγότερη. Καθώς και στην παρακολούθηση της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από της πηγές της. Δηλαδή την παρακολούθηση των ανεμογεννητριών, ηλεκτρικών σταθμών και αλλά.

#### 1.4.7 Έξυπνη υγεία (Smart health)

Σε αυτήν την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται όλα τα συστήματα IoT που εφαρμόζονται στον κλάδο της υγείας. Όπως η παρακολούθηση της κατάστασης των ασθενών, η παρακολούθηση ιατρικών ψυγείων που διασφαλίζουν ότι τα φάρμακα παραμένουν στην προβλεπόμενη θερμοκρασία. Στην παρακολούθηση της ποιότητας του ύπνου μέσα από αισθητήρες τοποθετημένους στο στρώμα ύπνου, για την παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού και μεγάλων κινήσεων κατά την διάρκεια του ύπνου[2]. Καθώς και άλλες παρόμοιες εφαρμογές που έχουν σαν στόχο την βελτίωση της διαδικασίας της νοσηλείας και παρακολούθησης ιατρικών φαινομένων.

#### 1.5 IOT σε απομακρυσμένες περιοχές

Τα συστήματα IoT έχουν συνδεθεί με την διασύνδεση τους με τοπικά δίκτυα και την χρήση του διαδικτύου, όμως η χρήση τους μπορεί να επεκταθεί και σε αγροτικές ή απομακρυσμένες περιοχές όπου στη συνέχεια να διασυνδέονται σε δίκτυα που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο.

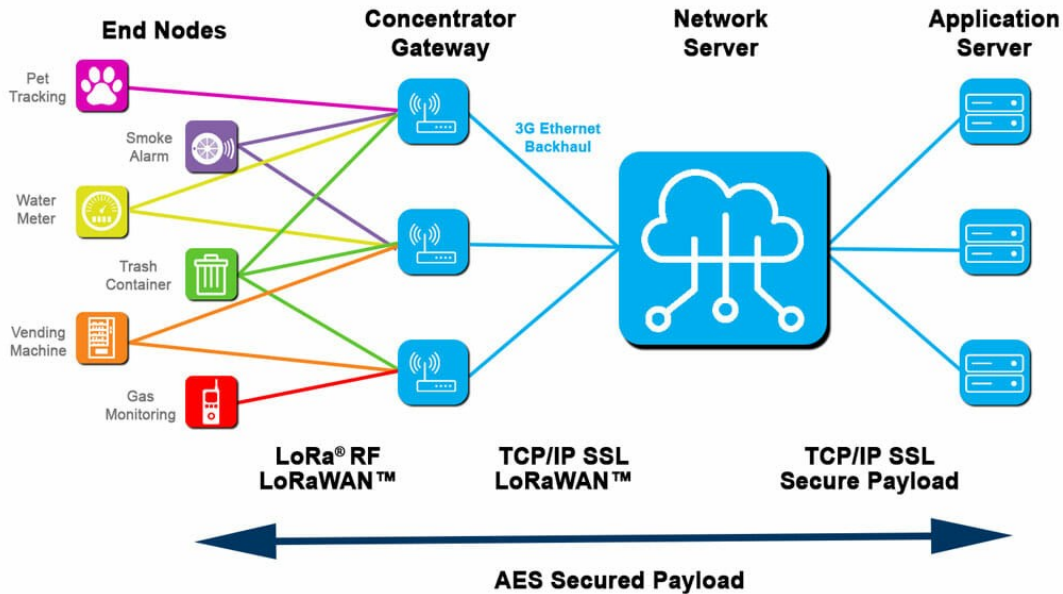


Εικόνα 5 Μακέτα Εφαρμογής που συνδυάζει δίκτυα LoraWAN και IoT

Για να χρησιμοποιηθούν τα συστήματα IoT σε τέτοιες περιοχές, μπορούν να συνδυαστούν με δίκτυα LPWAN “Low Power Wide Area Networks” και συγκεκριμένα σε αυτήν την κατηγορία ανήκει και το πρωτόκολλο LoRaWAN που είναι ιδιαίτερα αποδοτικό σε τέτοιες εφαρμογές λόγω της μεγάλης εμβέλειας που διαθέτουν αυτά τα συστήματα χρησιμοποιώντας την επικοινωνία μέσω ραδιοσυχνοτήτων. Η απόσταση αυτών των δικτύων με συνθήκες που δεν παρεμβάλλεται το σήμα από φυσικά εμπόδια και γίνεται η χρήση κατάλληλων κεραιών, μπορεί να φτάσει έως και 100 χιλιόμετρα. Ένας ακόμα λόγος της επιλογής του δικτύου LoRaWAN είναι ότι δεν είναι απαιτητικό ως προς την κατανάλωση ισχύος, γεγονός που σημαίνει ότι η χρήση του είναι κατάλληλη σε περιοχές που οι πομποδέκτες να μην μπορούν να τροφοδοτηθούν με ηλεκτρικό ρεύμα από το την ηλεκτρική διανομή ρεύματος και να χρειαστεί να λειτουργήσει με την χρήση μπαταριά για μεγάλα

χρονικά διαστήματα. Σε συστήματα που χρησιμοποιούν την τεχνολογία LoRaWAN η μπαταριά, ανάλογα με το μέγεθος της μπορεί να χρησιμοποιηθεί για χρόνια χωρίς την αντικατάσταση της.

Η τοπολογία του δικτύου που εφαρμόζεται σε αυτές τις εφαρμογές ακολουθεί την παρακάτω δομή/αρχιτεκτονική.



Εικόνα 6 Παράδειγμα τοπολογίας δίκτυο με την χρήση LoRaWAN

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή, αρχικά συλλέγονται από τους αισθητήρες που περιλαμβάνονται στις έξυπνες συσκευές (things) και στη συνέχεια μεταφέρονται (μέσω ραδιοσυχνότητας) σε ένα Gateway ο οποίος τα προωθεί σε νεφοϋπολογιστικές υποδομές για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία/αποθήκευση. Η επικοινωνία μεταξύ Gateway και νεφοϋπολογιστικών υποδομών στηρίζεται κατά κύριο λόγο στην τεχνική Backhaul [3].

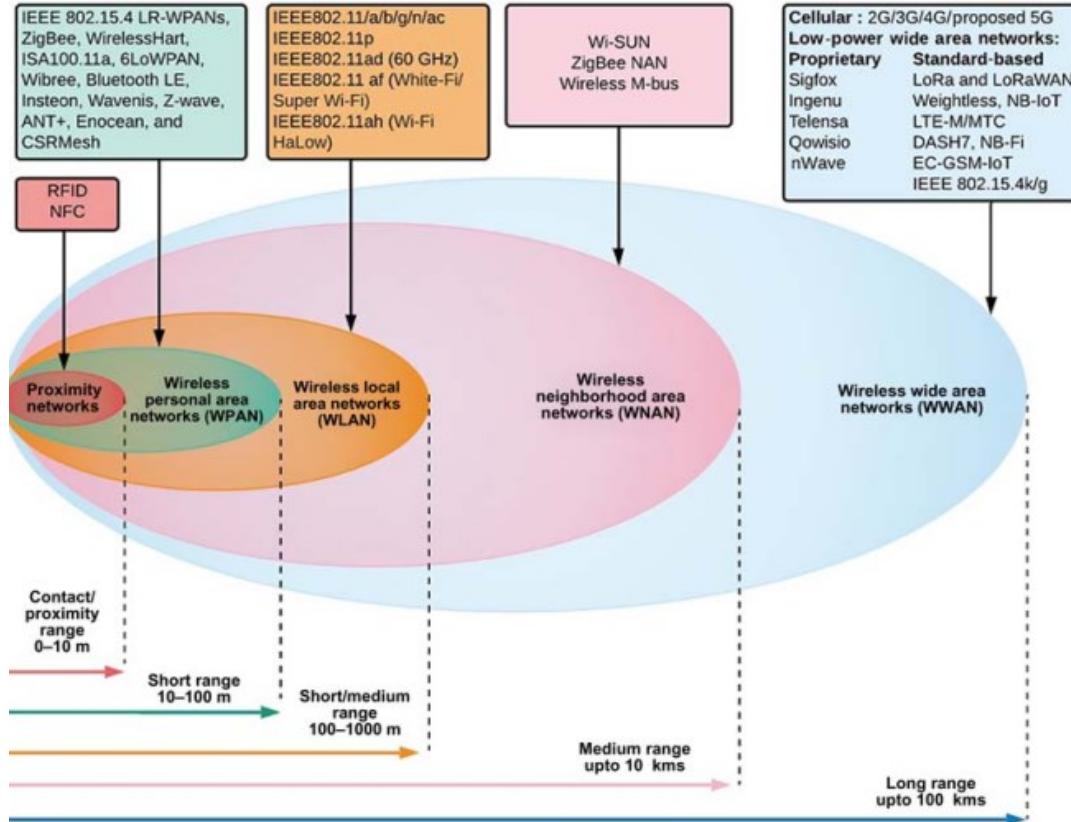
## **Κεφάλαιο 2 Δίκτυα LPWAN και LoRaWAN**

### **2.1 Δίκτυα LPWAN**

Τα δίκτυα LPWAN είναι δίκτυα τα οποία μεταφέρουν σήματα σε μεγάλες αποστάσεις με μικρή κατανάλωση ισχύος, από αυτήν την ιδιότητα περνούν και την ονομασία τους "low power wide area networks" που μεταφράζετε ως "Δίκτυα ευρέος πεδίου χαμηλής ενέργειας". Για την μεταφορά των σημάτων χρησιμοποιούν την τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων (RF). Τα δίκτυα που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία μπορούν να αξιοποιηθούν σε περιοχές όπου η τροφοδοσία τους με ρεύμα δεν είναι εφικτή η αλλαγή μπαταρίας δεν είναι εφικτή.

Οι εφαρμογές που βασίζονται πάνω σε αυτά τα δίκτυα ως συνήθως απαιτούν από τον πομπό να στέλνει μικρά μηνύματα σήματος ανά χρονικά διαστήματα, έχουν ανοχή στην καθυστέρηση του σήματος, δεν χρειάζονται υψηλά data rates και βασίζονται στην χαμηλή κατανάλωση ισχύος. Τα δίκτυα LPWAN μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τις ανάλογες κεραίες σε απόσταση έως και 100km.

Ως προς την απόσταση σε επαρχιακές περιοχές η κάλυψη που παρέχουν είναι 10 με 40 km, σε αστικές περιοχές από 1-5 χιλιόμετρα. Αυτά τα δίκτυα αντιμετωπίζουν μείωση στην διάδοση του σήματος σε περιπτώσεις που το σήμα πρέπει να περάσει ενδιάμεσα από κτήρια ή τοίχους καθώς επίσης προβλήματα στην διάσωση του σήματος αντιμετωπίζονται όταν ο πομπός ή ο δέκτης είναι σε τοποθεσία κάτω από την επιφάνεια την γης. [5, σελίδες 8-10]



Εικόνα 7 Χιλιομετρική κάλυψη ασυρμάτων δικτύων

Ένα χαρακτηριστικό των δικτύων LPWAN είναι η ικανότητα να μπορούν να υποστηρίξουν έναν μεγάλο αριθμό συσκευών, ακόμα και περισσότερων από 100,000. Όταν σε ένα δίκτυο LPWAN προστεθεί μια συσκευή αυτή δεν επηρεάζει την απόδοση ή την επικοινωνία των προηγούμενων συσκευών. Επίσης καθώς το δίκτυο έχει χαμηλή υπολογιστική ισχύ, μπορεί να επεκταθεί μέσω πύλων Gateways και Access Stations. [5, σελίδα 11]



### 2.1.1 Πύλες διασύνδεσης (Gateway)

Για την επέκταση του δικτύου και την μετάβαση από δίκτυα LPWAN σε δίκτυα τηλεφωνίας ή σε ethernet συνδέσεις με απώτερο σκοπό η σύνδεση των έξυπνων αντικειμένων με το διαδίκτυο , χρησιμοποιούνται οι πύλες διασύνδεσης (Gateways). Οι πύλες διασύνδεσης διαθέτουν δικό τους επεξεργαστή, μνήμη και δικό τους λογισμικό ,επεξεργάζονται τα σήματα εισόδου που δέχονται και τα διαμοιράζουν σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Αυτές οι συσκευές επεκτείνουν και βελτιώνουν την ποιότητα του σήματος και συνεπώς διευρύνουν το εύρος του δικτύου καθώς και την ταχύτητα απόκρισης.



Εικόνα 8 LPWAN developer Gateway Rak7244

## 2.2 Το πρωτόκολλο LoRa

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας LoRa βασίζεται στην τεχνική διαμόρφωσης spread spectrum και για την υπολογίσει αυτής της διαμόρφωσης χρησιμοποιεί την τεχνική CSS “chirp spread spectrum” [7]. Η ονομασία του προέρχεται από τις λέξεις “Long” και “Range”. Απευθύνεται κύριος σε συσκευές που βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις και σε συσκευές που απαιτείται από την χρήση της εφαρμογής του η ηλεκτρική τροφοδοσία τους από μπαταρίες για μεγάλες χρονικές περιόδους.

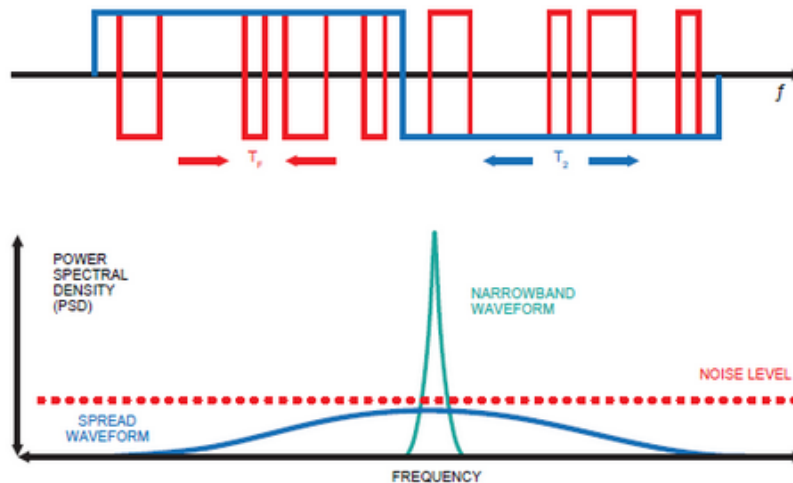
## 2.3 Πρωτόκολλο LoRaWAN

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας LoRaWAN μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις εφαρμογές IoT καθώς και για άλλες εφαρμογές σε επικοινωνία μεταξύ πομπού και δεκτή που υπάρχουν οι προϋποθέσεις της μεγάλης απόστασης μεταξύ τους, καθώς και ίσως η προϋπόθεση για την χρήση χαμηλής ισχύς και την λειτουργία του πομπού ή δεκτή με την χρήση μπαταρίας. Σε αγροτική περιοχή η κάλυψη του δικτύου μπορεί να φτάσει έως και 100 χιλιόμετρα. Το πρωτόκολλο επικοινωνία έχει σαν χαρακτηριστικό την μικρή ταχύτητα μετάδοσης της πληροφορίας, τα δεδομένα που μπορεί να μεταφέρει είναι από 0.3 kbit/s έως 50 kbit/s η ταχύτητα αυτή εξαρτάται από το spreading factor.

Η κωδικοποίηση του δικτύου LoRaWAN γίνεται με την χρήση του (AES128). Το AES128 που τα αρχικά του σημαίνουν Advances Encryption Standard δηλαδή, προηγμένο πρότυπο κρυπτογράφησης πρόκειται για μια κωδικοποίηση που χρησιμοποιεί κλειδί 128 bit και ξεκίνησε να χρησιμοποιείται το 2001. Ένα κλειδί 128bit για να παραβιαστεί με την μέθοδο brute force που πρόκειται για μια τεχνική όπου δοκιμάζεται κάθε πιθανό συνδυασμός, θα απαιτούνταν  $2^{128}$  προσπάθειες δηλαδή 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 κωδικοί [4], κάτι που με την σημερινή υπολογιστική δύναμη θα χρειαζόταν αρκετά χρόνια για να παραβιαστεί. Το AES επιτρέπει γρήγορη υλοποίηση τόσο σε λογισμικό όσο και σε υλικό. Δεν απαιτεί πολύ μνήμη και για αυτό είναι κατάλληλο ακόμα και για μικρές κινητές συσκευές. Η συνεχής ανάπτυξη του δικτύου LoRaWAN γίνεται από την μη κερδοσκοπική εταιρία LoRa Alliance.

### 2.3.1 Διασπορά Φάσματος (Spread spectrum)

Τα δίκτυα LoRa για την διαμόρφωση του σήματος τους και την υλοποίηση της επικοινωνίας τους χρησιμοποιούν την τεχνική διαμόρφωσης σήματος spread spectrum modulation, έχει προέλθει από μια παραλλαγή της τεχνικής chirp spread spectrum modulation. Το επεξεργασμένο σήμα διαθέτει πιο ευρύ εύρος ζώνης (bandwidth) από το αρχικό με αυτή την ιδιότητα επιτυγχάνεται η ενίσχυση του σήματος ως προς την αντοχή του στον θόρυβο, στις φυσικές παρεμβολές και στις παρεμβολές από άλλα σήματα.



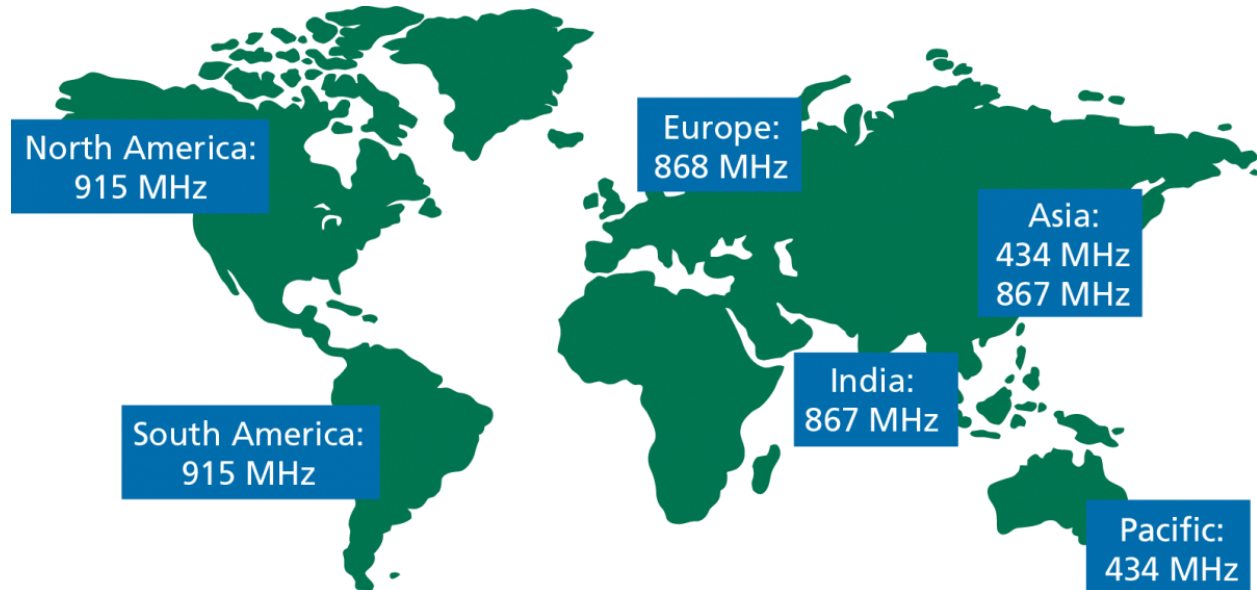
Εικόνα 9 Διαμόρφωση σήματος LoRaWAN

Ο μαθηματικός τύπος που εκφράζει την διαμόρφωση είναι  $Rs = \frac{B}{2sf}$

Όπου  $sf$  καθορίζει το μέγεθος της διασποράς και παίρνει τιμές από 5 έως 12. Όταν το  $sf$  είναι χαμηλό έχουμε χειρότερη ευαισθησία σήματος αλλά μεγαλύτερη ταχύτητα στην μετάδοση των δεδομένων μέσω του σήματος. Όσο το  $sf$  μεγαλώνει ο πομποδέκτης χρησιμοποιεί μεγαλύτερη ενέργεια γιατί απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος για την μετάδοση του σήματος.

## 2.4 Ραδιοσυχνότητες επικοινωνίας

Καθώς το πρωτόκολλο επικοινωνίας LoRaWAN χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες πρέπει να ακολουθεί τους κανονισμούς ραδιοσυχνότητας που έχουν θεσπιστεί από την κάθε χώρα. Η κάθε χώρα έχει τους δικούς της κανόνες για τη χρήση gateway και αν αυτή πρέπει να δηλωθεί ως προς την χρήση της ή όχι, καθώς επίσης και ως προς την συχνότητα που εκπέμπει.



Εικόνα 10 Συχνότητα εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων

Στην Ελλάδα όπως και στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες για τα δίκτυα LoRaWAN χρησιμοποιείται η συχνότητα των 868MHz

## **Κεφάλαιο 3 Νεφούπολογιστικές υποδομές**

### **3.1 Πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους (Cloud computing)**

Ο ορός υπολογιστική νέφους αναφέρεται σε ένα σύστημα υπολογιστών το οποίο παρέχει την δυνατότητα στο χρήστη μέσω σύνδεσης στο internet να έχει πρόσβαση σε λειτουργίες που είναι αποθηκευμένες σε αυτό το σύνολο υπολογιστών, αντί να είναι αποθηκευμένες στον προσωπικό του υπολογιστή. Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση δεδομένων, για την επεξεργασία δεδομένων, για την φιλοξενία ιστοσελίδων, καθώς και για την χρήση εφαρμογών.

#### **3.1.1 Γιατί να επιλεγθεί μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους**

Επιλέγοντας μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους αφαιρείται το αρχικό κόστος που θα είχε σαν επένδυση ένας προσωπικός server με διασύνδεση στο διαδίκτυο, δεν υπάρχει το κόστος της συντήρησης του εν λόγω συστήματος με τον πέρασμα του χρόνου και τις αλλαγές στην τεχνολογία των υλικών ως προς την επίδοση.

Επιπλέον είναι αξιόπιστο, με την έννοια ότι η πρόσβαση για την υπηρεσία που το χρησιμοποιούμε είναι διαθέσιμη κάθε στιγμή της ημέρας, χωρίς να επηρεάζεται από οποιοδήποτε προσωπικό συμβάν που θα μπορούσε να επηρεάσει το σύστημα μας. Σαν επιλογή είναι ευέλικτη καθώς μπορούμε να προσθέσουμε ή να αφαιρέσουμε servers ανάλογα με την υπολογιστική ισχύ που χρειαζόμαστε χωρίς να υπάρχει η επιβάρυνση του συνολικού κόστους του server που θα προσθέσουμε πάρα μόνο ένα αρκετά μικρό κλάσμα αυτής, για την ενοικίαση των server που χρησιμοποιούμε.

### **3.2 Τύποι κατηγορίας υπηρεσιών πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους.**

#### **3.2.1 SaaS (Software as a service)**

Η υπηρεσία που παρέχεται είναι η στέγαση ενός λογισμικού σε έναν απομακρυσμένο server, ο χρήστης της υπηρεσίας μπορεί να έχει πρόσβαση οποιαδήποτε στιγμή μέσω του internet. Αυτή η κατηγορία είναι περισσότερο κατάλληλη για εταιρίες που θέλουν να φιλοξενήσουν το λογισμικό τους.

#### **3.2.2 PaaS (Platform as a service)**

Η υπηρεσία που παρέχεται σε προγραμματιστές τα απαραίτητα εργαλεία για την δημιουργία και εφαρμογών και την διάθεση των εφαρμογών μέσω του internet. Αυτή η κατηγορία είναι περισσότερο κατάλληλη για προγραμματιστές που θέλουν να φιλοξενήσουν το λογισμικό τους αλλά παράλληλα έχουν και την τεχνογνωσία και θέλουν να αναλάβουν την τεχνολογική υποστήριξη της εφαρμογής καθώς και την διαχείριση των δεδομένων που στέλνουν και λαμβάνουν.

### **3.2.3 IaaS(Infrastructure as a service)**

Ο χρήστης χρησιμοποιεί μόνο το υλικό που παρέχει η πλατφόρμα, δηλαδή τους servers, τον αποθηκευτικό χώρο , το λειτουργικό σύστημα. Αυτή η κατηγορία είναι πιο ευέλικτη και χρησιμοποιείται κύριος σαν υπολογιστικός πόρος, παρόλο αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το όπως επιθυμεί ο χρήστης, ακόμα και για την ανάπτυξη εφαρμογών και διάθεση των εφαρμογών μέσω του διαδικτύου.

### **3.3 Τύποι πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους**

Μια πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους ως προς την προσβασιμότητα της από τους χρήστες μπορεί να είναι δημοσιά ή ιδιωτική ή υβριδική.

#### **3.3.1 Δημοσιά πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους (Pubic cloud)**

Οι servers που χρησιμοποιούνται και το δίκτυο δεν χρησιμοποιούνται μόνο από έναν χρήστη αλλά μοιράζονται και με άλλους πελάτες που αξιοποιούν το υπολογιστικό σύστημα.

#### **3.3.2 Ιδιωτική πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους (Private cloud)**

Οι υπηρεσίες , τα δεδομένα και τα αρχεία, είναι συγκεντρωμένα σε ένα προσωπικό δίκτυο.

#### **3.3.3 Υβριδική πλατφόρμας υπολογιστικού νέφους (Hybrid cloud)**

Επιτρέπει στον χρήστη να διασφαλίσει τις προσωπικές του πληροφορίες στο προσωπικό του δίκτυο αλλά και να αξιοποιήσει τις δυνατότητες μια δημοσίας πλατφόρμας νέφους.

## **Κεφάλαιο 4 Μελέτη, παρακολούθηση και πρόβλεψη πλημμυρικών φαινομένων**

### **4.1 Συστήματα IoT, δίκτυα LPWAN και νεφοϋπολογιστικές υποδομές στην παρακολούθηση επικίνδυνων φαινομένων.**

Οι τεχνολογίες που αναφέρθηκαν στα παραπάνω κεφάλαια έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην παρακολούθηση επικίνδυνων φαινομένων. Στην πτυχιακή θα συνδυάσουμε και θα χρησιμοποιήσουμε αυτές τις τεχνολογίες για την παρακολούθηση και πρόβλεψη πλημμυρικών φαινομένων. Για τον τρόπο της εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών αρμόζει να μελετήσουμε το φαινόμενο υπό παρακολούθηση καθώς και τις ιδιότητες που το χαρακτηρίζουν.

### **4.2 Πλημμυρικά φαινόμενα, εισαγωγή:**

Τα πλημμυρικά φαινόμενα αποτελούν ένα καταστροφικό γεγονός που επηρεάζει άμεσα την ζωή των κατοίκων μιας περιοχής. Μια πλημμύρα βάζει σε κίνδυνο τους ανθρώπους τις περιουσίες τους καθώς και την γεωργία και την κτηνοτροφία της περιοχής. Μια έγκυρη πρόβλεψη μπορεί να αποτρέψει τόσο την απώλεια ανθρώπινων ζωών όσο και την διαφύλαξη ορισμένων περιουσιακών στοιχείων τους.

Τα πλημμυρικά φαινόμενα ως συνήθως οφείλονται στις βροχοπτώσεις και την υπερχειλίση των υδάτινων οδών. Για τον καθορισμό και την ανάπτυξη ενός αλγορίθμου που θα έχει ως σκοπό τον έγκυρο εντοπισμό πλημμυρίδων φαινομένων καθώς και την παρακολούθηση τους, απαιτούνται αρκετές δυναμικές μεταβλητές που πρέπει να παρακολουθηθούν με την χρήση αισθητήριων καθώς και ο ορισμός του γεωγραφικού και γεωλογικού χώρου που θα τοποθετηθεί το σύστημα, όλα τα παραπάνω πρέπει να υπολογίζονται σε συνάρτηση με τον χρόνο, καθώς ένα τέτοιο φαινόμενο μπορεί να εκδηλωθεί με αργό ρυθμό ή και με γρήγορο. Η εμφάνιση ενός πλημμυρικού φαινομένου είναι άμεσα συνδεδεμένη με την γεωλογική περιοχή στην οποία θα εμφανιστεί. Μια μεγάλη πεδιάδα με υδάτινους οδούς που μπορούν να διαχειριστούν και να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες υδάτων θα πλημμυρίσει πιο δύσκολα από μια περιοχή όπου τα ύδατα συσσωρεύονται και δεν υπάρχει τρόπος διαφυγής. Οι ειδοποιήσεις για πλημμυρικά φαινόμενα είναι εξαιρετικά αποτελεσματικές για την μείωση των καταστροφών που προκαλούνται από αυτά τα φαινόμενα. Σύμφωνα με τον Shivaray [5] (2014) ειδοποιήσεις για πλημμύρες που έγιναν εγκαίρως αποδεικτικά σημαντικές για την αποφυγή απώλειας ανθρώπινων ζωών και την μείωση των περιουσιακών καταστροφών. Μια έγκυρη προειδοποίηση 1 ώρα πριν το συμβάν είχε σαν αποτέλεσμα να μειώσει τις υλικές καταστροφές κατά 10% .

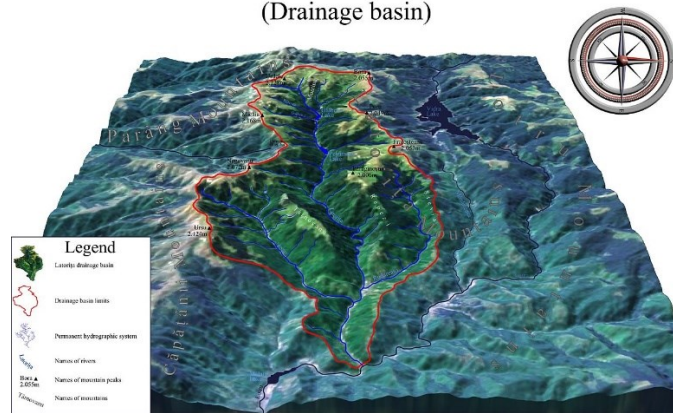
#### **4.2.1 Προσδιορισμός γεωλογικού χώρου**

Η μελέτη της γεωλογικής περιοχής που θέλουμε να παρακολουθήσουμε και να προβλέψουμε ένα πλημμυρικό φαινόμενο είναι σημαντική καθώς βάση αυτής θα κατανοήσουμε τις απαιτήσεις της εφαρμογής μας καθώς κάθε περιοχή έχει διαφορετική ιδιομορφία και διαχειρίζεται διαφορετικό όγκο κατακρημνίσματα και υδάτων. Οι κυρίες παράμετροι είναι η υδρολογική λεκάνη και το υδρογραφικό δίκτυο.

#### 4.2.2 Υδρολογική λεκάνη ή λεκάνη απορροής

Ονομάζεται η γεωλογική επιφάνεια που συσσωρεύει κάποια υδρογραφικά δίκτυα τα οποία ακολουθούν μια προκαθορισμένη πορεία, βάση της γεωλογική σύνθεση της επιφάνειας της λεκάνης , μέχρι να εξέλθουν από αυτήν ή να συσσωρευτούν σε αυτήν. Ακόμα υπάρχουν και υδρογεωλογικές λεκάνες οι οποίες βρίσκονται κάτω από το έδαφος και μαζεύουν τα νερά που απορροφάτε από την επιφάνεια του εδάφους για να τα κατευθύνουν προς μια έξοδο. Μια υδρολογική λεκάνη μπορεί να διαχωριστεί σε υδρογραφικές καμπύλες, που πρόκειται για υψομετρικές ζώνες που διαιρούν την υδρολογική λεκάνη σε ισόποσα υψομετρικά κομμάτια.

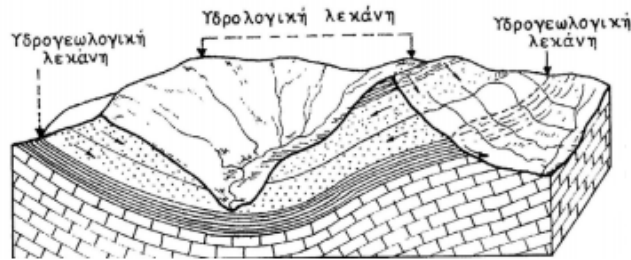
Latorița River, tributary of the Lotru River  
(Drainage basin)



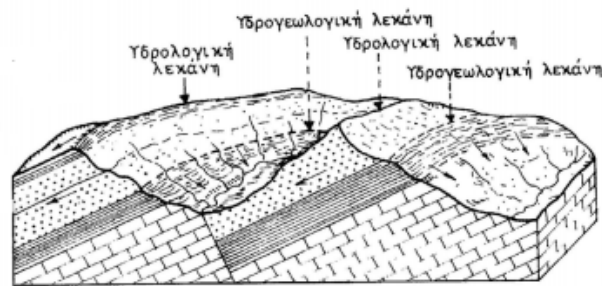
Εικόνα 11 Λεκάνη απορροής στον ποταμό Latoria στην Ρουμάνια

### 4.2.3 Υδροκρίτης

Υδροκρίτης ονομάζεται η νοητή γραμμή από τα ψηλότερα σημεία μια λεκάνης απορροής, ο υδροκρίτης καθορίζει το ποσό που μπορεί να συγκεντρώσει μια υδρολογική λεκάνη πρώτου ξεκινήσει να διοχετεύει υδάτινα σώματα προς άλλες γειτονικές ή ευρύτερες λεκάνες απορροής. Επιπλέον ο υδροκρίτης ξεχωρίζει την λεκάνη απορροής που μελετάτε με άλλες γειτονικές λεκάνες απορροής.



Εικόνα 12 Παράδειγμα υδρολογικής λεκάνης

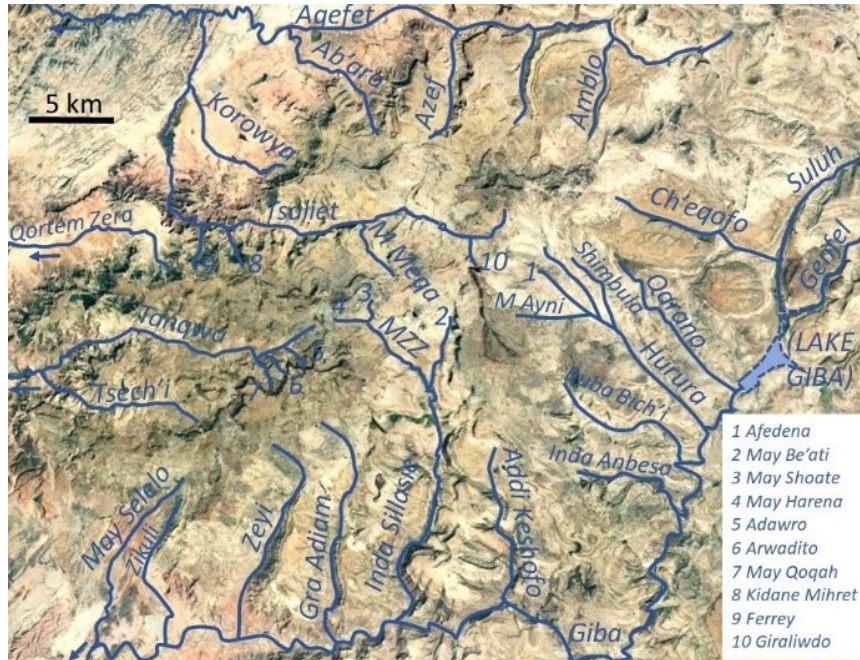


Εικόνα 13 Παράδειγμα υδρολογικής λεκάνης



#### 4.2.4 Υδρογραφικό δίκτυο

Υδρογραφικό δίκτυο μιας γεωγραφικής περιοχής ονομάζεται οι κλάδοι ενός ποταμού που μπορεί να περιέχονται σε μια υδρολογική λεκάνη καθώς και τα σημεία που σχηματίζονται οδοί που κατευθύνουν την υδάτινη ροή μέσα στην υδρολογική λεκάνη. Η σύσταση του υδρογραφικού δικτύου μιας λεκάνης απορροής εξαρτάται από την δομή του εδάφους, από το κλίμα της περιοχής καθώς και την μορφολογία του εδάφους.



Εικόνα 14 Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής Dogu'a Tembien στην Αιθιοπία

### 4.3 Προσδιορισμός Κλίματος υπό μελέτης περιοχής

Η παρακολούθηση των καιρικών φαινομένων μιας περιοχής είναι διαδικασία που απαιτεί την παρακολούθηση των μετρήσεων αρκετών φυσικών μεγεθών, όπως την θερμοκρασία, την υγρασία, την υγρασία εδάφους, την πυκνότητα της βροχόπτωσης, την ηλιακή ακτινοβολία, την ατμοσφαιρική πίεση καθώς και την ένταση του αέρα. Με την έννοια του κλίματος είναι οι καταστάσεις του καιρού που επικρατούν σε μια περιοχή μια δεδομένη εποχική περίοδο, δεν μπορεί να μετρηθεί σαν μια μεταβλητή αλλά έχει να κάνει με την γενική παρατήρηση των ατμοσφαιρικών φαινομένων, της θερμοκρασίας, της πίεσης και της υγρασίας της περιοχής. Το κλίμα έχει μια ελεύθερη προσέγγιση και το θεωρούμε ευνοϊκό ή κατάλληλο ανάλογα με τις προϋποθέσεις που θέτουμε. Εκτός από τον προσδιορισμό του κλίματος σε τοπικό επίπεδο, υπάρχει και ο προσδιορισμός του κλίματος στην γενική έκταση της γης που ως συνήθως προσδιορίζεται από την ταξινόμηση κατά Köppen.



Εικόνα 15 Μακροκλίμα της Γης (κατά Köppen-Geiger)

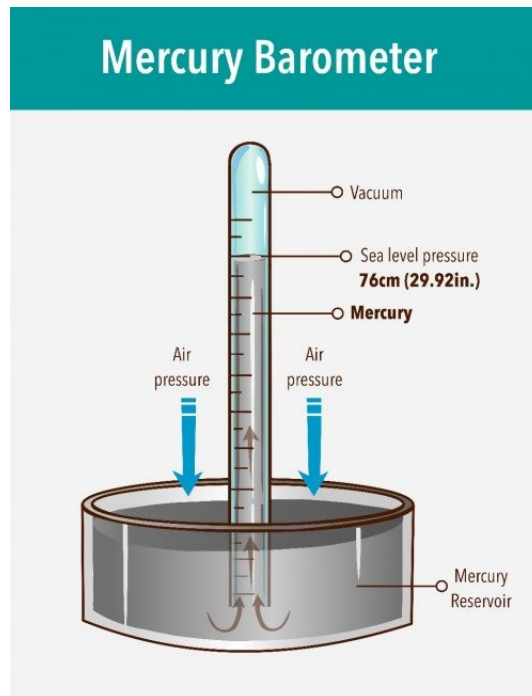
## 4.4 Καιρικές μεταβλητές

Με την έννοια του καιρού εννοούμε την παρακολούθηση και την καταγραφή κύριος των φαινομένων της θερμοκρασίας, της πίεσης, της υγρασίας, της νέφωσης, της έντασης και κατεύθυνσης του ανέμου καθώς και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Η μέτρηση του καιρού γίνεται με ειδικά όργανα ή αισθητήρες και οι μετρήσεις του συλλέγονται έχουν αρκετή ακρίβεια.

### 4.4.1 Ατμοσφαιρική πίεση

Η ατμοσφαιρική πίεση ή βαρομετρική πίεση, είναι η πίεση του αέρα ως προς την γη, βρίσκεται εντός της ατμόσφαιρας, η μονάδα μέτρησης της είναι το hectopascal (hPa), 1 hPa ισοδυναμεί με  $\text{pascal(Pa)} * 10^{-2}$ , όπου  $1013 \text{ hPa} = 1 \text{ atm}$ , η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται όσο αυξάνεται το υψόμετρο.

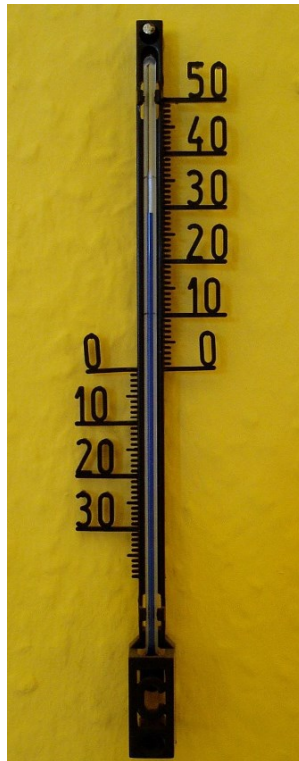
Η θερμοκρασία και η υγρασία επηρεάζουν την ατμοσφαιρική πίεση. Η μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης γίνεται με ένα όργανο που ονομάζεται βαρόμετρο. Για την εικονική παρουσίαση του, η παρακάτω εικόνα δείχνει την αρχή λειτουργίας του.



Εικόνα 16 Αρχή λειτουργία βαρομέτρου

#### 4.4.2 Θερμοκρασία

Ως προς την θερμοκρασία η Μέτρηση που γίνεται αφορά την θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα. Η θερμοκρασία του αέρα προκύπτει από την ηλιακή ακτινοβολία που παρουσιάζεται στην ατμόσφαιρα και από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η μονάδα μέτρησης της θερμοκρασίας είναι οι βαθμοί κελσίου. Μια συνιστώσα στη μείωση της θερμοκρασίας είναι το υψόμετρο. Οπού παρατηρείται μείωση της όσο το υψόμετρο μεγαλώνει συγκεκριμένα η μείωση της θερμοκρασίας είναι της τάξης των  $0,64\text{ }^{\circ}\text{C}$  ανά 100 μετρά, η παρατήρηση αυτή έχει καταγραφεί ως θερμοβαθμίδα [7]. Η θερμοκρασία γίνεται με ένα όργανο που ονομάζεται θερμόμετρο που περιέχει κάποιο υγρό που μεταβάλλεται με την ζεστή ή το κρύο.



Εικόνα 17 Θερμόμετρο

#### 4.4.3 Ατμοσφαιρική υγρασία

Η ατμοσφαιρική υγρασία είναι η ποσότητα των υδρατμών που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Οι υδρατμοί εμφανίζονται στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης υγρών επιφανειών. Η ατμοσφαιρική υγρασία ευθύνεται για την παρουσία όλων των μορφών κατακρημνισμάτων που εμφανίζονται. [7] Η υγρασία επηρεάζει την εμφάνιση των φαινομένων την ομίχλης των κατακρημνισμάτων και την εμφάνιση νερού πάνω σε επιφάνειες. Η υγρασία ως συνήθως δεν είναι ορατή στο ανθρώπινο μάτι. Χωρίζεται σε δυο κατηγορίες στην σχετική υγρασία και στην απολυτή υγρασία. Η απολυτή υγρασία υπολογίζεται από τον τύπο  $a = m/V$ , όπου  $m$  είναι η ποσότητα νερού και  $V$  ο όγκος του αέρα., ως συνήθως έχει μονάδα μέτρησης τα γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο. Η σχετική υγρασία που μας ενδιαφέρει και περισσότερο σαν μέτρηση είναι ο λόγος της ποσότητας των υδρατμών που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα σε σχέση με τους υδρατμούς που μπορεί να συγκρατήσει με μέγιστη τιμή το 100% και ελάχιστη τιμή το 0%. Η σχετικής υγρασίας συμβολίζεται ως  $hr(\%)$  και η μονάδα μέτρησης της είναι  $hr = 100 * e / es$ , όπου  $e$  η τάση των υδρατμών και  $es$  η τάση των κορεσμένων υδρατμών. Επειδή η υγρασία βρίσκεται μέσα στον αέρα, όταν η θερμοκρασία του αέρα μικραίνει τότε η υγρασία αυξάνεται. Τα όργανα που κάνουν την μέτρηση της υγρασίας στην ατμόσφαιρα είναι τα υγρόμετρα, οι υγραγράφοι και τα ψυχρόμετρα.



Εικόνα 18 Υγρόμετρο τρίχας

#### 4.4.4 Κατακρημνίσματα

Η μέτρηση του ποσοστού πτώσης κατακρημνισμάτων γίνεται με διάφορους τρόπους, με τον ορό κατακρημνίσματα αναφερόμαστε σε όλες τις μορφές που φτάνει το νερό από την ατμόσφαιρα προς την επιφάνεια της γης. Τα κατακρημνίσματα είναι η βροχή, χιόνι, χιονόνερο, χαλάζι και ομίχλη.

Η μέτρηση της βροχής γίνεται με ένα όργανο που ονομάζεται βροχόμετρο, το οποίο είναι ένα όργανο που αποτελείται από ένα δοχείο περισυλλογής και ένα βαθμονομημένο δοχείο μέτρησης της βροχής σε χιλιοστά ή σε εκατοστά. Η ένταση ενός φαινομένου βροχόπτωσης είναι ο λόγος του ύψους της βροχής που πέφτει σε μια επιφάνεια ως προς τον χρόνο που γίνεται η μέτρηση.

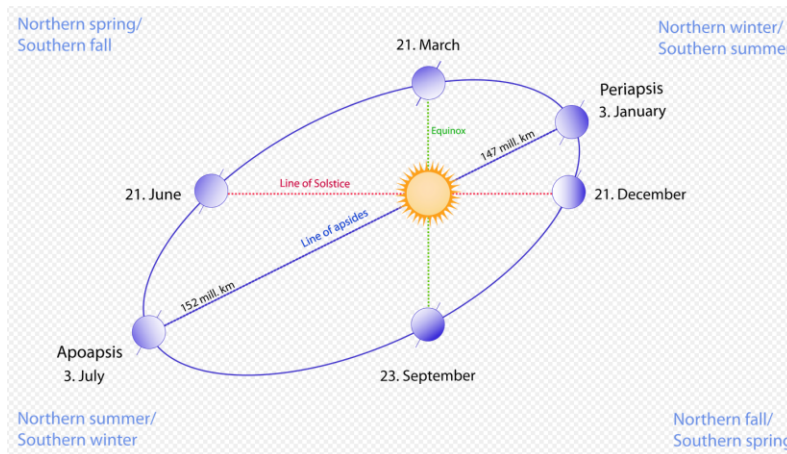


Εικόνα 19 Δεκαπλασιακό Βροχόμετρο

Επίσης για την συνολική μέτρηση της βροχής στην διάρκεια όλης της μέρας χρησιμοποιείται το δεκαπλασιακό βροχόμετρο, το οποίο λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο αλλά διαθέτει ένα δεκαπλάσιο δοχείο συλλογής νερού στο πάνω μέρος σε σχέση με το δοχείο αποθήκευσης νερού συνεπώς το ύψος του δοχείου αποθήκευσης είναι δεκαπλάσιο με αυτό που έπεσε πάνω στην επιφάνεια της γης. Ενώ επίσης χρησιμοποιείται και ο βροχογράφος, που εκτός από το ύψος της βροχής μετράει και την ένταση της. Η μονάδα μέτρησης για το ύψος της βροχής είναι τα χιλιοστά (mm).

#### 4.4.5 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που φτάνει στον πλανήτη μας από τον ήλιο μέσω του διαστήματος και της ατμοσφαιράς. Οι τρόποι που αυτή η ενέργεια διοχετεύεται είναι σαν φωτεινή ενέργεια, σαν θερμότητα και σαν ακτινοβολία. Το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στην γη εξαρτάται από την γεωγραφική περιοχή του τόπου μέτρησης, από την απόσταση της γη από τον ήλιο την δεδομένη εποχή, από την ώρα την οποία γίνεται η μέτρηση, τον τοπικό καιρό που επικρατεί στην περιοχή και το γεωλογικό τοπίο της περιοχής. Κυρία πηγή απόκρυψη της ακτινοβολίας στα μέσα της ημέρας είναι τα νέφη.



Εικόνα 20 Τροχιά της γης γύρο από τον ήλιο

Στην παραπάνω εικόνα έχει γίνει μια υπερβολή για να τονιστεί η διαφορά της απόστασης του ήλιου σε κάθε εποχή, στην πραγματικότητα η τροχιά της γης γύρο από τον ήλιο είναι σχεδόν κυκλική. Ως προς τις καιρικές μεταβλητές μας ενδιαφέρει το ποσοστό ηλιοφάνειας. Αυτή επηρεάζει την θερμοκρασία του αέρα καθώς και την θερμοκρασία της επιφάνειας της γης που έρχεται σε επαφή. Το ποσοστό παρουσίας ηλιοφάνειας επηρεάζει κατά την διάρκεια την καθημερινότητά τας και τις συνήθειες μας, ενώ ανάλογα με την παρουσία ή απουσία της ευδοκιμούν και ανάλογες δραστηριότητες.

#### 4.5 Αίτια εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων

Η μέτρηση του νερού που φτάνει στο έδαφος είναι σημαντική γιατί εκτός από την επιρροή που έχει η βροχόπτωση στην καθημερινότητα μας ως προς τον προγραμματισμό των προσωπικών συνήθειων μέσα στην μέρα, υπάρχει και ο κίνδυνος εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων. Συνήθεις αίτιες εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων είναι η παρατεταμένη βροχόπτωση όπου σε αυτήν την περίπτωση λόγω του μεγάλου όγκου νερού που έχει πέσει στην επιφάνεια της γης, το έδαφος δεν μπορεί να αποθήκευση άλλο νερό που συνεπάγεται με το ότι όλη η ποσότητα του

νερού συγκεντρώνεται στην επιφάνεια της γης. Οι ποταμοί και άλλες μάζες συλλογής νερού θα επηρεαστούν από αυτό το φαινόμενο. Μια άλλη αίτια εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων είναι οι σύντομες και έντονες καταιγίδες που εστιάζονται πάνω από ένα σημείο οι οποίες κάνουν τους ποταμούς να υπερχειλίζουν με αποτέλεσμα το νερό να παρακάμπτει την φυσική του ροή και να επεκτείνεται σε κατοικημένες περιοχές.

#### **4.5.1 Μεταβλητές που επηρεάζουν την πιθανότητα πλημμύρας**

Μεταβλητές που επηρεάζουν την πιθανότητα πλημμύρας είναι οι ποταμοί που έχει μειωθεί το πλάτος τους λόγω ανθρώπινης παρέμβασης ή χρονικών γεωλογικών μεταβολών και συνεπώς έχει μειωθεί η ικανότητα στην διαχείριση του νερού. Λιγότερη βλάστηση κοντά στους ποταμούς, ως συνήθως στις όχθες των ποταμών ευδοκούν δέντρα με μεγάλη απορρόφηση νερού και μεγάλες ρίζες, τα οποία εκτός από το να απορροφούν νερό, συγκρατούν και το έδαφος ώστε σε μεγάλες μετακίνησης νερού να μην μετακινηθεί και μειώσει ή κλείσει το πέρασμα της ροής του ποταμού, με αποτέλεσμα το νερό του ποταμού να μην έχει που να διοχετεύσει και να διαχυτέ στην γύρο περιοχή.

Ακόμα και σε περιπτώσεις που το πλάτος του ποταμού δεν επηρεαστεί από κάποιον παράγοντα, το πλάτος έχει ένα ποσοστό νερού που μπορεί να διαχειριστεί, αν η ποσότητα των υδάτων που καταλήγουν στον ποταμό υπερβεί αυτό το ποσοστό, το νερό θα ξεπεράσει τα όρια του ποταμού και θα διοχετευθεί στην γύρο περιοχή. Μια ακόμα μεταβλητή που ενισχύουν την εμφάνιση φαινομένων πλημμύρας είναι η υπερ αστικοποίηση καθώς οι πόλεις συνεχίζονται να επεκτείνονται οι τρόποι διαφυγής του νερού μειώνονται και η μείωση της βλάστησης επηρεάζει το ποσοστό συγκράτησης υδάτων στο έδαφος.

### **4.6 Μέθοδοι πρόβλεψης πλημμυρικών φαινομένων**

#### **4.6.1 Φυσικά μοντέλα πρόβλεψης**

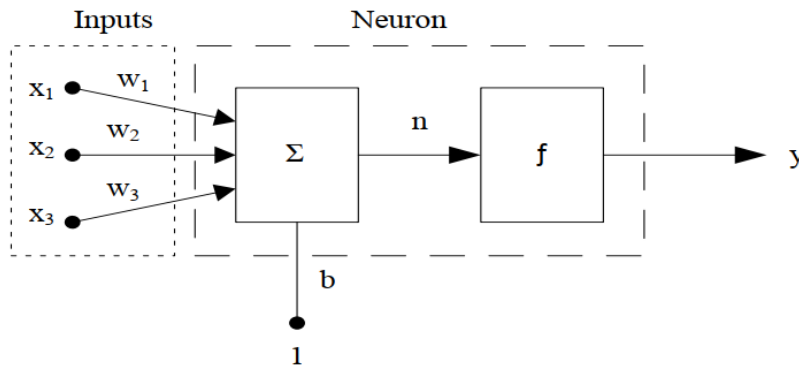
Αυτά τα μοντέλα πρόβλεψης είναι βασισμένα στον ακριβή υπολογισμό του γεωλογικού χώρου ως προς την μορφολογία του εδάφους καθώς και τις ιδιότητες του. Αυτές οι παράμετροι αφορούν τον μαθηματικό υπολογισμό της απορρόφησης των υδάτων από το έδαφος, της λεκάνης απορροής της διαδρομής που θα ακολουθήσουν τα ύδατα καθώς και άλλες μεταβλητές μέχρι να οριστεί πλήρως ο γεωλογικός χώρος ως προς την ακριβή μορφολογία του. Η επιτυχημένη συλλογή των υδρολογικών παραμέτρων με ακρίβεια είναι εξαιρετικά απαιτητική [25]. Για αυτό τον λόγο στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας αυτά τα μοντέλα έχουν απορριφθεί.

#### **4.6.2 Στατιστικά μοντέλα πρόβλεψης από ιστορικά δεδομένα (Data driven)**

Τα στατιστικά μοντέλα πρόβλεψης χρησιμοποιούν ένα ιστορικό από προηγούμενα δεδομένα μεταβλητών που εμφανίστηκαν κατά το παρελθόν και με την χρήση διάφορων αλγορίθμων βρίσκουν κάποια σχέση μεταξύ των τιμών των μεταβλητών [25]. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να πραγματοποιήσουν μια μελλοντική πρόβλεψη. Μεταβλητές που χρησιμοποιούν είναι η στάθμη των υδάτων, το ποσοστό βροχόπτωσης, η ατμοσφαιρική πίεση, η ροή των υδάτων για ύδατα σε ποταμούς, η θερμοκρασία της ατμοσφαιράς, και άλλες ανάλογα με τις μεταβλητές που θεωρούνται κρίσιμες για την πρόβλεψη του φαινομένου. Η ακρίβεια της πρόβλεψης εξαρτάται από τα



διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα των μετρήσεων, όσο περισσότερα ιστορικά δεδομένα υπάρχουν τόσο πιο έγκυρη γίνεται η πρόβλεψη [25]. Τέτοιου είδους μοντέλα είναι και τα ANN (Artificial Neural Network) ή αλλιώς δίκτυα τεχνητής νοημοσύνης, αυτό το μοντέλο είναι εμπνευσμένο από την δομή του ανθρώπινου εγκεφάλου [30] και δομή του αποτελείται από νευρώνες που συνδέουν τις εισόδους με τις εξόδους του. Το τεχνικό νευρωνικό δίκτυο χαρακτηρίζεται σαν μέθοδος (black box) καθώς αρκεί να λάβει δεδομένα εισόδων και εξόδων και να σχηματίσει μια σχέση μεταξύ τους χωρίς να έχει προηγούμενη γνώση για το σύστημα ή της φυσικές σχέσεις που το διακατέχουν [31].



Εικόνα 21 Αρχιτεκτονική νευρωνικού δικτύου

Η μαθηματική συνάρτηση που περιγράφει το δίκτυο της εικόνας 21 είναι:

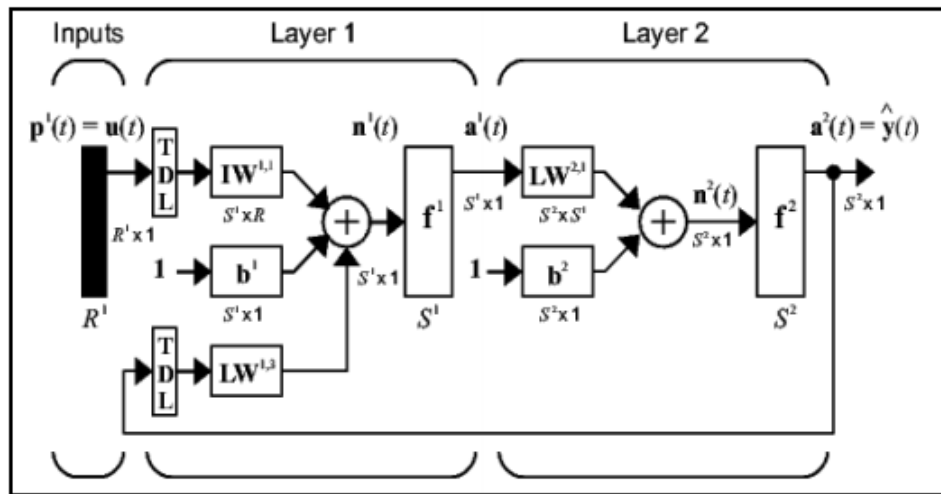
$$y = f(n) = f(\Sigma(w_1x_1+w_2x_2+w_3x_3)+b)$$

Οπού  $x_1, x_2, x_3$  είναι οι εισοδοι του συστήματος,  $w_1, w_2, w_3$  είναι τα συνοπτικά βάρη της κάθε εισόδου και  $b$  η σταθερά πόλωσης, και  $f$  η συνάρτηση ενεργοποίησης.

#### 4.6.2.1 Μοντέλα πρόβλεψης τύπου NARX (Neural Network Autoregressive model with Exogenous Input)

Το μοντέλο πρόβλεψης τύπου NARX ανήκει στην κατηγορία των νευρωνικών δικτύων, είναι ένα δυναμικό σύστημα με ανατροφοδότηση από την έξοδο στο πρώτο επίπεδο των νευρώνων. Είναι ένα νευρωνικό δίκτυο με εμπρόσθια τροφοδότηση (feedforward). Χαρακτηρίζεται από την ικανότητα του στο να πραγματοποιεί προβλέψεις με μικρή συλλογή δεδομένων και λίγες μεταβλητές εισόδων. [27].

Περιγράφεται από την συνάρτηση  $y(t)=f(y(t-1),\dots,y(t-n),u(t-1),\dots,u(t-m))+e(t)$



Εικόνα 22 Αναπαράσταση αλγορίθμου NNARX

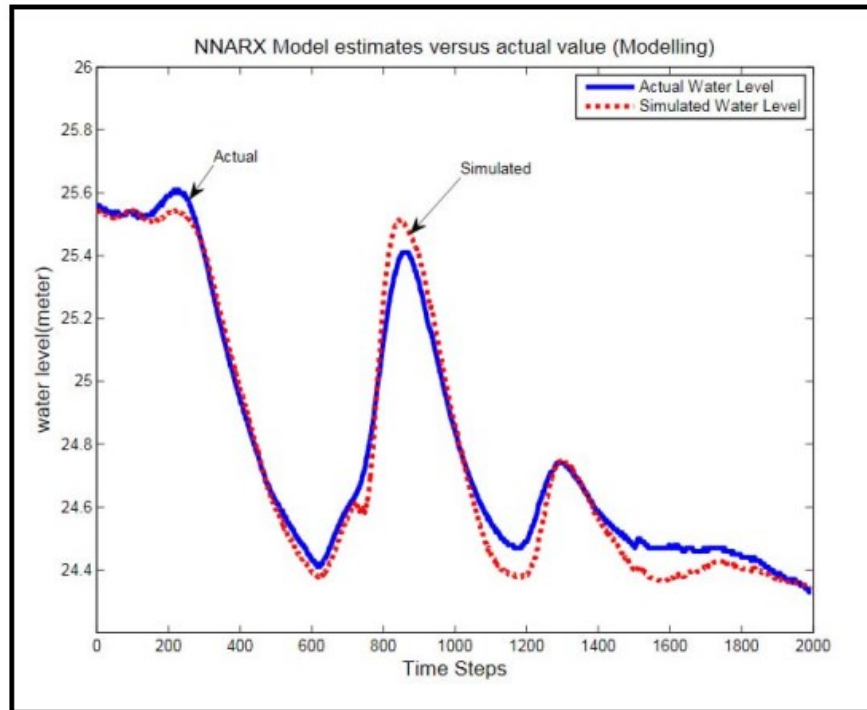
#### 4.7 Αλγόριθμοι πρόβλεψης που βασίστηκε η εργασία

Η τεχνική πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την εργασία είναι μια τεχνική πρόβλεψης με την χρήση νευρωνικών δικτύων ANN (artificial neural networks), που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη μη γραμμικών φαινομένων όπως χαρακτηρίσετε και το σύστημα της πλημμύρας.

##### 4.7.1 Πρόβλεψη πλημμύρας τριών ωρών

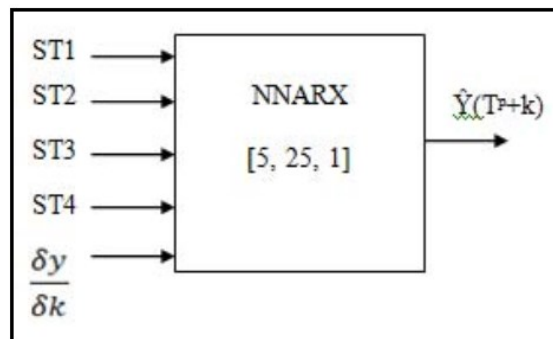
Η τεχνική αυτή έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην εργασία [27], όπου προτάθηκε ένα σύστημα για την πρόβλεψη πλημμύρας τρεις ώρες πριν την εκδήλωση του φαινομένου, συγκεκριμένα το μοντέλο ήταν ένα τύπου NARX (Neural Network Autoregressive model with Exogenous Input) και είχε σαν υπό μελέτη περιοχή την περιοχή πλησίον της λεκάνης απορροής του ποταμού Pahang στην Kuala Lumpur. Στην εργασία [27] χρησιμοποιήθηκαν δείγματα από τρεις περιοχές με 1553 δείγματα πρώτης περιοχής, 1997 δείγματα πρώτης περιοχής και 4000 δείγματα πρώτης περιοχής.

Και παρατηρήθηκε 73.3520 % ακρίβεια στις μετρήσεις, ενώ μέσο τετραγωνικό σφάλμα 0.1087 μετρά.



Εικόνα 23 Πρόβλεψη τριών ωρών της παραπάνω εργασίας

Στην εικόνα 24 παρουσιάζεται το μπλοκ διάγραμμα των εισόδων και των εξόδων όπου οι εισοδοί ST1 , ST2, ST3 , ST4 αντιπροσωπεύουν τέσσερα ρεύματα ποταμών και η είσοδος  $\frac{\delta y}{\delta k}$  την διαφορά των υδάτων στο σημείο της στο σημείο πρόβλεψης της πλημμύρας λόγω βροχόπτωσης. Και η έξοδος  $y$  το ύψος των υδάτων στην περιοχή πρόβλεψης. Η μεταβλητή  $T_p$  (prediction time) είναι οι ώρες που θα υπολογίσει ο αλγόριθμος την πρόβλεψη της στάθμης. Ο αλγόριθμος για την εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου ήταν Gradient descent back propagation. Και η συνάρτηση εκπαίδευσης η tansig.



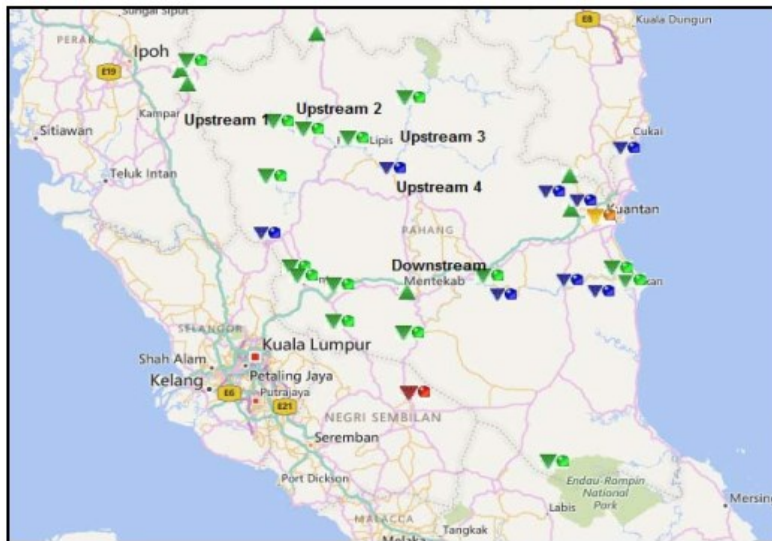
Εικόνα 24 Είσοδοι και έξοδοι του μοντέλου πρόβλεψης

Ενώ στην εικόνα 25 παρουσιάζονται οι παράμετροι που επιλέχθηκαν για την έγκυρη πρόβλεψη.

Network Configuration	[5,25,1] 'tansig', 'tansig', 'tansig'
Momentum constant	Default
Learning rate	0.3
Training goal	0.0001
No of epochs	10000
Training samples	1553
Validation samples	1997
Testing samples	4000
No of variables	5
Training algorithm	Gradient Descent Back Propagation

Εικόνα 25 Παράμετροι που επιλέχθηκαν στην παραπάνω εργασία για την εκπαίδευση του μοντέλου.

Τέλος στην εικόνα 26 απεικονίζεται η τοποθέτηση των σταθμών για την πρόβλεψη.

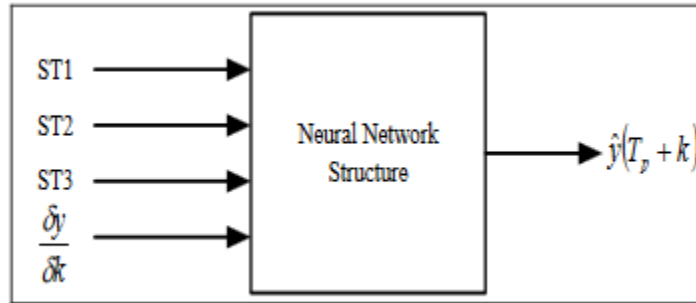


Εικόνα 26 Επιλογή τοποθέτησης αισθητήριων

#### 4.7.2 Πρόβλεψη πλημμύρας τεσσάρων ωρών

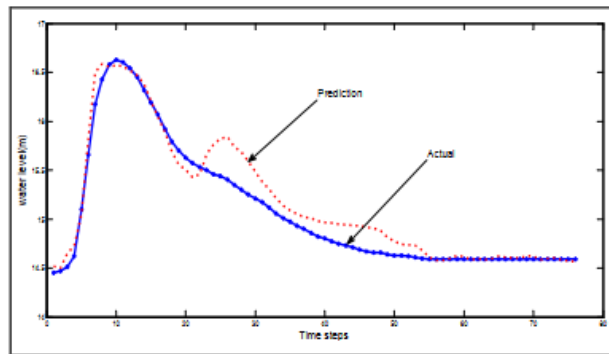
Στην εργασία [28] πραγματοποιήθηκε πρόβλεψη πλημμύρας με νευρωσικό δίκτυο τύπου NARX. Ο αλγόριθμος για την εκπαίδευση του νευρωσικού δικτύου ήταν Gradient descent back propagation. Και η συνάρτηση εκπαίδευσης η trainingd και η trainoss. Η εργασία έλαβε χώρο στην περιοχή του ποταμού Klang στην Kuala Lumpur. Οι είσοδοι και οι έξοδοι απεικονίζονται στην εικόνα 24, όπου ST1, ST2, ST3, αντιπροσωπεύουν τρία ρεύματα ποταμών και η είσοδος dy/dk την διαφορά των υδάτων στο σημείο της στο σημείο πρόβλεψης της πλημμύρας λόγω

βροχόπτωσης. Και η έξοδος  $y$  το ύψος των υδάτων στην περιοχή πρόβλεψης. Η μεταβλητή  $T_p$  (prediction time) είναι οι ώρες που θα υπολογίσει ο αλγόριθμος την πρόβλεψη της στάθμης.

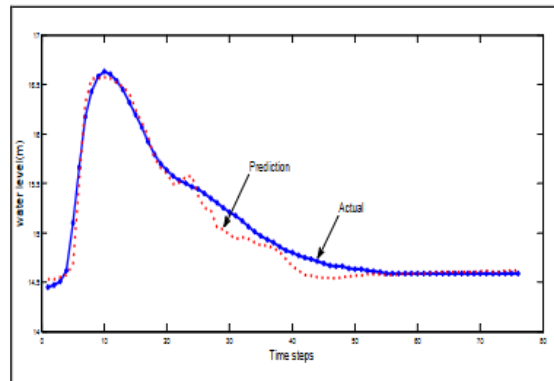


Εικόνα 27 Είσοδοι και έξοδοι του μοντέλου πρόβλεψης

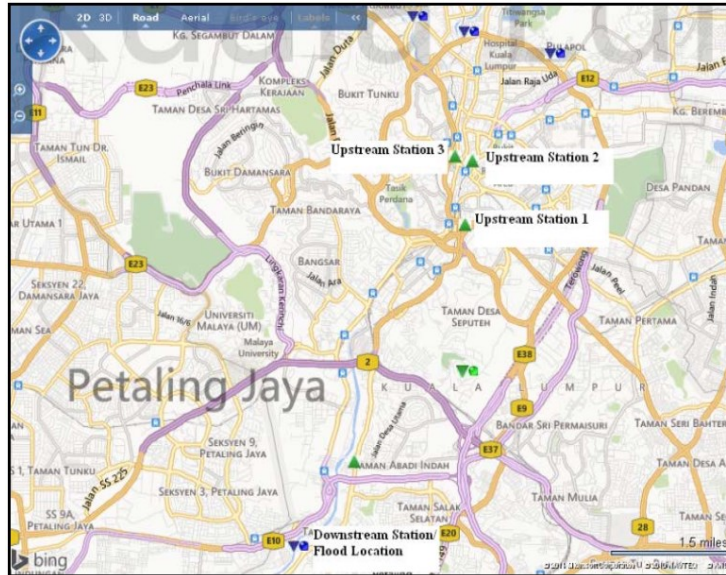
Τα αποτελέσματα ήταν ότι για πρόβλεψη τεσσάρων ωρών η συνάρτηση εκπαίδευσης trainoss ήταν ότι είχε ακρίβεια 83.26% ενώ με την συνάρτηση εκπαίδευσης trainingd 74.52%.



Εικόνα 28 Πρόβλεψη τεσσάρων ωρών της παραπάνω εργασίας με συνάρτηση trainoss



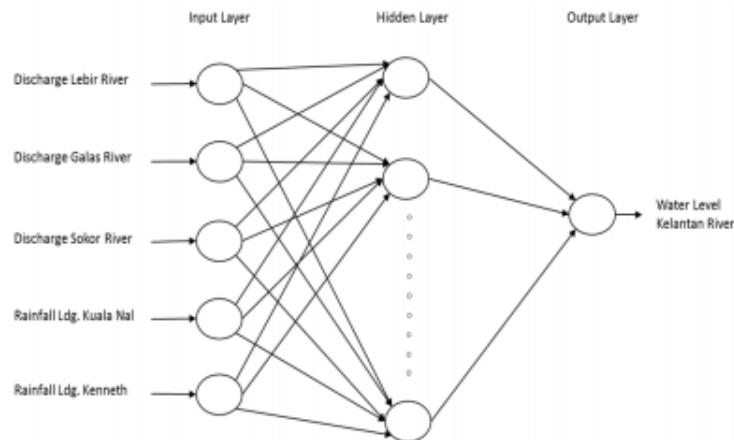
Εικόνα 29 Πρόβλεψη τεσσάρων ωρών της παραπάνω εργασίας με συνάρτηση trainingd



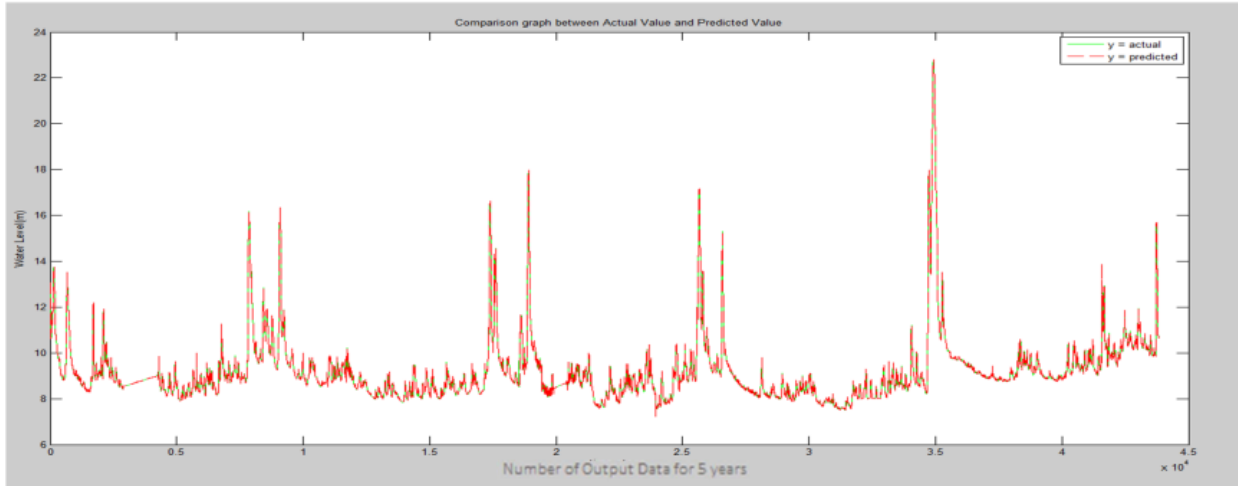
Εικόνα 30 Επιλογή τοποθέτησης αισθητήριων

#### 4.7.3 Πρόβλεψη πλημμύρας πέντε ωρών

Στην εργασία [29] πραγματοποιήθηκε πρόβλεψη πλημμύρας με νευρωσικό δίκτυο τύπου NARX. Ο αλγόριθμος για την εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου ήταν Gradient descent back propagation. Η επιλογή των εισόδων ήταν η ροή των υδάτων σε τρεις ποταμούς καθώς και η βροχόπτωση σε δυο περιοχές.

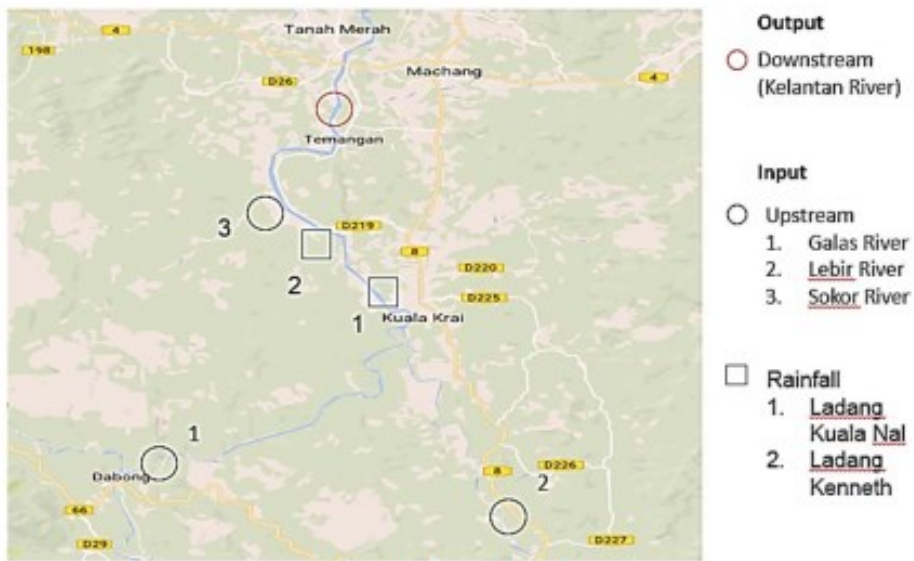


Εικόνα 31 Δομή νευρωνικού δικτύου και επιλογή εισόδων



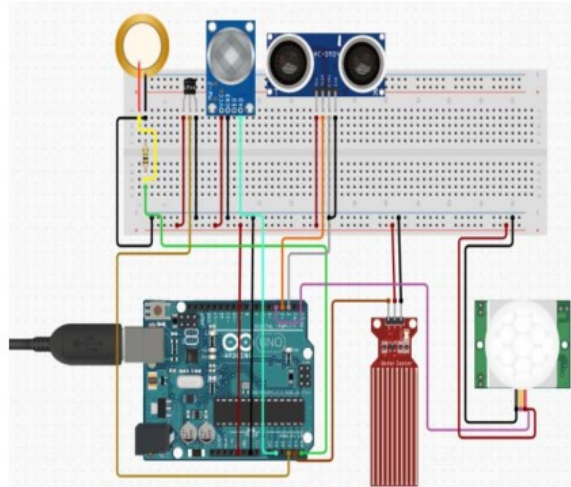
Εικόνα 32 Πραγματική τιμή και τιμή σύγκρισης

Στην εικόνα 32 φαίνεται η σύγκριση της πραγματικής τιμής με την τιμή της πρόβλεψης. Η εφαρμογή του αλγορίθμου κρίθηκε ικανοποιητική και με μικρό σφάλμα.



Εικόνα 33 Τοποθεσία αισθητήριων και περιοχής πρόβλεψης

**4.7.3 Πρόβλεψη πλημμύρας με έναν σταθμό μέτρησης και εφαρμογή μοντέλου NARX**  
Στην εργασία [32] κατασκευάζεται ένας σταθμός μετρήσεων βασισμένος στον μικροελεγκτή Arduino υπο οπού συλλεγει περιβαλλοντικά δεδομένα από ένα σύνολο επτά αισθητήριων και τα επεξεργάζεται με ένα νευρωνικό δίκτυο τύπου NARX. Μέσω των δοκιμών στην αναφερομένη εργασία κρίνεται ότι η αποδοτικά του είναι αποδεκτή.



Εικόνα 34 Δομή αισθητήριων σταθμού μετρήσεων

#### **4.8 Αλγόριθμος πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την εργασία**

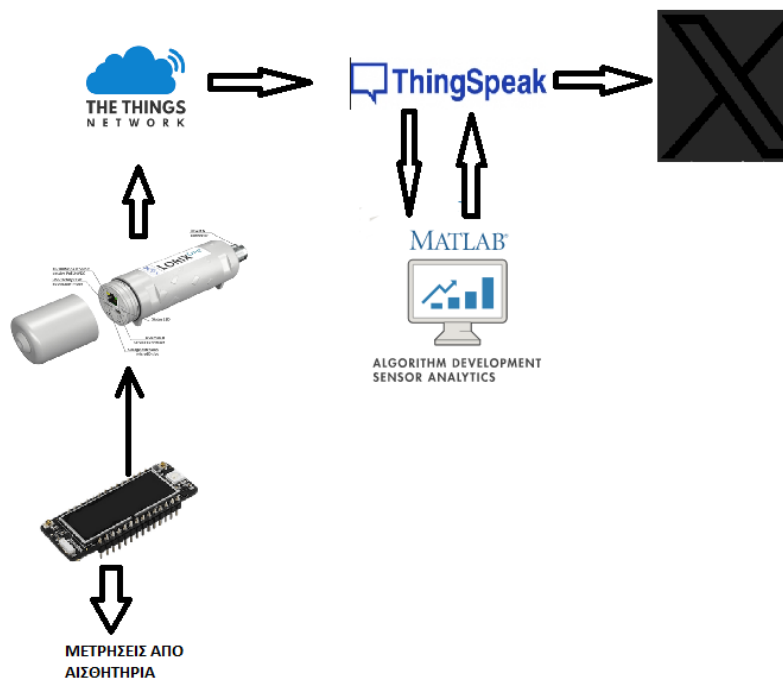
Η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε είναι βασισμένη στο μοντέλο τύπου NARX (Neural Network Autoregressive model with Exogenous Input) όπως και των εργασιών [27], [28], [29], [32] η ακρίβεια των προβλέψεων στις πρώτες τρεις περιπτώσεις ήταν μεγαλύτερη του 73%. Ο αλγόριθμος αυτός συσχετίζει τις εισόδους με τις εξόδους και κάνει μια πρόβλεψη βάση αυτών των δεδομένων. Η αναλυτική του εφαρμογή θα γίνει στο κεφάλαιο 8.5.



## Κεφάλαιο 5 Τοπολογία δικτύου και σενάριο αξιοποίησης της εφαρμογής

### 5.1 Τοπολογία δικτύου σταθμού αισθητήριων

Η τοπολογία του δικτύου της εφαρμογής σχεδιαστική απευθείας ασύρματη σύνδεση του μικροελεγκτή προς την πύλη διασύνδεσης. Η πύλη διασύνδεσης (gateway) επικοινωνεί με την διαθέσιμη rycom συσκευή, η συσκευή rycom έχει συλλέξει και έχει επεξεργαστεί τα δεδομένα που μας ενδιαφέρουν. Στην συνέχεια με την τεχνολογία backhaul η πύλη διασύνδεσης μεταφέρει στην πλατφόρμα νέφους που χρησιμοποιούμε (The Things Network) τα δεδομένα μας. Έπειτα η πλατφόρμα νέφους συνεργάζεται με την διαδικτυακή πλατφόρμα Thingspeak για απεικόνιση και αποθήκευση των δεδομένων μας, καθώς και για την εφαρμογή του μηχανισμού ειδοποιήσεις μέσω του κοινωνικού δικτύου Twitter.



Εικόνα 35 Τοπολογία δικτύου

Τα πλεονέκτημα που έχει αυτή η σύνδεση στην εφαρμογή είναι ότι αξιοποιώντας την μεγάλη εμβέλεια του δικτύου LoRaWAN της πύλης διασύνδεσης μπορούμε να τοποθετήσουμε σε περιοχές εντός της εμβέλειας αυτής την συσκευή μας. Αρνητικό αποτελεί, ότι καθώς όλα τα δεδομένα συλλέγονται από μια συσκευή, σε περίπτωση που αυτή καταστραφεί ή χάσει την ικανότητα σύνδεσης με το δίκτυο λογού προβλήματος υλικού η εφαρμογή δεν θα έχει δεδομένα. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας μια συσκευή έχει σαν αποτέλεσμα να χάνουμε λήψεις από δεδομένα, όσο μεγαλύτερο θα ήταν το υπό παρακολούθηση δίκτυο τόσο περισσότερα θα ήταν τα δεδομένα που θα έπαιρνε ο αλγόριθμος πρόβλεψης, κάνοντας το σύστημα πιο αποδοτικό.

## 5.2 Σενάριο χρήσης

Στους στόχους που τέθηκαν για την σχεδίαση και υλοποίηση της εφαρμογής ήταν ότι είδη υπάρχουν διαθέσιμες ιστορικές πληροφορίες και μετρήσεις για την περιοχή που εφαρμόζεται το σύστημα. Έτσι συγκρίνοντας τις τιμές που λαμβάνουμε και τις τιμές που είδη έχουμε στην διάθεση μας μπορούμε να προβλέψουμε το πλημμυρικό φαινόμενο. Επίσης η εφαρμογή βασίζεται στο ότι έχουμε γνώση και για την γεωλογική δομή της περιοχής, μπορεί να συμβαίνει γιατί η μια λεκάνη απορροής των υδάτων δεν μπορεί να συσσωρεύσει αλλά ύδατα οπότε τα απορρέει σε μια γειτονική λεκάνη απορροής σε μικρότερο υψόμετρο , είτε επειδή ο σταθμός μετρήσεων έχει τοποθετηθεί κατά το μήκος ενός ποταμού και τα ύδατα ανεβαίνουν με επικίνδυνους για την περιοχή ρυθμούς. Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί είναι ότι ο σταθμός μέτρησης θα ανιληφθεί μέσω των μετρήσεων και την εφαρμογή του αλγορίθμου πρόβλεψης πλημμυρικών φαινομένων ότι θα παρουσιαστούν πλημμυρικά φαινόμενα σε μια ώρα. Στην συνέχεια θα εκτελεστεί η διαδικασία για την προειδοποίηση για πλημμυρικά φαινόμενα, αποτελώντας μηνύματα “το ποσοστό κίνδυνου είναι μεγαλύτερο από 20% ”. Με την πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους μπορούμε να παρακολουθούμε την ίδια στιγμή την εξέλιξη της στάθμης και των μεταβλητών που μας ενδιαφέρουν στην περιοχή, καθώς και να καταγράφουμε αυτόματα τα δεδομένα που συλλέγονται για μελλοντική χρήση ή ιστορική αναδρομή.

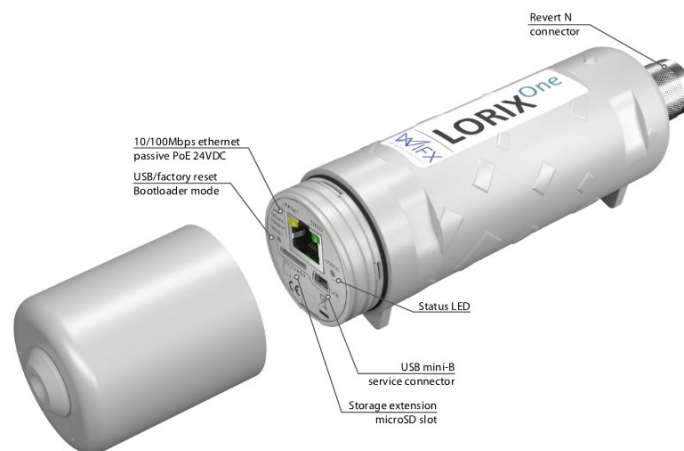
## Κεφάλαιο 6 Εργαστηριακός εξοπλισμός εφαρμογής

### 6.1 Δομή εργαστηριακής εφαρμογής

Σε αυτήν την πτυχιακή θα υλοποιηθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης και πρόβλεψης πλημμυρικών φαινομένων. Η δομή του αποτελείται από μια έξυπνη συσκευή βασισμένες στον μικροελεγκτή rycom που συλλέγουν μετρήσεις από τα σημεία ενδιαφέροντος. Στην συνέχεια αποστέλλουν τα δεδομένα αποστέλλονται μέσω του δικτύου LoRaWAN σε μια πύλη διασύνδεσης (gateway). Στην συνέχεια με την τεχνολογία backhaul τα δεδομένα μεταφέρονται στην πλατφόρμα cloud The Things Network (TTN)<sup>1</sup>. Από εκεί γίνεται η προβολή των δεδομένων στην πλατφόρμα Thinkspeak όπου λειτουργεί και σαν Database. Αξιοποιώντας της λειτουργίες της πλατφόρμας Thingspeak προγραμματίζουμε την αποστολή μια ειδοποίησης με την πλατφόρμα Twitter.

### 6.2 Πύλη διασύνδεσης(Gateway) LORIX-one

Η πύλη διασύνδεσης (gateway) LORIX-one αποτελεί μια πρόσβαση του μικροελεγκτή rycom προς το διαδίκτυο , για την επικοινωνία της με τον χρήστη χρησιμοποιεί μια θύρα ethernet RJ45 ταχύτητας 10/100 Mbps καθώς και τροφοδοσία μέσω passive PoE (power over ethernet) 24V DC και 500ma. Το καλώδιο ethernet που μπορεί να χρησιμοποιηθεί δεν πρέπει να ξεπερνά τα 100 μέτρα , ενώ αν πρόκειται για εξωτερική χρήση πρέπει να διαθέτει την κατάλληλη μόνωση. Έχει κουμπί για factory reset , σύνδεση μέσω θύρα USB mini-B για λειτουργία service από τον χρήστη καθώς και υποδοχή για κάρτα microSD που αποσκοπεί στην επέκταση του χώρου αποθήκευσης. Καθώς και ένα βύσμα Revent N που υπάρχει για την σύνδεση της κατάλληλης κεραίας.



Εικόνα 36 Gateway LORIX-one

<sup>1</sup> <https://www.thethingsnetwork.org/>

Το βάρος του είναι μικρότερο από 230γραμμάρια κάτι που το κάνει ιδανικό για την τοποθέτηση σε οπουδήποτε σημείο που το υπερβολικό βάρος θα είχε σημασία , όπως για παράδειγμα στο κλαδί ενός δέντρου ή σε έναν μεταλλικό δοκάρι.

Η θερμοκρασία λειτουργίας του βρίσκεται από τους  $-30^{\circ}\text{C}$  έως  $+55^{\circ}\text{C}$  και η υγρασία του περιβάλλοντος στο οποίο λειτουργεί πρέπει να κυμαίνεται από 10% έως 90% RH. Ως προς τα χαρακτηριστικά του συστήματος χρησιμοποιεί επεξεργαστή ARM Cortex-A5 @ 600 MHz , έχει μνήμη RAM 128 MB DDR2 @ 200 MHz , η εσωτερική μνήμη μας για το μοντέλο 1.0d2 είναι 512 MB NAND FLASH με 8bits hardware ECC (Micron MT29F4 G08ABAEAH4).

### 6.3 Η έκδοση Firpy της πλακέτας ανάπτυξης Pycom

Πρόκειται για μια πλακέτα με μικροεπεξεργαστή που επιτρέπει την σύνδεση σημάτων εισόδων που μας ενδιαφέρουν και σημάτων εξόδων που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε , καθώς και την επεξεργασία τους. Για την επεξεργασία χρησιμοποιεί των μικροελεγκτή ESP32 SoC εταιρεία Espressif.

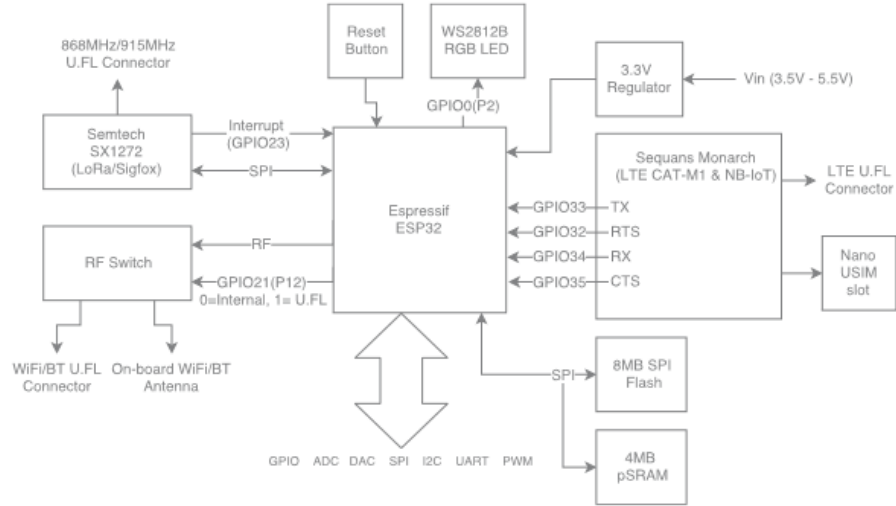
Η έκδοση **Firpy** της πλακέτας ανάπτυξης Pycom αποτελεί μια επιλογή για τις εφαρμογές internet of things, το κυριότερο πλεονέκτημα της είναι ότι διαθέτει ενσωματωμένα modules που επιτρέπουν την επικοινωνία με πολλά δίκτυα που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές IOT. Συγκεκριμένα WiFi , Bluetooth , LoRa , Sigfox , LTE CAT-M1/NB1. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι η χαμηλή κατανάλωση σε ηλεκτρική ισχύ σε σχέση με άλλες παρόμοιες πλακέτες κάτι που σημαντικό για εφαρμογές που δεν είναι δυνατή η τροφοδοσία τους μέσω σταθερής τροφοδοσίας ή δεν είναι εύκολη η αντικατάσταση των μπαταριών τους όταν αυτές εξαντληθούν. Η γλώσσα προγραμματισμού του είναι η micropython η οποία είναι μια εκδοχή της Python 3. Η micropython διαθέτει ένα πλήθος βιβλιοθηκών μικρότερες από αυτές που έχει Python και είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι στοχευμένη για την χρήση της σε μικροεπεξεργαστές.



Εικόνα 37: Πλακέτα ανάπτυξης Pycom έκδοση Firpy

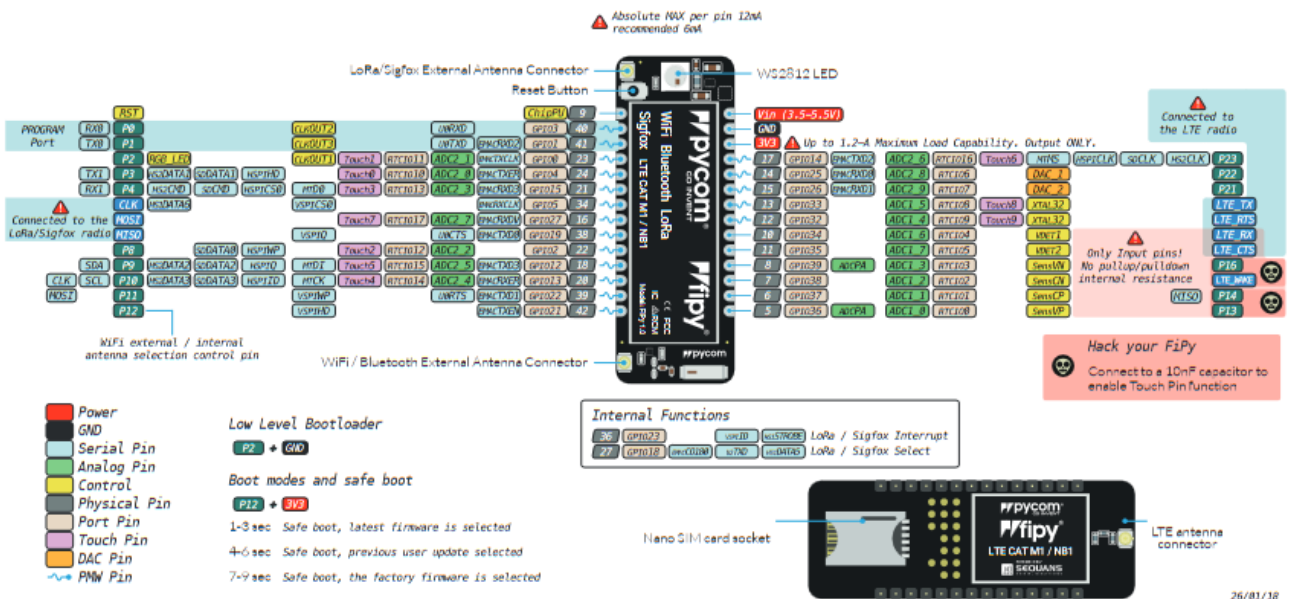
### 6.3.1 Υλικό Pycom Fipy (hardware)

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το μπλοκ-διάγραμμα της διασύνδεσης όλων των module της πλακέτας ανάπτυξης Fipy.



Εικόνα 38 Μπλοκ διάγραμμα Pycom έκδοση Fipy

Ο σχεδιασμός και η τοπολογία των pin της πλακέτας ανάπτυξης Fipy φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 39: Pinout του Pycom έκδοση Fipy

Η πλακέτα διαθέτει τα παρακάτω pins για με τις αντίστοιχες λειτουργίες τους.

Module pin	ESP32 GPIO	Pin name	Default function
1	-		Reset
2	3	P0	RX0
3	1	P1	TX0
4	0	P2	
5	4	P3	TX1
6	15	P4	RX1
7	5	-	LoRa/Sigfox radio SPI CLK
8	27	-	LoRa/Sigfox radio SPI MOSI
9	19	-	LoRa/Sigfox radioSPI MISO
10	2	P8	
11	12	P9	SDA
12	13	P10	SCL (I2C) / CLK (SPI)
13	22	P11	MOSI
14	21	P12	
15	36	P13	
16	37	P14	MISO
17	38	P15	Sequans modem interrupt
18	39	P16	
19	35	P17	Sequans modem CTS
20	34	P18	Sequans modem RX
21	32	P19	Sequans modem RTS
22	33	P20	Sequans modem TX
23	26	P21	
24	25	P22	
25	14	P23	
26	-	-	Regulated 3.3V supply
27	-	-	Ground
28	-	-	Voltage Input
-	23		LoRa/Sigfox radio interrupt
-	18		LoRa/Sigfox radio chip select

Πίνακας 1 Pins λειτουργίας Pycom Fipy

Τα pins MOSI και MISO καλύπτουν την επικοινωνία με συσκευές που συνδέονται με πρωτόκολλο επικοινωνίας I2C και για συσκευές που συνδέονται με πρωτόκολλο επικοινωνίας SPI. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας i2c πρόκειται για ένα πρωτόκολλο σύγχρονης σειριακής επικοινωνίας, αυτό το πρωτοκολλώ χρησιμοποιεί δυο συνδέσμους επικοινωνίας για την υλοποίηση του. Το Scl είναι ένα κανάλι που αναπαράγονται οι παλμοί του επεξεργαστή σε μια καθορισμένη από τον μικροεπεξεργαστή περίοδο.

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας ξεκινάει με την ένδυση θετικού παλμού από τον μικροεπεξεργαστή. Αυτό το πρωτόκολλο δεν υποστηρίζει την ταυτόχρονη ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ πομπού και δεκτή. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας SPI αποτελεί ένα πρωτόκολλο σύγχρονης σειριακής επικοινωνίας, χρησιμοποιεί τέσσερις συνδέσμους επικοινωνίας για την υλοποίηση του, συγκεκριμένα τα pins CLK, MOSI, MISO, όπου τα pins MOSI και MISO μεταφέρουν τα δεδομένα, σε αυτό το πρωτόκολλο και οι δυο συσκευές μπορούν να στείλουν ένα μήνυμα την ίδια στιγμή.

### **6.3.2 Επεξεργαστής Tensilica Xtensa 32-bit LX6**

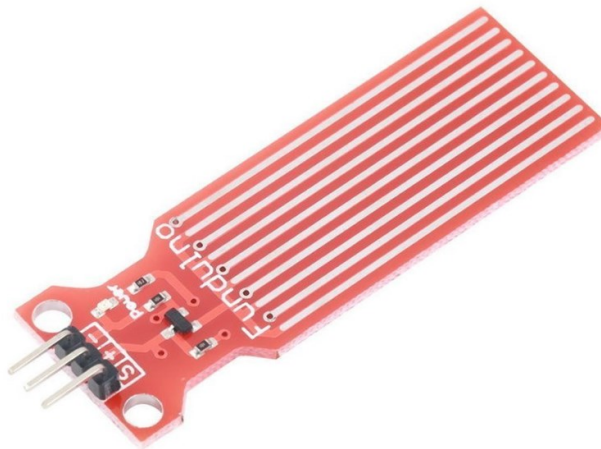
Ο επεξεργαστής αυτός που είναι μέρος του ESP32 διαθέτει 2 πυρήνες και η συχνότητα του ρολογιού του είναι 240 MHz . Είναι στην κατηγορία των επεξεργαστών με ultra-low κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύς , επιτρέπει την αναλογική σε ψηφιακή διεργασία ενώ βρίσκεται σε λειτουργία βαθύ ύπνου. Έχει ενσωματωμένη ασύρματη επικοινωνία μέσω Wi-Fi 802.11 b/g/n/e/i και Bluetooth 4.2 BR/EDR και Bluetooth Low Energy (BLE). Ως προς την μνήμη του η ROM του είναι 448 Kb και χρησιμοποιείται για την διαδικασία έναρξης (boot) καθώς και για τις κυρίες λειτουργίες του. Επιπλέον διαθέτει μνήμη SRAM, 520 Kb για την διαχείριση δεδομένων. Μνήμη RTC slow SRAM, 8 Kb που χρησιμοποιείται κατά την λειτουργία βαθύ ύπνου. Και μνήμη RTC fast SRAM, 8 Kb που χρησιμοποιείται για αποθήκευση δεδομένων και για τον κύριο επεξεργαστή, όταν αυτός έρχεται σε ενεργοποίηση μετά από την λειτουργία βαθύ ύπνου. Διαθέτει εξωτερική flash memory και εξωτερική flash memory έως 16 MB. Οι περιφερειακές εισοδοι και οι περιφερικές έξοδοι που διαθέτει είναι ADC αναλογικές σε ψηφιακές , DAC ψηφιακές σε αναλογικές , I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit) , UART (universal asynchronous receiver/transmitter), CAN 2.0 (Controller AreaNetwork), SPI (Serial Peripheral Interface), I<sup>2</sup>S (Integrated Inter-IC Sound), RMI (Reduced Media-Independent Interface), PWM (pulse width modulation). Η ασφάλεια για το δίκτυο WiFi είναι τύπου FA, τύπου WPA/WPA2 και τύπου WAPI.

## 6.4 Επιλογή αισθητήριων

Τα αισθητήρια που μας ενδιαφέρουν για την κατασκευή μας είναι για τις μετρήσεις στάθμης νερού (HC-SR04) , υγρασίας εδάφους (HAITRONIC HR0040) , μέτρηση βροχόπτωσης (HAITRONIC HR0043) , ύπαρξης βροχόπτωσης(HAITRONIC HR0101).

### 6.4.1 Αισθητήρας στάθμης νερού HAITRONIC HR0043

Ο αισθητήρας αυτός χρησιμοποιείται για την μέτρηση του ύψους της στάθμης του νερού που βρίσκεται σε επαφή. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ένδειξη βροχόπτωσης. Ο αισθητήρας στην επιφάνεια του διαθέτει σειρές από εκτεθειμένα παράλληλα καλώδια και με αυτά γίνεται ο προσδιορισμός της στάθμης. Ο αισθητήρας είναι αναλογικός και επιστρέφει μια αριθμητική τιμή ανάλογα με την τιμή αυτή μπορούμε να προσδιορίσουμε το ύψος το οποίο ο αισθητήρας είναι εντός του νερού. Για την τροφοδοσία του απαιτεί 3.3 – 5 Volt DC ενώ το ρεύμα που χρειάζεται για την σωστή λειτουργία του είναι λιγότερο από 20mA. Για τον συγκεκριμένο αισθητήρα η μέτρηση της στάθμης είναι έως τέσσερα εκατοστά.



Εικόνα 40 Αισθητήρας ύψους νερού HAITRONIC HR0043

Τοπολογία pin 3 Αισθητήρα στάθμης νερού:

πιν	Ονομασία	Περιγραφή λειτουργίας
1	Ground	Σύνδεση με την γείωση
2	Vcc	3.3V – 5V DC
3	Data	Αποστολή θερμοκρασίας και υγρασίας

Πίνακας 2 Pins λειτουργίας αισθητήρα HAITRONIC HR0043

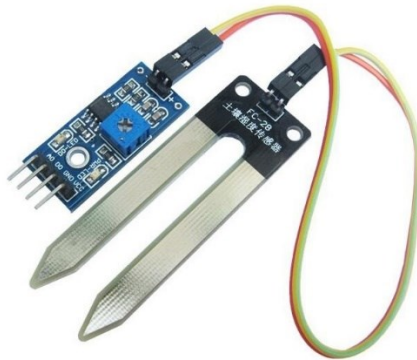


### Συνδεσμολογία με Rycom έκδοση Firy:

Ο Αισθητήρας συνδέεται με ένα αναλογικό πιν για να υλοποιηθεί η επικοινωνία. Το pin της τροφοδοσίας συνδέεται με την τροφοδοσία του Arduino ή και με εξωτερική πηγή τάσης αρκεί να έχει τιμή 3.3V DC. Το pin της γείωσης συνδέεται με το pin της γείωσης του Rycom στην περίπτωση της τροφοδοσίας του από την πλακέτα, ενώ συνδέεται με τη γείωση εξωτερικής πηγής σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί εξωτερική πηγή τάσης.

#### **6.4.2 Αισθητήρας υγρασίας εδάφους HAITRONIC HR0040**

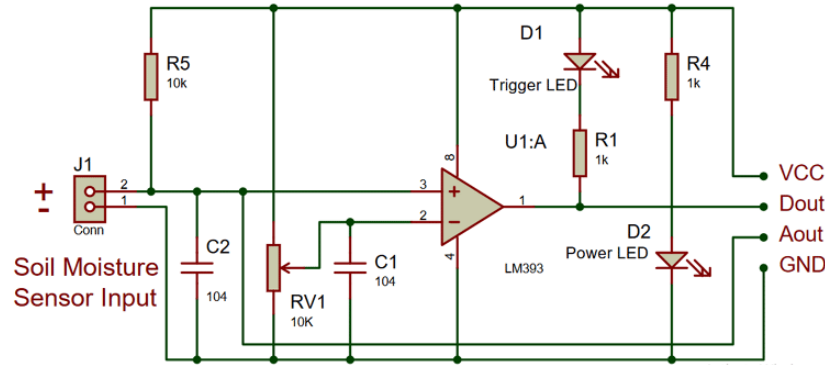
Ο αισθητήρας της χρησιμοποιείται για την ανίχνευση υγρασίας στο έδαφος. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό στην περιοχή λήψης του αισθητήρα τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της ψηφιακής του έξοδος. Η αναλογική έξοδος παίρνει τιμές από 0 έως 1023 και μετράει την υγρασία κοντά στην περιοχή του αισθητήριου.



Εικόνα 41 Αισθητήρας HAITRONIC HR0040

Το κομμάτι του αισθητήριου που τοποθετούνται στο έδαφος για να γίνει η μέτρηση είναι κατασκευασμένοι από νικέλιο, μέσα από της περνάει ηλεκτρικό ρεύμα και ανάλογα με την αντίσταση που παρουσιάζει το νικέλιο υπολογίζεται η υγρασία του εδάφους. Διαθέτει ένα ποτενσιόμετρο για την επιλογή της ευαισθησία της ως της της μετρήσεις. Η σύνδεση του γίνεται με τέσσερα καλώδια, δυο καλώδια τροφοδοσία και ένα αναλογικό καθώς και ένα ψηφιακό για την μεταφορά των μετρήσεων.

Το αισθητήριο για την ακρίβεια των μετρήσεων του χρησιμοποιεί ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα το LM393 το οποίο χρησιμοποιείται σαν σύγκρισης της τιμής τάσης. Η σύγκριση γίνεται μεταξύ της αντίστασης του ποτενσιόμετρου που μπορεί να φτάσει μέχρι τα 10KΩ και της εισόδου του αισθητήρα.



Εικόνα 42 Ολοκληρωμένο κύκλωμα LM393

Pin	Ονομασία	Περιγραφή λειτουργίας
1	Vcc	3.3V DC – 5V DC
2	Ground	Σύνδεση με την γείωση
3	Ψηφιακή έξοδος	Μέτρηση υγρασίας.
4	Αναλογική έξοδος	Μέτρηση υγρασίας εδάφους

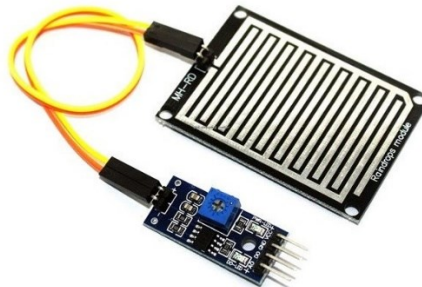
Πίνακας 3 Pins λειτουργίας αισθητήρα HAITRONIC HR0040

#### Συνδεσμολογία με Rycom έκδοση Firy:

Ο Αισθητήρας συνδέεται με ένα αναλογικό pin για να υλοποιηθεί η επικοινωνία. Το pin της τροφοδοσίας συνδέεται με την τροφοδοσία του Arduino ή και με εξωτερική πηγή τάσης αρκεί να έχει τιμή 3.3V DC. Το pin της γείωσης συνδέεται με το pin της γείωσης του Rycom στην περίπτωση της τροφοδοσίας του από την πλακέτα, ενώ συνδέεται με τη γείωση εξωτερικής πηγής σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί εξωτερική πηγή τάσης.

### 6.4.3 Αισθητήρας εντοπισμού βροχόπτωσης HAITRONIC HR0101

Ο αισθητήρας εντοπίζει την ύπαρξη νερού στην επιφάνεια που γίνεται η μέτρηση. Με την αναλογική είσοδο γίνεται ο υπολογισμός του μεγέθους των σταγόνων της βροχής ενώ στην ψηφιακή είσοδο η κατάσταση που δίνεται της τον μικροεπεξεργαστή είναι η ύπαρξη της βροχής, χωρίς αυτή να είναι μετρήσιμη. Διαθέτει ποτενσιόμετρο για την ρύθμιση της ευαισθησίας του.



Εικόνα 43 Αισθητήρας HAITRONIC HR0101

Το αισθητήριο για την ακρίβεια των μετρήσεων του χρησιμοποιεί ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα το LM393 το οποίο χρησιμοποιείται σαν σύγκρισης της τιμής τάσης. Η σύγκριση γίνεται μεταξύ της αντίστασης του ποτενσιόμετρου που μπορεί να φτάσει μέχρι τα 10KΩ και της εισόδου του αισθητήρα.

Pin	Ονομασία	Περιγραφή λειτουργίας
1	Vcc	3.3V DC – 5V DC
2	Ground	Σύνδεση με την γείωση
3	Ψηφιακή έξοδος	Μέτρηση υγρασίας.
4	Αναλογική έξοδος	Μέτρηση υγρασίας εδάφους

Πίνακας 4 Pins λειτουργίας αισθητήρα HAITRONIC HR0040

#### Συνδεσμολογία με Pycom έκδοση Firpy:

Ο Αισθητήρας συνδέεται με ένα αναλογικό pin για να υλοποιηθεί η επικοινωνία. Το pin της τροφοδοσίας συνδέεται με την τροφοδοσία του Arduino ή και με εξωτερική πηγή τάσης αρκεί να έχει τιμή 3.3V DC. Το pin της γείωσης συνδέεται με το pin της γείωσης του Pycom

στην περίπτωση της τροφοδοσίας του από την πλακέτα , ενώ συνδέεται με τη γείωση εξωτερικής πηγής σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί εξωτερική πηγή τάσης.

#### 6.4.4 Αισθητήρας υπέρηχων HC-SR04

Ο αισθητήρας HC-SR04 είναι ένας αισθητήρας που μετράει την απόσταση με ακρίβεια. Αποτελείται από δυο μετατροπείς υπέρηχων (Ultrasonic transducers). [22] Ο ένας μετατροπείς υπέρηχων μετατρέπει την ηλεκτρική τάση σε υπέρηχους παλμούς των 40 kHz και ο άλλος μετατροπείς υπέρηχων λαμβάνει τους υπέρηχους που ανακλώνται σε ηλεκτρική τάση. Ανάλογα με το πλάτος του παλμού που επιστρέφει καθορίζεται απόσταση της μετρήσεις. Η εμβέλεια του είναι από δυο εκατοστά έως τέσσερα μετρά και η ακρίβεια στις μετρήσεις είναι τρία χιλιοστά.



Εικόνα 44 Αισθητήρας υπέρηχων HC-SR04

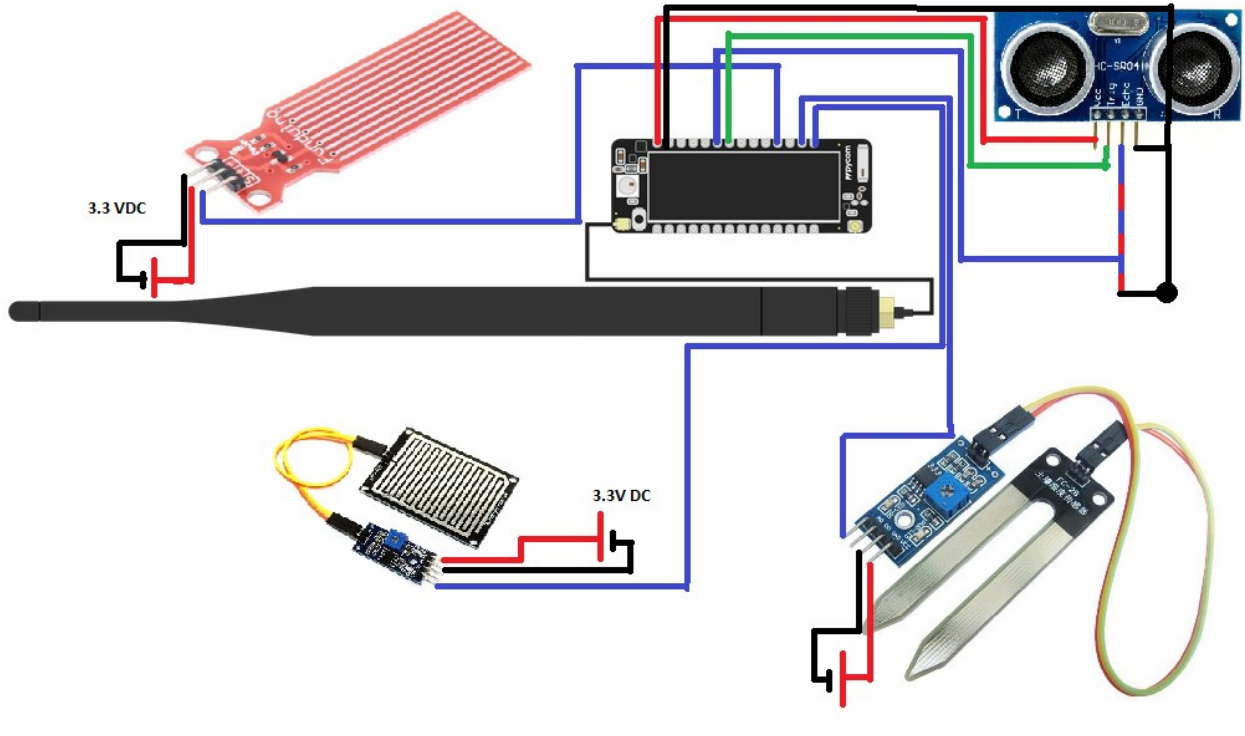
Pin	Ονομασία	Περιγραφή λειτουργίας
1	Vcc	5V DC
2	Trig	Παλμοί που στέλνονται
3	Echo	Ανακαλούμενοι παλμοί
4	Ground	Σύνδεση με την γείωση

Πίνακας 5 Pins λειτουργίας αισθητήρα υπέρηχων HC-SR04

Για την συνδεσμολογία του με την πλακέτα ανάπτυξης rycom έκδοση Firy απαιτείται τροφοδοσία 5V DC καθώς και η σύνδεση του με τα pins 20 και 21 της πλακέτα ανάπτυξης rycom έκδοση.

### 6.5 Συνδεσμολογία αισθητήριων με Rycom έκδοση Firy

Η συνδεσμολογία των αισθητήριων παρακολούθησης στάθμης νερού (HC-SR04) που παρακολουθεί την στάθμη του νερού με την χρήση υπερήχων για τον καθορισμό της απόστασης. Ο HAITRONIC HR0101 που μας δείχνει την βροχόπτωση στιγμιαία. Ο αισθητήρας HAITRONIC HR0040 που εντοπίζει την υγρασία του εδάφους. Αισθητήρας ύψους νερού HAITRONIC HR0043 που τον χρησιμοποιούμε ως βροχόμετρο. Η σύνδεση πραγματοποιήθηκε όπως φαίνεται στην εικόνα 44.



Εικόνα 45 Σύνδεση αισθητήριων στην πλακέτα ανάπτυξης rycom έκδοση Firy

## Κεφάλαιο 7 Διαδικτυακές πλατφόρμες

### 7.1 Διαδικτυακές πλατφόρμες που χρησιμοποιήθηκαν

Καθώς οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν μεταφέρουν πληροφορίες προς το διαδίκτυο για την αξιοποίηση τους στα πλαίσια της υλοποίησης της πτυχιακής χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω διαδικτυακές πλατφόρμες. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε η διαδικτυακή πλατφόρμα The Things Network για την διασύνδεσης της πύλης διασύνδεσης (gateway) LORIX-one με το διαδίκτυο. Η πλατφόρμα Thingspeak<sup>2</sup> για την μεταφορά δεδομένων από την πλατφόρμα The things network και στην συνέχεια απεικόνιση των μετρήσεων σε μορφή γραφήματος, την αποθήκευση των μετρήσεων σε βάση δεδομένων για μελλοντική τους χρήση και καταγραφή ιστορικού. Τέλος η πλατφόρμα Thingspeak έχει την δυνατότητα να συνδυαστεί με το κοινωνικό δίκτυο Twitter , μέσω του οποίου γίνεται και η αποστολή αυτομάτων μηνυμάτων ανάλογα με τα σενάρια λειτουργίας.

#### 7.1.1 Η πλατφόρμα The Things Network

Η πλατφόρμα The Things Network είναι μια πλατφόρμα στο διαδίκτυο που έχει δημιουργηθεί για την πραγματοποίηση ενός παγκοσμίου δικτύου διαδικτύου των πράγματος (IoT) , βασισμένο στην τεχνολογία LoRaWAN. Ο κάθε χρήστης μπορεί να επιλέξει αν η πύλη διασύνδεσης (Gateway) που θα εισάγει στο δίκτυο είναι προσωπική ή δημοσία. Μια δημόσια πύλη δεν βάζει σε κίνδυνο τα δεδομένα του χρήστη καθώς η μετάδοση τους γίνεται με κωδικοποιημένο τρόπο, ακόμα ο χρήστης μπορεί να σύνδεση μια έξυπνη συσκευή (thing) στο δίκτυο χωρίς να χρησιμοποιήσει μια δικιά του πύλη διασύνδεσης, αρκεί να αξιοποιήσει κάποια δημοσία που βρίσκεται στην εμβέλεια της εφαρμογής του. Υπάρχουν τρία κεντρικά συμπλέγματα (clusters) κόμβων πυλών διασύνδεσης (gateways) , στο Σίδνεϋ της Αυστραλίας, στην Ιρλανδία και στην Καλιφόρνια της Αμερικής. Η διασύνδεση γίνεται ανάλογα με την απόσταση που η συσκευή βρίσκεται στον κοντινότερο σύμπλεγμα (cluster). Έτσι ώστε να επιτευχθεί ο βέλτιστος τρόπος διασύνδεσης,



Εικόνα 46 The Things Network logo

<sup>2</sup> <https://thingspeak.com/>

### 7.1.2 Η πλατφόρμα Thingspeak

Η διαδικτυακή πλατφόρμα Thingspeak είναι μια πλατφόρμα που προσφέρει ανάλυση στα δεδομένα που συλλέγονται σε αυτήν, παρέχει την δυνατότητα λήψης δεδομένων από την πλατφόρμα The Things Network. Η πλατφόρμα The Things Network διαμορφώνεται κατάλληλα από τον χρήστη ώστε να αποστέλλει τα δεδομένα που λήφθηκαν από τις έξυπνες συσκευές (things) , στην πλατφόρμα Thingspeak. Εκεί μπορούν να αξιοποιηθούν μερικές από τις δυνατότητες της πλατφόρμας στην παρουσίαση των δεδομένων σε μορφή γραφικής παράστασης, η αποθήκευση τους και εξαγωγή τους για μελλοντική χρήση και να ληφθούν ενέργειες βάση των δεδομένων που λαμβάνονται.



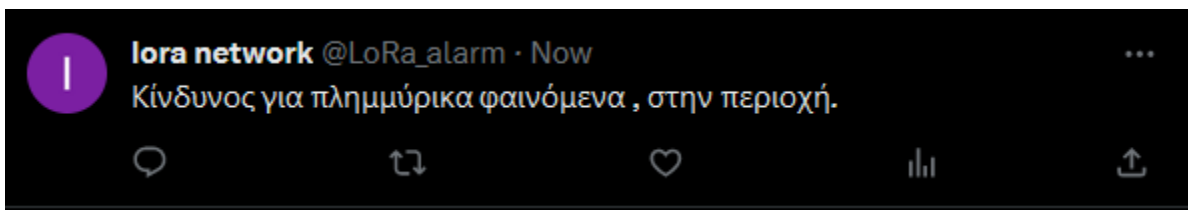
Εικόνα 47 The Thingspeak logo

### 7.1.3 Η πλατφόρμα κοινωνικού δικτύου Twitter, χρήση μηχανισμός ειδοποίησης

Για την υλοποίηση του μηχανισμού ειδοποίησης στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιούμε το κοινωνικό δίκτυο Twitter<sup>3</sup>. Μέσω της πλατφόρμας thinkgspeak δίνεται η δυνατότητα της αποστολής αυτομάτων ειδοποιήσεων με την μορφή ανάρτησης, όταν εκπληρωθούν κάποιες προϋποθέσεις.



Εικόνα 48 Twitter logo



Εικόνα 49 Αυτοματοποιημένη ειδοποίηση μέσω της πλατφόρμας Twitte

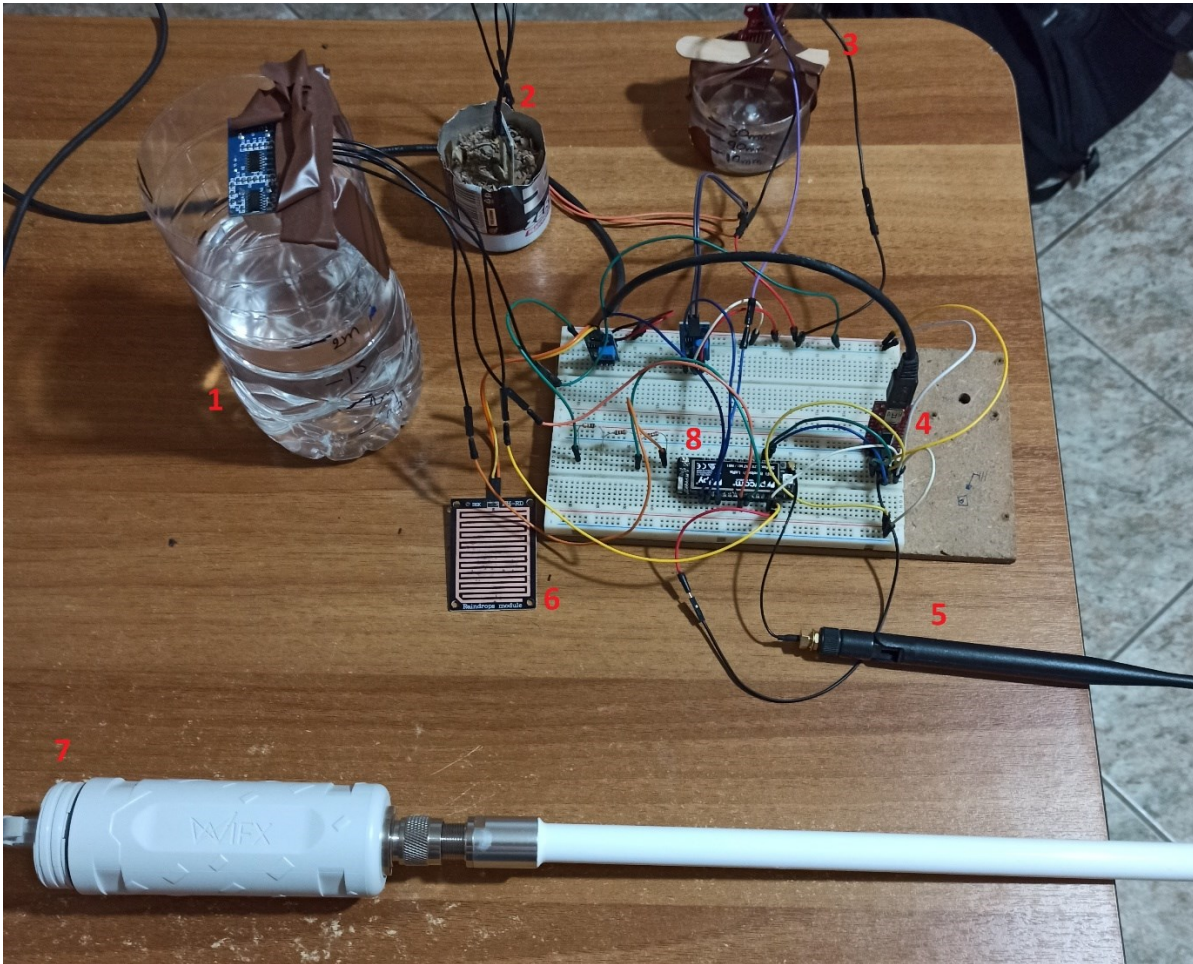
<sup>3</sup> <https://twitter.com/>

## Κεφάλαιο 8 Παρουσίαση και λειτουργία κατασκευής

### 8.1 Παρουσίαση κατασκευής

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο σταθμός μετρήσεων καθώς και η πύλη διασύνδεσης LORIX-one.

Όπου, **1**, το αισθητήριο υπέρηχων που μετράει στάθμη. **2**, αισθητήρας υγρασίας εδάφους. **3**, πειραματικό βροχόμετρο. **4**, μετατροπέας συριακού προγραμματισμού του μικροελεγκτή rycom. **5**, κεραία 850 MHz για την επικοινωνία του μικροελεγκτή rycom με την πύλη διασύνδεσης. **6**, αισθητήρας παρουσίας βροχόπτωσης. **7**, πύλη διασύνδεσης. **8**, μικροελεγκτή rycom.



Εικόνα 50 Σταθμός μετρήσεων



### 8.3 Επεξήγηση λειτουργίας αισθητήριων και κατασκευής

Στο κεφάλαιο 4 και στο κεφάλαιο 5 έχει γίνει αναλυτική επεξήγηση των φυσικών μεταβλητών και των ηλεκτρονικών αισθητήριων αντίστοιχα. Το αισθητήριο 1 μετράει την στάθμη των υδάτων με την χρήση υπερήχων η στάθμη που έχει οριστεί είναι από μηδέν μετρά έως δυο μετρά. Το αισθητήριο 2 μετράει την υγρασία του εδάφους. Το αισθητήριο 3 που είναι το βροχόμετρο έχει διακουμανθεί με ενδείξεις 10mm 20mm και 30mm που δείχνουν την ένταση της βροχόπτωσης ανά τριάντα λεπτά. Το αισθητήριο 6 εμφανίζει την παρουσία βροχόπτωσης. Τα αισθητήρια είναι σε αυτήν την πειραματική διάταξη για να καλυφθούν οι απαιτήσεις της πτυχιακής εργασίας και να παρουσιαστούν οι δυνατότητες της.

### 8.4 Διασύνδεση του μικροελεγκτή rycom με την πλατφόρμας The Thinks Network και με την πλατφόρμα thinkspeak

Αφού ο μικροελεγκτής rycom συνδεθεί σε μια πύλη διασύνδεσης όπως η LORIX-one και έχοντας δηλώσει τα στοιχεία της εφαρμογής του στο The Thinks Network αποστέλλονται μηνύματα από τον μικροελεγκτή προς το την πλατφόρμα The Thinks Network.

Time	EntityID	Type	Data preview
↑ 22:45:18	eui-78b3d5499f673420	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 74 13 <> Payload: { field1: 187, field2: 53, field3: 66, field4: 58 } BB 35 3C 3A <>
↑ 22:44:41	eui-78b3d5499f673420	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 74 13 <> Payload: { field1: 185, field2: 56, field3: 66, field4: 68 } B9 3A 3C 3C <>
↑ 22:44:12	eui-78b3d5499f673420	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 74 13 <> Payload: { field1: 184, field2: 48, field3: 66, field4: 59 } B8 38 3C 3B <>
↑ 22:43:43	eui-78b3d5499f673420	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 74 13 <> Payload: { field1: 186, field2: 55, field3: 58, field4: 61 } BA 37 3A 3D <>
↑ 22:43:14	eui-78b3d5499f673420	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 74 13 <> Payload: { field1: 185, field2: 49, field3: 66, field4: 59 } B9 31 3C 3B <>
↑ 22:42:45	eui-78b3d5499f673420	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 74 13 <> Payload: { field1: 186, field2: 56, field3: 61, field4: 66 } BA 3A 3D 3C <>
↑ 22:42:16	eui-78b3d5499f673420	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 74 13 <> Payload: { field1: 182, field2: 66, field3: 61, field4: 59 } B6 3C 3D 3B <>

Εικόνα 51 Απεσταλμένα αρχεία από τον μικροελεγκτή rycom

Στην εικόνα 51 στα πεδία field 1, field 2 , field 3 και field 4 φαίνονται οι μεταβλητές που μεταφέρουμε, οι οποίες πρόκειται για τέσσερις ακέραιους αριθμούς. Αυτές οι μεταβλητές είναι στο υποσύνολο “payload” , δηλαδή του ωφέλιμου κομματιού του μηνύματος επικοινωνίας που φτάνει στην εφαρμογή μας.

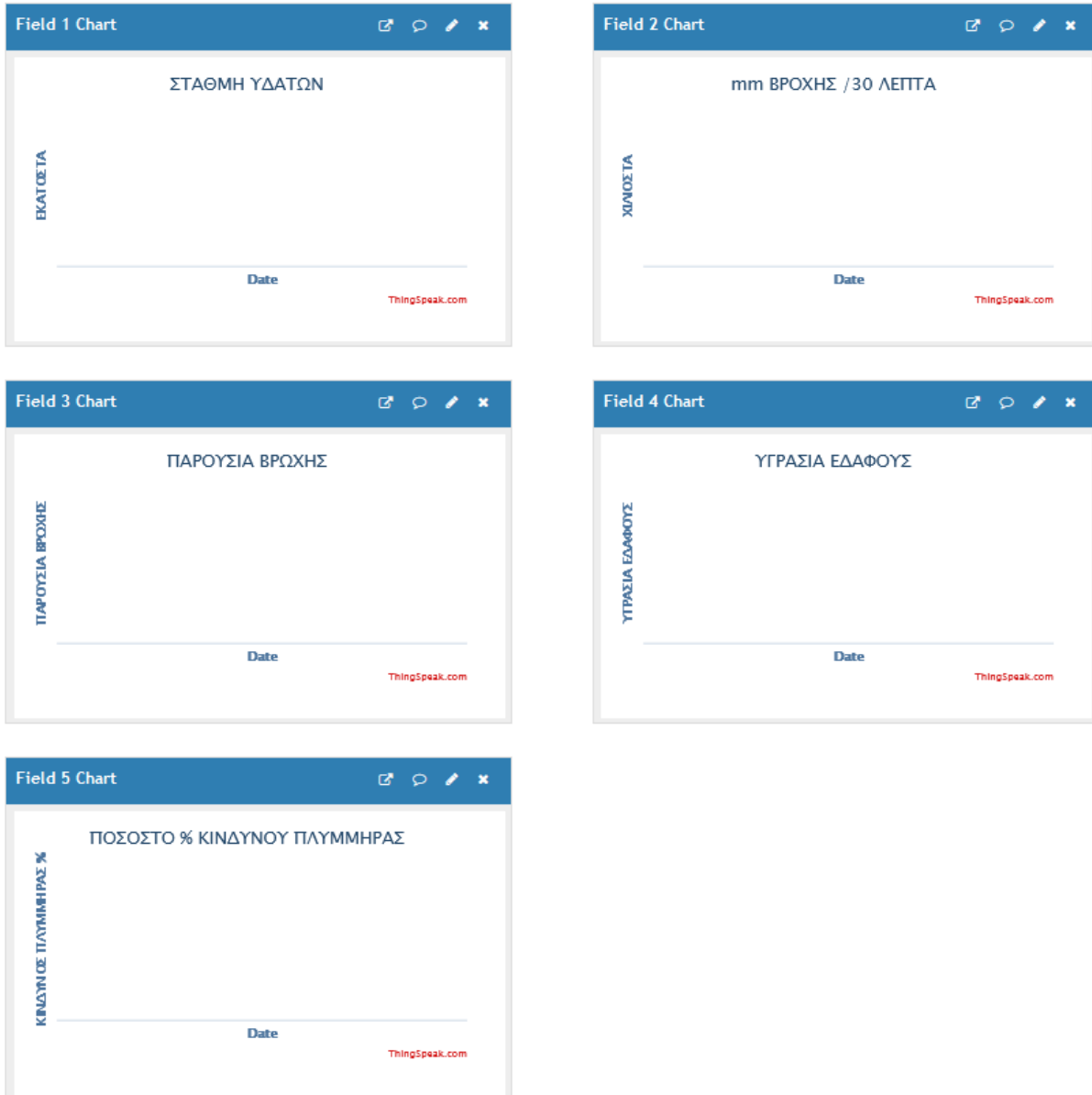
Για να μπορέσει αυτές τις μεταβλητές να τις επεξεργαστεί η διαδικτυακή πλατφόρμα Thingspeak αποκωδικοποιούμε το μήνυμα μέσω της κονσόλας που μας προσφέρεται στο μενού της εφαρμογής “ application > name of our device > payload formatters > uplink ” . Για την αποκωδικοποίηση υπάρχουν πολλοί τρόποι, επιλέχθηκε η αποκωδικοποίηση με javascript.

The screenshot shows the Thingspeak web interface for a device named 'flood-otaa-sensor'. The left sidebar contains navigation options: Overview, End devices, Live data, Payload formatters (expanded), Uplink (selected), Downlink, Integrations, Collaborators, API keys, and General settings. The main content area is titled 'Default uplink payload formatter' and includes a 'Setup' section with a dropdown menu set to 'Custom Javascript formatter'. Below this is a 'Formatter code' section with a text area containing the following JavaScript code:

```
1 function Decoder(bytes, port) {
2
3   var water_level = (bytes[0] <<256 );
4   var rain_in_mm = (bytes[1] << 256);
5   var rain_intensity = (bytes[2] << 256);
6   var soilhumidity = (bytes[3] << 256);
7
8   return {
9     field1 : water_level,
10    field2 : rain_in_mm,
11    field3 :rain_intensity,
12    field4 : soilhumidity
13  }
14
15 }
```

Εικόνα 52 Αποκωδικοποίηση μηνύματος uplink

Στην συνέχεια αφού δημιουργηθεί ένας λογαριασμός στην πλατφόρμα Thinkspeak και διασυνδεθούν αυτοί οι λογαριασμοί μέσω webhook , τα μηνύματα μέσω της πλατφόρμας The Things Network μεταφέρονται στην πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους Thingspeak προς παρουσίαση και αποθήκευση μετρήσεων. Στην εικόνα 53 βλέπουμε τα πεδία που θα εμφανιστούν τις τέσσερις μεταβλητές που παρακολουθούμε στην εφαρμογή μας , καθώς και τον εκτιμώμενο κίνδυνο



Εικόνα 53 Πεδία παρουσίαση μεταβλητών

Η δήλωση για το ποια δεδομένα θα εμφανιστούν γίνεται μέσω των επιλογών του καναλιού που υπάρχουν στον μενού “ channel Settings ”.

## Sensors Values

Channel ID: **2184975** | Sensors received from TTN  
Author: **mwa0000030373457**  
Access: Public

[Private View](#) [Public View](#) [Channel Settings](#) [Sharing](#) [API Keys](#) [I](#)

### Channel Settings

**Percentage complete** 50%

**Channel ID** 2184975

**Name**

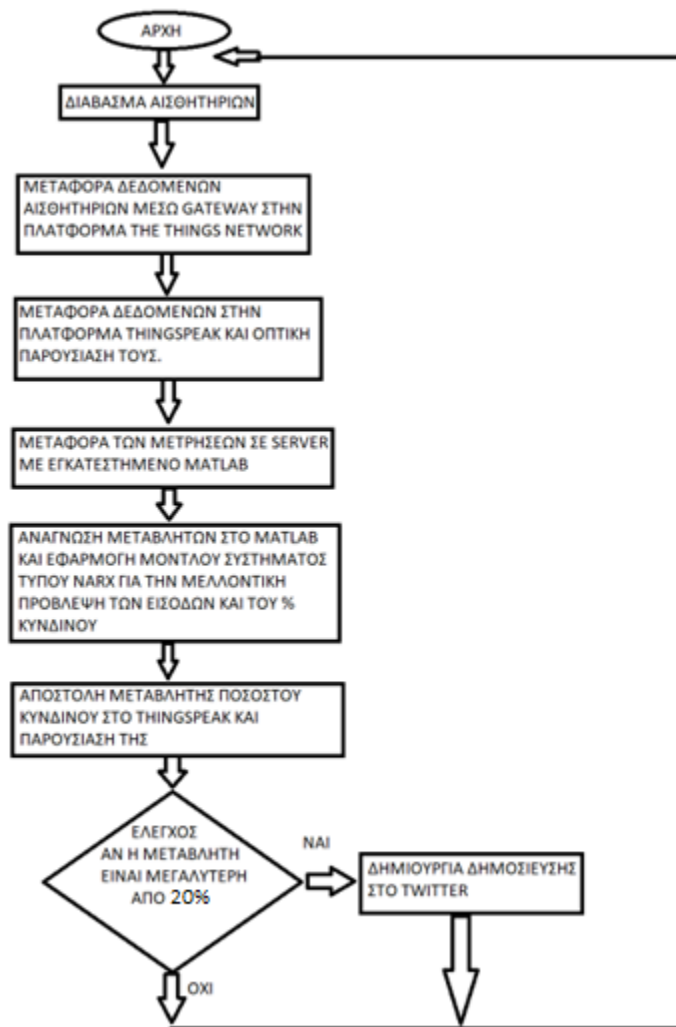
**Description**

<b>Field 1</b>	<input type="text" value="ΕΚΑΤΟΣΤΑ"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Field 2</b>	<input type="text" value="ΧΙΛΙΟΣΤΑ"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Field 3</b>	<input type="text" value="ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΒΡΩΧΗΣ"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Field 4</b>	<input type="text" value="ΥΓΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Field 5</b>	<input type="text" value="ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝ"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Field 6</b>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Field 7</b>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Field 8</b>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 54 Μενού ρυθμίσεων καναλιού Thingspeak

### 8.5 Λήψη δεδομένων για την εκπαίδευση του αλγορίθμου

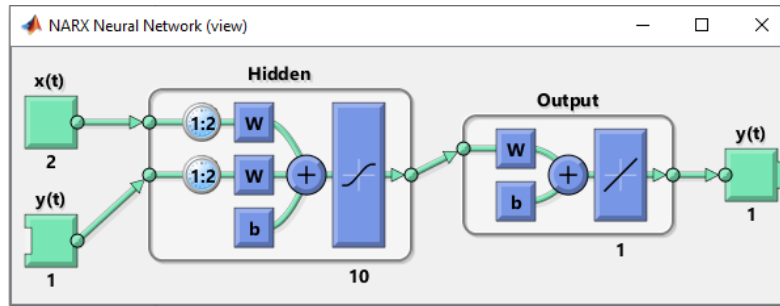
Για την εκτέλεση του πειραματικού μέρους λήφθηκαν 171 τεχνίτες μετρήσεις στις οποίες εκτιμήθηκε ο κίνδυνος εμφάνισης πλημμυρίδων φαινομένων, με τις οποίες θα εκπαιδευτεί ο αλγόριθμος NARX μέσω της εφαρμογής Matlab. Οι μετρήσεις θα εξομοιωθούν στην πειραματική διάταξη και θα καταγράφουν στην πλατφόρμα Thingspeak και στην συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν για την εκπαίδευση του αλγορίθμου. Για πειραματικούς λόγους η δειγματοληψία γίνεται κάθε 5 λεπτά και θεωρούμε ότι η λήψη αυτή αντιστοιχεί σε 30 λεπτά. Κατά το τέλος της πρόβλεψης οι τιμές της εισόδου και της πρόβλεψης θα επεκτείνουν το δείγμα των 171 αρχικών τιμών και θα ξαναγίνεται εκπαίδευση του μοντέλου κατά την διαδικασία λήψης του επομένου δείγματος από τον μικροελεγκτή. Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση βρίσκονται στο κεφάλαιο 8.9.3.



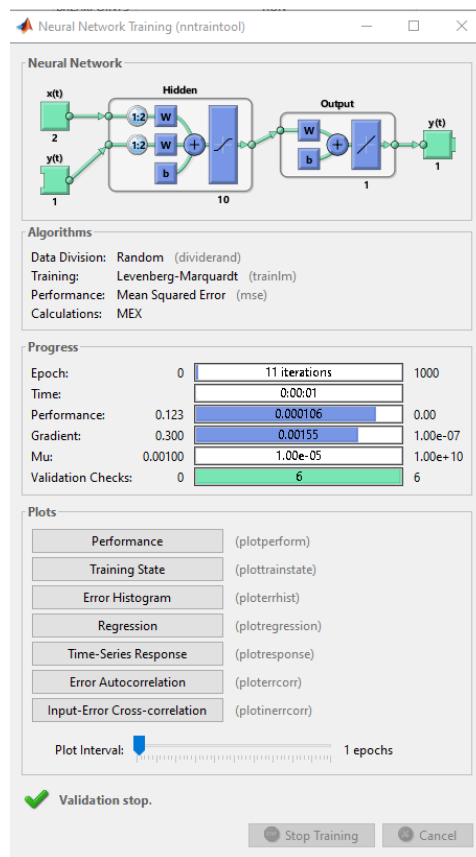
Εικόνα 55 Flowchart εφαρμογής

## 8.6 Έλεγχος λειτουργίας αλγορίθμου πρόβλεψης

Το νευρωνικό δίκτυο NARX συσχετίζει τις εισόδους με τις εξόδους και πραγματοποιεί μια πρόβλεψη βάσει όλων των τιμών που έχει εκπαιδευτεί. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε ένας αλγόριθμος NARX που υπολογίζει το ποσοστό κίνδυνου την στιγμή της μέτρησης. Στην συνέχεια αυτές οι τιμές προθέτονται στο ιστορικό των μετρήσεων και πραγματοποιείται μια πρόβλεψη για 30 λεπτά στο μέλλον. Η χρήση και η εκπαίδευση των δικτύων έγινε όπως αναφέρεται στην πηγή [33].

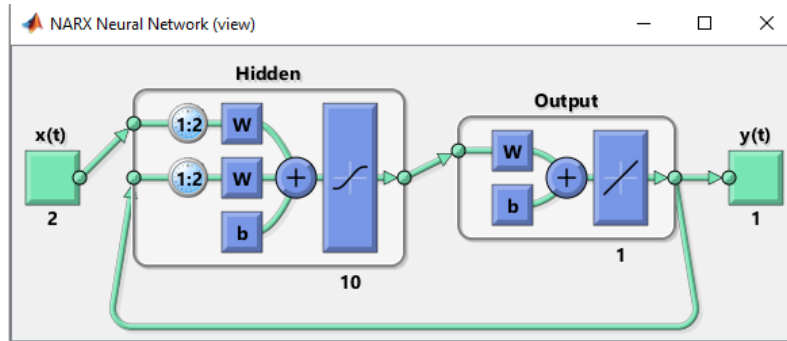


Εικόνα 56 Δημιουργία νευρωνικού δικτύου τύπου NARX



Εικόνα 57 Παράμετροι και εκπαίδευση του μοντέλου

Στην συνέχεια δημιουργούμε ένα κλειστού βρόχου μοντέλο με το οποίο υλοποιείται η πρόβλεψη.



Εικόνα 58 Δημιουργία κλειστού βρόχου νευρωνικού δικτύου τύπου NARX

Για την εγκυρότητα της πρόβλεψης δοκιμάζουμε το συστήματα στα δυο επόμενα υποκεφάλαια. Και για τις δυο περιπτώσεις τα οι τιμές εκπαιδεύσεις είναι οι ίδιες. Αυτό που έχουμε ορίσει από το ιστορικό είναι ότι το ποσοστό κίνδυνου αξιολογείται στο 20% όταν η στάθμη είναι 185 και η βροχόπτωση είναι 10 χιλιοστά. Το ποσοστό κίνδυνου αξιολογείται στο 20% όταν η στάθμη είναι 160 και η βροχόπτωση είναι 20 χιλιοστά. Το ποσοστό κίνδυνου αξιολογείται στο 20% όταν η στάθμη είναι 155 και η βροχόπτωση είναι 30 χιλιοστά.

Αρά για να είναι επιτυχημένη η πρόβλεψη πρέπει να εμφανιστεί το ποσοστό αξιολόγησης κίνδυνου κοντά στο 20% ή μεγαλύτερο πριν το ύψος των υδάτων φτάσει τις παραπάνω τιμές. Σαν όριο για το ύψος των υδάτων έχει οριστεί τα 200εκατοστα.

### 8.6.1 Σενάριο λειτουργίας A

Η τελευταία μέτρηση του ιστορικού ως προς το ύψος των υδάτων είναι στα 120 εκατοστά, οπότε από εκεί ξεκινάει και το σενάριο λειτουργίας A. Αρχικά δεν έχουμε βροχόπτωση για τέσσερις μετρήσεις, οπότε η στάθμη των υδάτων λόγω των απορροών πέφτει στα 98 εκατοστά. Ξαφνικά έχουμε έντονη βροχόπτωση της κατηγορίας 30 χιλιοστά / 30 λεπτά. Η στάθμη ανεβαίνει με ύψος 15 εκατοστά ανά μέτρηση. Και έχουμε προειδοποίηση για πλημμυρικά φαινόμενα όταν η στάθμη είναι στο 140 με ποσοστό 39%. Πράγμα που επιβεβαιώνει ότι γίνεται μελλοντική πρόβλεψη καθώς έχουμε ορίσει το ότι όταν το ύψος υδάτων είναι στα 155 εκατοστά και η βροχόπτωση στα 30 χιλιοστά /30λεπτα το πραγματικό ποσοστό κίνδυνου είναι στο 20%. Παρόλο που δεν εκδηλώθηκε πλημμυρά η πρόβλεψη ήταν σωστή καθώς αν συνέχιζε να υπάρχει βροχόπτωση με τον ίδιο ρυθμό μέσα σε δυο μετρήσεις το ύψος θα είχε ξεπεράσει το όριο των 200 εκατοστών.



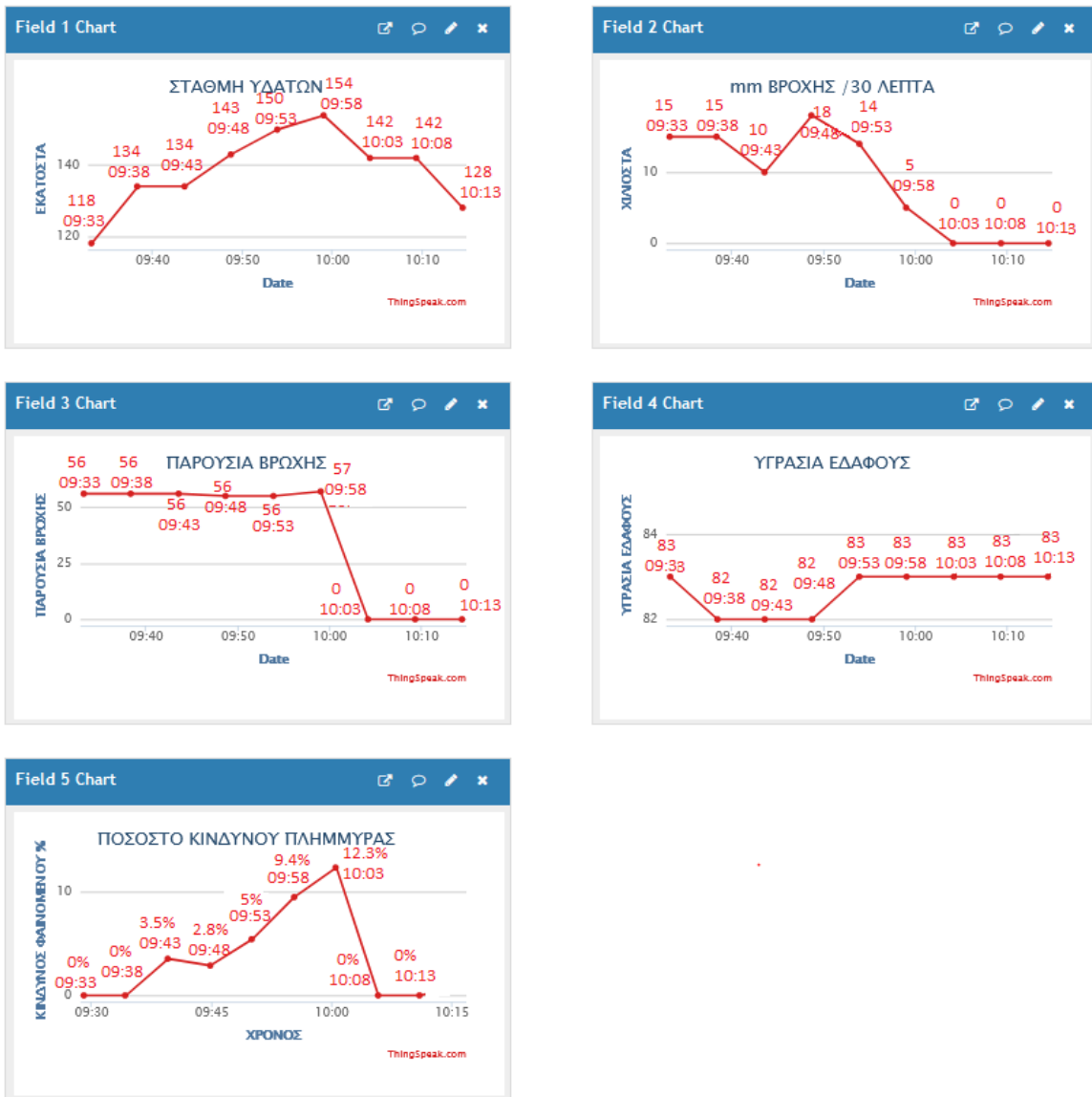
Εικόνα 59 Τιμές πειράματος σεναρίου A

Στην συνέχεια η βροχόπτωση σταματάει και η στάθμη των υδάτων ξεκινάει να μειώνεται καθώς και το ποσοστό κίνδυνου να μειώνεται.



### 8.6.2 Σενάριο λειτουργίας Β

Για το δεύτερο σενάριο λειτουργίας χρησιμοποιείται το ίδιο ιστορικό μετρήσεων το ύψος των υδάτων ξεκινάει από τα 120 εκατοστά, αρχικά για μια μέτρηση δεν υπάρχει βροχόπτωση και το ύψος των υδάτων μειώνεται. Στην συνέχεια εμφανίζεται μέτρια και ασθενής βροχή που δεν είναι αρκετές ως προς την ένταση για την δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων. Τα ποσοστά της πρόβλεψης παραμένουν χαμηλά και δεν υπάρχει ειδοποίηση παρόλο που η στάθμη φτάνει μέχρι τα 154 εκατοστά . Στην συνέχεια η βροχόπτωση σταματάει και η στάθμη των υδάτων μειώνεται καθώς και το ποσοστό κίνδυνου να μειώνεται.



Εικόνα 60 Τιμές πειράματος σεναρίου Β

## 8.7 Υλοποίηση μηχανισμού αυτόματης ειδοποίησης μέσω Twitter

Η πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους Thingspeak χρησιμοποιεί το API ( Application Programming interface ) του Twitter για να μπορεί να δημιουργεί δημοσιεύσεις στο twitter. Στην συνέχεια από το μενού > apps > react παραμετροποιούμε μια νέα αντίδραση για την αποστολή Twitt όταν η τιμή στο πεδίο 5 , το οποίο αφορά το ποσοστό κίνδυνου, ξεπεράσει το 20%. Τέλος πληκτρολογούμε το μήνυμα που θέλουμε να δημοσιευτεί.

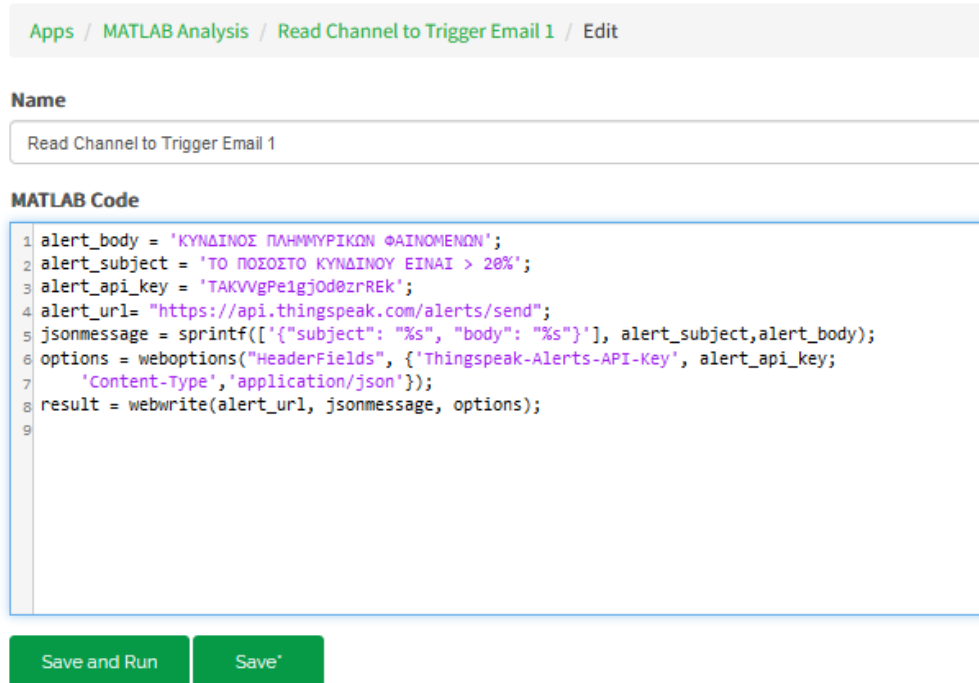
The screenshot shows the configuration page for a 'React' in Thingspeak. The breadcrumb trail is 'Apps / React / React 1 / Edit'. The configuration includes:

- React Name:** React 1
- Condition Type:** Numeric
- Test Frequency:** On Data Insertion
- Condition:** If channel Sensors Values (2273815)
- field:** 5 (ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ %)
- Comparison:** is greater than
- Value:** 20.0
- Action:** ThingTweet
- then tweet:** ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΙΝΔΥΝΟ > 20 %
- using Twitter account:** Notif\_mech
- Options:** Run action each time condition is met (selected)
- Save React:** A green button to save the configuration.

Εικόνα 61 Δημιουργία react για το Twitter

## 8.8 Εναλλακτικός μηχανισμός αυτόματης ειδοποίησης

Κατά την ολοκλήρωση της πτυχιακής διαπιστώθηκε ότι λόγω σε αλλαγή που έγινε στην API ( Application Programming interface ) της πλατφόρμας Twitter [34] δεν παράμεινε δυνατή η ικανότητα για δημοσίευση του κίνδυνου μέσω του κοινωνικού δικτύου. Σαν εναλλακτική λύση σε περίπτωση που δεν αντικατασταθεί προτείνεται ο εναλλακτικός μηχανισμός ειδοποίησης μέσω Gmail<sup>4</sup>. Για την υλοποίηση του το μενού της πλατφόρμας Thingspeak επιλέγουμε > apps > matlab analysis και δημιουργούμε ένα νέο πρόγραμμα στο matlab παράθυρο του Thingspeak. Εκεί χρησιμοποιούμε το κώδικα που μας προσφέρει η σελίδα για την δημιουργία μηνύματος email.



The screenshot shows the Thingspeak interface for editing an app named "Read Channel to Trigger Email 1". The MATLAB code is as follows:

```
1 alert_body = 'ΚΥΝΔΙΝΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ';
2 alert_subject = 'ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΥΝΔΙΝΟΥ ΕΙΝΑΙ > 20%';
3 alert_api_key = 'TAKVVgPe1gJ0d0zrREK';
4 alert_url= "https://api.thingspeak.com/alerts/send";
5 jsonmessage = sprintf(['{"subject": "%s", "body": "%s"}'], alert_subject,alert_body);
6 options = weboptions("HeaderFields", {'Thingspeak-Alerts-API-Key', alert_api_key;
7 'Content-Type','application/json'});
8 result = webwrite(alert_url, jsonmessage, options);
9
```

Below the code editor are two buttons: "Save and Run" and "Save".

Εικόνα 62 Δημιουργία μηνύματος email

<sup>4</sup> <https://Gmail.com>

Στην συνέχεια από το μενού > apps > react παραμετροποιούμε μια νέα αντίδραση για την αποστολή email όταν η τιμή στο πεδίο 5 , το οποίο αφορά το ποσοστό κίνδυνου, ξεπεράσει το 20%.

The image shows a configuration form for a 'React' action. The form is organized into several sections:

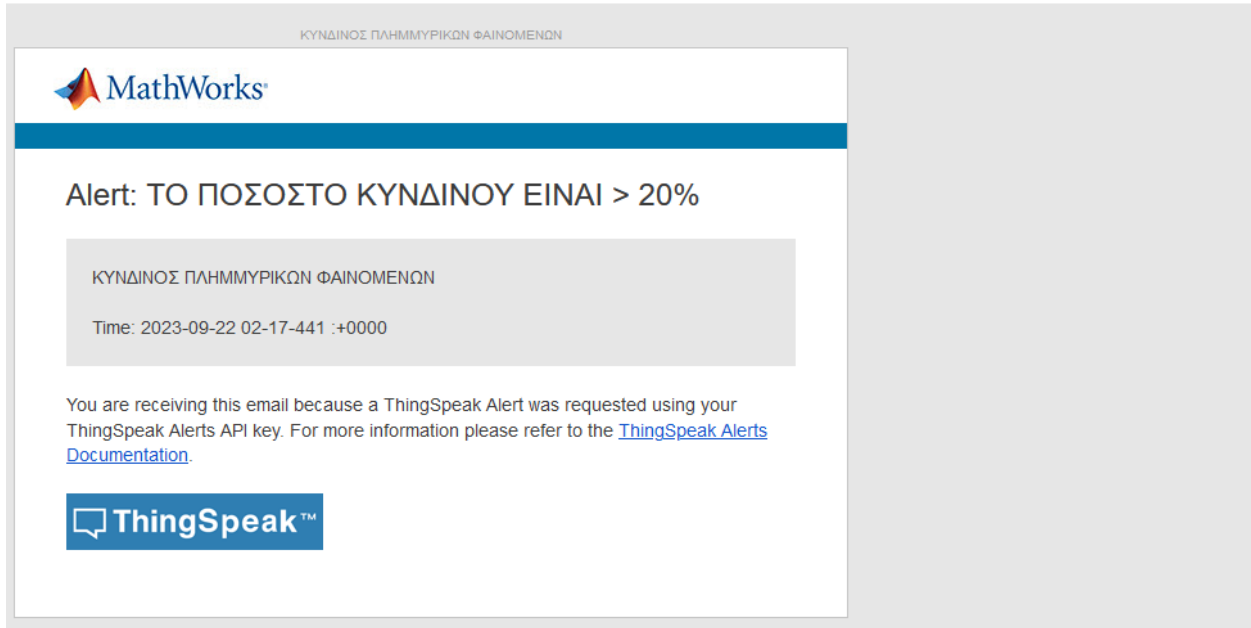
- React Name:** A text input field containing 'React 1'.
- Condition Type:** A dropdown menu with 'Numeric' selected.
- Test Frequency:** A dropdown menu with 'On Data Insertion' selected.
- Condition:** This section is divided into three parts:
  - If channel:** A dropdown menu with 'Sensors Values (2273815)' selected.
  - field:** A dropdown menu with '5 (ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ %)' selected.
  - Comparison:** A dropdown menu with 'is greater than' selected.
  - Value:** A text input field containing '20.0'.
- Action:** A dropdown menu with 'MATLAB Analysis' selected.
- Code to execute:** A dropdown menu with 'Read Channel to Trigger Email 1' selected.
- Options:** Two radio buttons:
  - Run action only the first time the condition is met
  - Run action each time condition is met

At the bottom of the form is a green button labeled 'Save React'.

Εικόνα 63 Δημιουργία React

Αυτή η διαδικασία από στέλνει στον κάτοχο του καναλιού το επιθυμητό email ειδοποίησης. Στο οποίο αναγράφεται η ώρα που ενεργοποιήθηκε ο μηχανισμός αυτόματης ειδοποίησης για το σενάριο A.

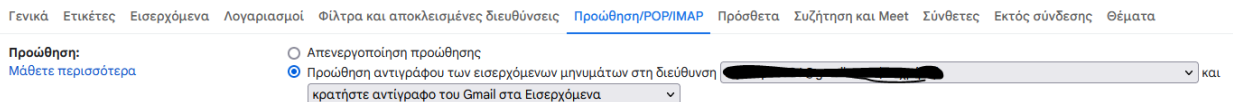
5:17 π.μ. (πριν από 9 ώρες)



Εικόνα 64 Μορφή απεσταλμένου email

Στην συνέχεια ο ιδιοκτήτης του καναλιού στο Thingspeak μπορεί να ορίσει μέσα από το μενού προώθησης του Gmail σε ποιου άλλους λογαριασμούς θα προωθείτε η αυτόματη ενημέρωση.

Ρυθμίσεις



Εικόνα 65 Προώθηση email μέσω Gmail

## 8.9 Κώδικας εφαρμογής

### 8.9.1 Κώδικας μικροελεγκτή pycom

```
import socket
import utime
import ubinascii
from machine import Pin
import machine          # Interfaces with hardware components
from machine import ADC
import time             # Allows use of time.sleep() for delays
import pycom           # Base library for Pycom devices
import ubinascii       # Needed to run any MicroPython code
import micropython     # Needed to run any MicroPython code
from binascii import hexlify
import ubinascii
import struct
import socket
from machine import I2C
from network import LoRa

# HC-SR04 ultrasonic distance sensor configurations
HCSR04_TRIGGER_PIN = "P20"
HCSR04_ECHO_PIN = "P21"
HCSR04_ECHO_TIMEOUT_MS = const(50)
# Additional program configurations
PROGRAM_LOOP_MS = const(600000)          # pylint: disable=E0602
PROGRAM_WAIT_MS = const(3000)           # pylint: disable=E0602
class HCSR04():
    """ Driver for HC-SR04 ultrasonic distance sensor """
    # HC-SR04 fixed parameters
    HCSR04_US_TO_CM_CONST = const(58)     # pylint: disable=E0602
    HCSR04_MAX_RANGE_CM = const(400)     # pylint: disable=E0602
    def __init__(self, trigger_pin, echo_pin, echo_timeout_ms):
        self.trigger_pin = Pin(trigger_pin, mode=Pin.OUT, pull=None)
        self.echo_pin = Pin(echo_pin, mode=Pin.IN, pull=None)
        self.echo_timeout_ms = echo_timeout_ms
        self.distance_cm = None
    def get_distance_cm(self):
        Raises exception if range is unsupported, or if echo response
        times out. This is a blocking method. """
        echo_detected = False
        self.trigger_pin(True)
```

```
    utime.sleep_us(10)
    self.trigger_pin(False)
    echo_timeout_start_ms = utime.ticks_ms()
    while (utime.ticks_ms() - echo_timeout_start_ms) < self.echo_timeout_ms:
        if self.echo_pin():
            # If high is detected on echo pin, start echo timer
            echo_detected = True
            echo_timer_start_us = utime.ticks_us()
            break
    if echo_detected:
        while self.echo_pin():
            pass
        # If echo pin goes low, stop echo timer
        duration_us = utime.ticks_us() - echo_timer_start_us
        self.distance_cm = duration_us / self.HCSR04_US_TO_CM_CONST
        if self.distance_cm > self.HCSR04_MAX_RANGE_CM:
            raise OSError(
                "Unsupported HC-SR04 range (>" +
                str(self.HCSR04_MAX_RANGE_CM) +
                "cm)"
            )
        else:
            # If no error signal is detected, time out
            raise OSError(
                "Failed to detect echo signal (>" +
                str(self.echo_timeout_ms) +
                "ms)"
            )
    return self.distance_cm
start_time = utime.ticks_ms()
data = bytearray(2)
sensor = HCSR04(
    trigger_pin=HCSR04_TRIGGER_PIN,
    echo_pin=HCSR04_ECHO_PIN,
    echo_timeout_ms=HCSR04_ECHO_TIMEOUT_MS
)
try:
    distance_m = sensor.get_distance_cm()
    water_level = 5-distance_m/4
    water_level =water_level /2
    water_level = water_level *100 #convert to cm
    water_level1=int(water_level)
```

```
if water_level1 < 0:
    water_level1=0
    print(water_level1)
except OSError as exception:
print(
    "Sensor fault (" +
    str(exception) +
    ")"
)

#telos aisththrioy apostashs
adc = machine.ADC()      # create an ADC object
apin = adc.channel(pin='P16', attn= ADC.ATTN_11DB) # create an analog pin on P16
rainintensity = apin()/390
rainintensity = rainintensity *100 *0.45
rainintensity = rainintensity / 4.011
rainintensity1=int(rainintensity)
if rainintensity1 < 0:
    rainintensity1=0
bpin = adc.channel(pin='P13', attn= ADC.ATTN_11DB) # create an analog pin on P13
x=bpin() /1000
rain = (3.1 - x)
rain=rain*100
rain = rain + 80
rain = rain/4.011 #scalling
rain1=int(rain)
if rain1 < 0:
    rain1=0

cpin = adc.channel(pin='P14', attn= ADC.ATTN_11DB) # create an analog pin on P14
c=cpin() /1000
soilhumidity = (c)
soilhumidity=soilhumidity*100
soilhumidity = soilhumidity+ 80
soilhumidity = soilhumidity/4.011 #scalling
soilhumidity1=int(soilhumidity)
if soilhumidity1 < 0:
    soilhumidity1=0

print('float')
print (water_level) # water_level
print (rainintensity) # rain_gause
print (rain ) # parousia brwxhs
```



```
print('int')
print (water_level1) # water_level
print (rainintensity1) # rain_gause
print (rain1 ) # parousia brwxhs

# Initialise LoRa in LORAWAN mode.
lora = LoRa(mode=LoRa.LORAWAN, region=LoRa.EU868)
# create an OTAA authentication parameters
dev_eui = ubinascii.unhexlify('70B3D5499F673420')
app_eui = ubinascii.unhexlify('0000000000000000')
app_key = ubinascii.unhexlify('9E4E8B0014358E13909329F7A912B9BC')
lora.join(activation=LoRa.OTAA, auth=(dev_eui,app_eui,app_key,), timeout=0)
while not lora.has_joined():

    print('not joined yet...')

    time.sleep(2.5)

print('joined network')
# create a LoRa socket
s = socket.socket(socket.AF_LORA, socket.SOCK_RAW)
# set the LoRaWAN data rate
s.setsockopt(socket.SOL_LORA, socket.SO_DR, 5)
# make the socket blocking
# (waits for the data to be sent and for the 2 receive windows to expire)
s.setblocking(True)
uplink_message = bytes([water_level1,rainintensity1,rain1,soilhumidity1])
# uplink_message = bytes([5,5,5,5])
s.send(uplink_message)
time.sleep(2) #sleep 2 second
# make the socket non-blocking
time.sleep(300)
```

### 8.9.2 Κώδικας στο Matlab

```
readChannelID = 2273815;
readAPIKey = '3997W5LER7AB2DUB';
writeChannelID = 2273815;
writeAPIKey = 'YSSN28CNT092HSX2';
t=tic;
for k=1:30
[data] = thingSpeakRead(2184975);
wl=[data(1)/200];
rain=[data(2)/30];
XTrain = con2seq(input2);
TTrain = con2seq(target2);
net = narxnet(1:2,1:2,10);
[Xs,Xi,Ai,Ts] = preparets(net,XTrain, {}, TTrain);
%[Xs,Xi,Ai,Ts] = preparets(net, {}, {}, T);
net = train(net,Xs,Ts,Xi,Ai);
view(net);
[Y,Xf,Af] = net(Xs,Xi,Ai);
[netc,Xic,Aic] = closeloop(net,Xf,Af);
XPredict = [wl;rain]
Yc = netc(cell(0,1),Xic,Aic)
Yc = cell2mat(Yc);
input2=[input2,XPredict];
target2=[target2,Yc];
XTrain = con2seq(input2);
TTrain = con2seq(target2);
net = narxnet(1:2,1:2,10);
[Xs,Xi,Ai,Ts] = preparets(net,XTrain, {}, TTrain);
net = train(net,Xs,Ts,Xi,Ai);
view(net);
[Y,Xf,Af] = net(Xs,Xi,Ai);
[netc,Xic,Aic] = closeloop(net,Xf,Af);
Yc = netc(cell(0,1),Xic,Aic)
Yc = cell2mat(Yc);
y=Yc*100
% Write Data
thingSpeakWrite(2273815,'Fields',[5],'Values',{r},'WriteKey','YSSN28CNT092HSX2')
    while toc(t)<(k*5*63)
        pause(1);
    end
end
end
```

### 8.9.3 Μετρήσεις που εκπαιδεύτηκε το μοντέλο

Ύψος υδάτων	Χιλιοστά νερού / 30 λεπτά	Ποσοστό κίνδυνου %
0	9	0
5	9	0
10	9	0
15	9	0
20	9	0
25	9	0
30	9	0
35	9	0
40	9	0
45	9	0
50	9	0
55	9	0
60	9	0
65	9	0
70	9	0
75	9	0
80	9	0
85	9	0
90	9	0
95	9	0
100	9	0
105	9	0
110	9	0
115	9	0
120	9	0
125	9	0
130	9	0
135	9	0
140	9	0
145	9	0
150	9	0
155	9	0
160	9	0
165	9	2.5
170	9	5
175	9	10
180	9	15
185	9	20
190	9	50
195	9	80
200	9	100
195	0	35

190	0	25
185	0	15
180	0	10
175	0	5
170	0	2.5
165	0	0
160	0	0
155	0	0
150	0	0
145	0	0
140	0	0
135	0	0
130	0	0
125	0	0
120	0	0
115	0	0
110	0	0
105	0	0
100	0	0
95	0	0
90	0	0
85	0	0
80	0	0
75	0	0
70	0	0
65	0	0
60	0	0
55	0	0
50	0	0
45	0	0
40	0	0
35	0	0
30	0	0
25	0	0
20	0	0
15	0	0
10	0	0
5	0	0
0	0	0
10	18	0
20	18	0
30	18	0
40	18	0
50	18	0
60	18	0

70	18	0
80	18	0
90	18	0
100	18	0
110	18	0
120	18	0
130	18	2.5
140	18	5
150	18	10
160	18	20
170	18	25
180	18	35
190	18	80
200	18	100
195	0	35
190	0	25
185	0	15
180	0	10
175	0	5
170	0	2.5
165	0	0
160	0	0
155	0	0
150	0	0
145	0	0
140	0	0
135	0	0
130	0	0
125	0	0
120	0	0
115	0	0
110	0	0
105	0	0
100	0	0
95	0	0
90	0	0
85	0	0
80	0	0
75	0	0
70	0	0
65	0	0
60	0	0
55	0	0
50	0	0
45	0	0

40	0	0
35	0	0
30	0	0
25	0	0
20	0	0
15	0	0
10	0	0
5	0	0
0	0	0
15	30	0
30	30	0
45	30	0
60	30	0
75	30	0
90	30	0
105	30	0
120	30	0
135	30	5
150	30	15
165	30	25
180	30	30
195	30	80
200	30	100
195	0	35
190	0	25
185	0	15
180	0	10
175	0	5
170	0	2.5
165	0	0
160	0	0
155	0	0
150	0	0
145	0	0
140	0	0
135	0	0
130	0	0
125	0	0
120	0	0

Πίνακας 6 Μετρήσεις που εκπαιδευτήκε το μοντέλο

## **8.8 Βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν**

<https://docs.aws.amazon.com/pdfs/whitepapers/latest/monitoring-river-levels-using-lorawan/monitoring-river-levels-using-lorawan.pdf#source-code>

## **Κεφάλαιο 9 Σύνοψη, συμπεράσματα και παρατηρήσεις πτυχιακής εργασίας**

### **9.1 Σύνοψη**

Στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής εργασίας έγινε η μελέτη και η ανάπτυξη μιας δικτυακής υποδομής (infrastructure) η οποία κάνει χρήση της τεχνολογίας LoRaWAN για τη μεταφορά περιβαλλοντικών δεδομένων (όπως θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, κ.α.) από απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές προς μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους (cloud computing platform), για την αποθήκευση, ανάλυση και περαιτέρω επεξεργασία τους. Παράλληλα, εστιάστηκε στην υλοποίηση μιας πρότυπης εφαρμογής (application) για την πρόβλεψη πλημμυρικών φαινομένων, καθώς και στην υλοποίηση ενός μηχανισμού έγκαιρης ειδοποίησης (μέσω κοινωνικών δικτύων) των ενδιαφερόμενων χρηστών και των κατοίκων στις εν' λόγω απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές. Στα πλαίσια μελετήθηκαν κατάλληλοι αλγόριθμοι επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί/αποθηκευτεί στην νεφοϋπολογιστική υποδομή, και υλοποιήθηκαν εκείνοι που προσφέρουν γρήγορη και έγκυρη πρόβλεψη πλημμυρικών φαινομένων με όσο το δυνατόν μικρότερη δαπάνη επεξεργαστικών πόρων. Η επικύρωση άρτιας λειτουργίας της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής έγινε μέσα από μια σειρά πειραμάτων σε πραγματικό περιβάλλον, με δεδομένα που είχαν συλλεγεί υπό ελεγχόμενες συνθήκες λειτουργίας και ελέγχου (emulation).

Συνοπτικά:

- A. Πραγματοποιήθηκε μελέτη, σχεδιασμός και υλοποίηση διαδικτυακής υποδομής βασισμένη στην τεχνολογία LoRaWAN.
- B. Πραγματοποιήθηκε επιτυχημένη μεταφορά περιβαλλοντικών δεδομένων (Υψος υδάτων, υγρασία εδάφους, ένταση βροχόπτωσης και παρουσία βροχόπτωσης), προς την πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους, αποθήκευση και απεικόνισή τους.
- Γ. Πραγματοποιήθηκε επιτυχημένη υλοποίηση επεξεργασίας των δεδομένων μέσω της εφαρμογής στο Matlab
- Δ. Πραγματοποιήθηκε επιτυχημένη υλοποίηση αλγορίθμου πρόβλεψης βασισμένο σε Data driven μέθοδο NARX βάση των πηγών [27] , [28] , [29] , [32] και εκπαίδευση του αλγορίθμου μέσω της εφαρμογής στο Matlab
- E. Πραγματοποιήθηκε επιτυχημένη υλοποίηση αυτόματου μηχανισμού ειδοποιήσεων μέσω της πλατφόρμας Twitter.



## 9.2 Συμπεράσματα

Η υλοποίηση της προτεινόμενης υποδομής και η ανάπτυξη εφαρμογής για την συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων από απομακρυσμένες γεωργικές περιοχές μπορεί να υποστηριχθεί από δίκτυα που κάνουν χρήση της τεχνολογίας LoRaWAN και από συστήματα υπολογιστικού νέφους στα οποία οι τελικές συσκευές (edge nodes) στηρίζονται στον μικροελεγκτή Pycom. Η συμπληρωματικότητα και διαλειτουργικότητα αυτών των υποδομών με τις πλατφόρμες The Things Network και Thingspeak προσφέρουν φιλικότερη-προς-τον-χρήστη λειτουργία για την ανάπτυξη και ενσωμάτωση τεχνικών πρόβλεψης πλημμυρικών φαινομένων, καθώς και μηχανισμών έγκαιρης ενημέρωσης των τελικών χρηστών/πολιτών. Οι αλγόριθμοι που προκύπτουν μέσα από μοντέλα Data driven (σύμφωνα με την βιβλιογραφία) προσφέρουν υψηλά ποσοστά ευστοχίας για έγκυρη πρόβλεψη, χωρίς να χρειάζονται πολλές εισόδους μεταβλητών, ειδικά όταν πρόκειται για προβλέψεις σε διάστημα λιγότερο των 5 ωρών. Τέτοιες περιπτώσεις μελετήθηκαν και βρέθηκε ποσοστό επιτυχίας στην πρόβλεψη μεγαλύτερο του 71%. Η υλοποίηση του μηχανισμού ενημέρωσης και έγκαιρης ειδοποίησης των χρηστών μέσω κοινωνικών δικτύων (π.χ. Twitter) αυξάνει το βαθμό «διεισδυτικότητας» των προτεινόμενων λύσεων στις ομάδες-στόχους των χρηστών (δηλαδή πολίτες σε απομακρυσμένες περιοχές), ενώ παράλληλα πολλαπλασιάζει τα προσδοκώμενα οφέλη για τις προτεινόμενες περιοχές από την χρήση τους (π.χ. ελάττωση κινδύνου, μείωση καταστροφών, αύξηση του αισθήματος ασφάλειας, κτλ).

## 9.3 Παρατηρήσεις – μελλοντικές βελτιώσεις

- Ο κατάλληλος τρόπος για την έγκυρη εκπαίδευση του δικτύου θα ήταν η τοποθέτηση των αισθητήριων σε πραγματικές συνθήκες και η καταγραφή των μετρήσεων με όσο το δυνατόν περισσότερα δείγματα, καθώς και η εκδήλωση του φαινομένου της πλημμύρας μέσα σε αυτά δείγματα.
- Καθώς η εφαρμογή αναφέρεται σε ένα πραγματικό και επικίνδυνο φαινόμενο τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τον ίδιο τον εξοπλισμό, η εγκατάσταση του σε πραγματικές συνθήκες απαιτεί κατάλληλη προστασία των αισθητήριων και του μικροελεγκτή από τις καιρικές συνθήκες ώστε να διασφαλιστεί η λειτουργία του σε όλη την διάρκεια εκδήλωσης του φαινομένου.
- Στην εκτέλεση της πτυχιακής εργασίας επιβεβαιώθηκε ότι μπορούν να ληφθούν καιρικά δεδομένα, και με βάση αυτά να γίνουν προβλέψεις μέσω των κατάλληλων αλγορίθμων. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων, ωστόσο, απαιτεί ένα πολύπλοκο εξομοίωσης της βροχόπτωσης καθώς και της στάθμης του νερού.
- Στην επιλογή των αισθητήριων επιλέχθηκαν τα εκείνα που μετρούν το ύψος και την ένταση της με βάση την βιβλιογραφία και τον τρόπο λειτουργίας του αλγορίθμου που τελικά επιλέχθηκε. Ωστόσο, σε ένα σύστημα πραγματικών συνθηκών θα μπορούσαν να μετρηθούν και άλλες παράμετροι όπως η υγρασία εδάφους, η θερμοκρασία και η υγρασία της ατμοσφαιράς, η ροή των υδάτων σε ολόκληρη την αγροτική λεκάνη καθώς και των παρακείμενων ποταμιών, κ.α. [32]. Σε μια τέτοια περίπτωση, ο αλγόριθμος θα συσχέτιζε καλύτερα τις εισόδους και θα έβρισκε συσχέτιση μεταξύ αυτών των μεταβλητών ώστε να παρουσίαζε ένα πιο ακριβές αποτέλεσμα.

## Βιβλιογραφία

- [1] <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>  
What is the internet of things (IoT)? - Alexander S. Gillis (Ανακτήθηκε Σεπτέμβριο 2023)
- [2] Dawood, Afrah. (2020). Internet of Things (IoT) and its Applications: A Survey. International Journal of Computer Applications. 175. 975-8887. 10.5120/ijca2020919916.
- [3] M. L. Liya and M. Aswathy, "LoRa technology for Internet of Things(IoT):A brief Survey," *2020 Fourth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, Palladam, India, 2020, pp. 8-13, doi: 10.1109/I-SMAC49090.2020.9243449
- [4] Bruce S. Davie, Larry L. Peterson(2009) Δίκτυα υπολογιστών – Μια προσέγγιση από τη σκοπιά των συστημάτων ISBN: 978-960-461-266-6
- [5] Chaudhari, B.S.; Zennaro, M. (Eds.) LPWAN Technologies for IoT and M2M Applications; Elsevier: London, UK,2020; ISBN 978-0-12-818880-4.
- [6] [https://lora-alliance.org/lora\\_products/rak7244-lpwan-developer-gateway/](https://lora-alliance.org/lora_products/rak7244-lpwan-developer-gateway/) . (Σεπτέμβριος 2023)
- [7] Semtech. LoRa Modulation Basics. AN1200.22. Available online: <http://wiki.lahoud.fr/lib/exe/fetch.php?media=an1200.22.pdf> (accessed on 2 October 2019)
- [8] <https://www.sap.com/products/technology-platform/what-is-cloud-computing.html>  
(Σεπτέμβριος 2023)
- [9] A. Dersingh, "Design and development of a flood warning system via mobile and computer networks," *2016 International Conference on Electronics, Information, and Communications (ICEIC)*, Danang, Vietnam, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/ELINFOCOM.2016.7563023.
- [10] S. A. Ali, F. Ashfaq, E. Nisar, U. Azmat and J. Zeb, "A Prototype for Flood Warning and Management System using Mobile Networks," *2020 17th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST)*, Islamabad, Pakistan, 2020, pp. 326-331, doi: 10.1109/IBCAST47879.2020.9044531.
- [11] A. N. Yumang *et al.*, "Real-time flood water level monitoring system with SMS notification," *2017IEEE 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*, Manila, Philippines, 2017, pp. 1-3, doi: 10.1109/HNICEM.2017.8269468.
- [12] Jayashree S, Sarika S, Solai A L, Soma Prathibha, "A NOVEL APPROACH FOR EARLY FLOOD WARNING USING ANDROID AND IoT," Department of Information Technology Sri Sai Ram Engineering College, 2017. DOI 10.17148/IJIREEICE.2021.9418
- [13] Shivaray, SA., Shrinath PS., Sharath S., Balapradeep, & KN "Water Level Monitoring and Flood Alert System" . International Journal of Research (IJR) Vol-1, Issue-5, June 2014. ISSN 2346-6848.

- [14] Καλλέργης, Γ. (2001) Εφαρμοσμένη-Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, *Τόμος Γ, 2η Έκδοση, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 432 σελ.*
- [15] Νικολάου
- [16] [https://iot.wifx.net/wp-content/uploads/2021/09/LORIX-One-user-manual-EN-rev1\\_9.pdf](https://iot.wifx.net/wp-content/uploads/2021/09/LORIX-One-user-manual-EN-rev1_9.pdf)
- [17] <https://micropython.org/> (Σεπτέμβριος 2023)
- [18] [https://gertech.se/gertech/files/ESP32\\_Specification.pdf](https://gertech.se/gertech/files/ESP32_Specification.pdf) (Σεπτέμβριος 2023)
- [19] Patel, Sagarkumar & Talati, Prachi & Gandhi, Saniya. (2019). Design of I2C Protocol.
- [20] [https://www.openhacks.com/uploadsproductos/rain\\_sensor\\_module.pdf](https://www.openhacks.com/uploadsproductos/rain_sensor_module.pdf) (Σεπτέμβριος 2023)
- [21] <https://www.hellasdigital.gr/electronics/sensors/humidity-sensor/water-level-sensor-depth-of-detection-for-arduino/> (Σεπτέμβριος 2023)
- [22] <https://lastminuteengineers.com/arduino-sr04-ultrasonic-sensor-tutorial/> (Σεπτέμβριος 2023)
- [23] <https://www.hellasdigital.gr/electronics/sensors/ultrasonic/hc-sr04-ultrasonic-module-distance-measuring-transducer-sensor-for-arduino/> (Σεπτέμβριος 2023)
- [24] <https://www.thethingsindustries.com/docs/reference/ttn/> (Σεπτέμβριος 2023)
- [25] Mosavi, A.; Ozturk, P.; Chau, K.-w. Flood Prediction Using Machine Learning Models: Literature Review. *Water* 2018, *10*, 1536. <https://doi.org/10.3390/w10111536>
- [26] T. Khan *et al.*, "Flash Floods Prediction using Real Time data: An Implementation of ANN-PSO with less False Alarm," *2019 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*, Auckland, New Zealand, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/I2MTC.2019.8826825
- [27] N. A. Rohaimi, F. A. Ruslan and R. Adnan, "3 Hours ahead of time flood water level prediction using NNARX structure: Case study pahang," *2016 7th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Shah Alam, Malaysia, 2016, pp. 98-103, doi: 10.1109/ICSGRC.2016.7813309.
- [28] F. A. Ruslan, A. M. Samad and R. Adnan, "4 Hours NNARX flood prediction model using "traingd" and "trainoss" training function: A comparative study," *2018 IEEE 14th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)*, Penang, Malaysia, 2018, pp. 77-81, doi: 10.1109/CSPA.2018.8368689.
- [29] M. A. S. Anuar, R. Z. A. Rahman, S. B. Mohd, A. C. Soh and Z. D. Zulkafli, "Early prediction system using neural network in Kelantan River, Malaysia," *2017 IEEE 15th Student Conference on Research and Development (SCORED)*, Wilayah Persekutuan Putrajaya, Malaysia, 2017, pp. 104-109, doi: 10.1109/SCORED.2017.8305412
- [30] J. A. Anderson and J. Davis, *An introduction to neural networks* vol. 1: MIT Press, 1995
- [31] T. Kohonen, "An introduction to neural computing," *Neural Networks*, vol. 1, pp. 3-16, 1988
- [32] T. A. Khan, M. Alam, Z. Shahid, S. F. Ahmed and M. Mazliham, "Artificial Intelligence based Multi-modal sensing for flash flood investigation," *2018 IEEE 5th International*

*Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, Bangkok, Thailand, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICETAS.2018.8629147.

[33] <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/narxnet.html> (Σεπτέμβριος 2023)

[34] <https://www.mathworks.com/matlabcentral/discussions/thingspeak/793623-thingtweet-no-working/2519682> (Σεπτέμβριος 2023)

## Πηγές εικόνων

Εικόνα 1: <https://seecontrol.com/what-is-iot-the-internet-of-things-explained> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 2: <https://www.researchgate.net/profile/Abdullah-Almutawakel/publication/344912264/figure/fig3/AS:954928407277572@1604684082650/Components-of-IoT-System.png> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 3: <https://www.interviewbit.com/blog/wp-content/uploads/2022/06/Different-Layers-Of-IoT-768x652.png> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 4: [https://mblogthumb-phinf.pstatic.net/MjAxODExMDFfMjUg/MDAxNTQxMDQ4NDI3NzMx.a0W6MDZASaA\\_62koRp7Gj4fAYPxApygJRq43f3ot6\\_cg.xr7RCaD\\_-EjT8iLGDz0gleBqK07wiNtRzfO9-XFNAMg.JPEG.controlinstrument/%EA%B7%B8%EB%A6%BC1.JPG?type=w800](https://mblogthumb-phinf.pstatic.net/MjAxODExMDFfMjUg/MDAxNTQxMDQ4NDI3NzMx.a0W6MDZASaA_62koRp7Gj4fAYPxApygJRq43f3ot6_cg.xr7RCaD_-EjT8iLGDz0gleBqK07wiNtRzfO9-XFNAMg.JPEG.controlinstrument/%EA%B7%B8%EB%A6%BC1.JPG?type=w800)(Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 5: <https://www.iot-mesh.io/smartinfeld/#prettyPhoto/0/> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 6: <https://ecsxtal.com/wp-content/uploads/2022/07/lorawan-topography.jpg> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 7: Chaudhari, B.S.; Zennaro, M. (Eds.) LPWAN Technologies for IoT and M2M Applications; Elsevier: London, UK, 2020; ISBN 978-0-12-818880-4. (σελίδα 8)

Εικόνα 8: [https://lora-alliance.org/lora\\_products/rak7244-lpwan-developer-gateway/](https://lora-alliance.org/lora_products/rak7244-lpwan-developer-gateway/) (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 9: <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 10: <https://lowpowerlab.com/wp-content/uploads/2017/04/image18.png> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 11: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f1/EN\\_Bazinul\\_hidrografic\\_al\\_Raului\\_Latorita%2C\\_Romania.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f1/EN_Bazinul_hidrografic_al_Raului_Latorita%2C_Romania.jpg)

Εικόνα 12: Καλλέργης, Γ. (2001) Εφαρμοσμένη-Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Τόμος Γ, 2η Έκδοση, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 432 σελ

Εικόνα 13: Καλλέργης, Γ. (2001) Εφαρμοσμένη-Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Τόμος Γ, 2η Έκδοση, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 432 σελ

Εικόνα 14: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ch%27eqofo\\_River#/media/File:DT\\_drainage.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Ch%27eqofo_River#/media/File:DT_drainage.jpg) (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 15: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%B1#/media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:K%C3%B6ppen-vereinfacht.svg> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 16: <https://www.chelseaclock.com/blog/wp-content/uploads/2023/04/image017-500x651.jpg> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 17: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/33/Thermometer.JPG> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 18: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B3%CF%81%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CF>

[%84%CF%81%CE%BF#/media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Haar-Hygrometer.jpg](#) (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 19:

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CF%81%CE%BF%CF%87%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF#/media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Standard\\_rain\\_Guage.JPG](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CF%81%CE%BF%CF%87%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF#/media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Standard_rain_Guage.JPG) (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 20: [https://simple.wikipedia.org/wiki/Earth%27s\\_orbit#/media/File:Seasons1.svg](https://simple.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_orbit#/media/File:Seasons1.svg) (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 21: F. A. Ruslan, A. M. Samad and R. Adnan, "4 Hours NNARX flood prediction model using "traingd" and "trainoss" training function: A comparative study," *2018 IEEE 14th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)*, Penang, Malaysia, 2018, pp. 77-81, doi: 10.1109/CSPA.2018.8368689

Εικόνα 22: N. A. Rohaimi, F. A. Ruslan and R. Adnan, "3 Hours ahead of time flood water level prediction using NNARX structure: Case study pahang," *2016 7th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Shah Alam, Malaysia, 2016, pp. 98-103, doi: 10.1109/ICSGRC.2016.7813309.

Εικόνα 23: N. A. Rohaimi, F. A. Ruslan and R. Adnan, "3 Hours ahead of time flood water level prediction using NNARX structure: Case study pahang," *2016 7th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Shah Alam, Malaysia, 2016, pp. 98-103, doi: 10.1109/ICSGRC.2016.7813309.

Εικόνα 24: N. A. Rohaimi, F. A. Ruslan and R. Adnan, "3 Hours ahead of time flood water level prediction using NNARX structure: Case study pahang," *2016 7th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Shah Alam, Malaysia, 2016, pp. 98-103, doi: 10.1109/ICSGRC.2016.7813309.

Εικόνα 25: N. A. Rohaimi, F. A. Ruslan and R. Adnan, "3 Hours ahead of time flood water level prediction using NNARX structure: Case study pahang," *2016 7th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Shah Alam, Malaysia, 2016, pp. 98-103, doi: 10.1109/ICSGRC.2016.7813309.

Εικόνα 26: N. A. Rohaimi, F. A. Ruslan and R. Adnan, "3 Hours ahead of time flood water level prediction using NNARX structure: Case study pahang," *2016 7th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, Shah Alam, Malaysia, 2016, pp. 98-103, doi: 10.1109/ICSGRC.2016.7813309.

Εικόνα 27: F. A. Ruslan, A. M. Samad and R. Adnan, "4 Hours NNARX flood prediction model using "traingd" and "trainoss" training function: A comparative study," *2018 IEEE 14th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)*, Penang, Malaysia, 2018, pp. 77-81, doi: 10.1109/CSPA.2018.8368689

Εικόνα 28: F. A. Ruslan, A. M. Samad and R. Adnan, "4 Hours NNARX flood prediction model using "traingd" and "trainoss" training function: A comparative study," *2018 IEEE 14th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)*, Penang, Malaysia, 2018, pp. 77-81, doi: 10.1109/CSPA.2018.8368689

Εικόνα 29: F. A. Ruslan, A. M. Samad and R. Adnan, "4 Hours NNARX flood prediction model using "traingd" and "trainoss" training function: A comparative study," *2018 IEEE 14th*

*International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)*, Penang, Malaysia, 2018, pp. 77-81, doi: 10.1109/CSPA.2018.8368689

Εικόνα 30: F. A. Ruslan, A. M. Samad and R. Adnan, "4 Hours NNARX flood prediction model using "traingd" and "trainoss" training function: A comparative study," *2018 IEEE 14th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)*, Penang, Malaysia, 2018, pp. 77-81, doi: 10.1109/CSPA.2018.8368689

Εικόνα 31: M. A. S. Anuar, R. Z. A. Rahman, S. B. Mohd, A. C. Soh and Z. D. Zulkaflī, "Early prediction system using neural network in Kelantan River, Malaysia," *2017 IEEE 15th Student Conference on Research and Development (SCORED)*, Wilayah Persekutuan Putrajaya, Malaysia, 2017, pp. 104-109, doi: 10.1109/SCORED.2017.8305412.

Εικόνα 32: M. A. S. Anuar, R. Z. A. Rahman, S. B. Mohd, A. C. Soh and Z. D. Zulkaflī, "Early prediction system using neural network in Kelantan River, Malaysia," *2017 IEEE 15th Student Conference on Research and Development (SCORED)*, Wilayah Persekutuan Putrajaya, Malaysia, 2017, pp. 104-109, doi: 10.1109/SCORED.2017.8305412.

Εικόνα 33: M. A. S. Anuar, R. Z. A. Rahman, S. B. Mohd, A. C. Soh and Z. D. Zulkaflī, "Early prediction system using neural network in Kelantan River, Malaysia," *2017 IEEE 15th Student Conference on Research and Development (SCORED)*, Wilayah Persekutuan Putrajaya, Malaysia, 2017, pp. 104-109, doi: 10.1109/SCORED.2017.8305412.

Εικόνα 34: T. A. Khan, M. Alam, Z. Shahid, S. F. Ahmed and M. Mazliham, "Artificial Intelligence based Multi-modal sensing for flash flood investigation," *2018 IEEE 5th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, Bangkok, Thailand, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICETAS.2018.8629147.

Εικόνα 35: Εικόνα 49: Συνδυασμός εικόνων 47,46,45,35,36,  
<https://www.mathworks.com/products/thingspeak.html> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 36: [https://iot.wifx.net/wp-content/uploads/2021/09/LORIX-One-user-manual-EN-rev1\\_9.pdf](https://iot.wifx.net/wp-content/uploads/2021/09/LORIX-One-user-manual-EN-rev1_9.pdf) (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 37: <https://docs.pycom.io/datasheets/development/fipy/> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 38: [https://docs.pycom.io/gitbook/assets/specsheets/Pycom\\_002\\_Specsheets\\_FiPy\\_v2.pdf](https://docs.pycom.io/gitbook/assets/specsheets/Pycom_002_Specsheets_FiPy_v2.pdf) (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 39: [https://docs.pycom.io/gitbook/assets/specsheets/Pycom\\_002\\_Specsheets\\_FiPy\\_v2.pdf](https://docs.pycom.io/gitbook/assets/specsheets/Pycom_002_Specsheets_FiPy_v2.pdf) (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 40: <https://www.hellasdigital.gr/images/detailed/6/watersensor.jpg> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 41: <https://sandorobotics.com/wp-content/uploads/2017/09/font-b-Soil-b-font-Hygrometer-Humidity-Detection-Module-font-b-Moisture-b-font-Water.jpg> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 42: <https://components101.com/sites/default/files/inline-images/Soil-Moisture-Sensor-Module-Schematic.png> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 43: [https://sandorobotics.com/wp-content/uploads/2019/07/rain\\_detector.jpg](https://sandorobotics.com/wp-content/uploads/2019/07/rain_detector.jpg) (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 44: <https://www.hellasdigital.gr/images/detailed/5/hc-sr04-02.jpg> (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 45: Συνδυασμός εικόνων: 26 ,27, 28,29 και  
[https://pycom.github.io/pydocs/.gitbook/assets/lora\\_sigfox\\_pigtail\\_ant\\_fipy.png](https://pycom.github.io/pydocs/.gitbook/assets/lora_sigfox_pigtail_ant_fipy.png) (Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 46: <https://atlaslocator.com/wp-content/uploads/2022/06/thethings-624x312.png>(Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 47: [https://www.iotone.com/files/vendor/logo\\_Thingspeak.jpg](https://www.iotone.com/files/vendor/logo_Thingspeak.jpg)(Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 48: <https://about.twitter.com/en/who-we-are/brand-toolkit>(Σεπτέμβριος 2023)

Εικόνα 49: [https://twitter.com/LoRa\\_alarm](https://twitter.com/LoRa_alarm)(Σεπτέμβριος 2023)