



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Έξυπνες εφαρμογές γεωργίας ακριβείας στο πλαίσιο του
Διαδικτύου των Αντικειμένων**

Λαζάρου Αναστάσιος
A.M. 711-141290

Εισηγητής: ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΡΚΑΖΗΣ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Έξυπνες εφαρμογές γεωργίας ακριβείας στο πλαίσιο του Διαδικτύου των Αντικειμένων

**ΛΑΖΑΡΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ
Α.Μ. 711-141290**

Εισηγητής:

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΡΚΑΖΗΣ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Εξεταστική Επιτροπή:

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΜΑΥΡΟΜΜΑΤΗΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΜΥΡΙΔΑΚΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Ημερομηνία εξέτασης 27/03/2024

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **Λαζάρου Αναστάσιος** του Δημητρίου με Α.Μ. 711-141290 φοιτητής του τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι :

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας και ότι έχω αναφέρει ή παραπέμψει σε αυτή, ρητά και συγκεκριμένα, όλες τις πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, προτάσεων ή λέξεων, είτε αυτές μεταφέρονται επακριβώς (στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, όπως αυτό της χρήσης IoT τεχνολογιών στη καλλιέργεια. Την προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε ο επιβλέπων καθηγητής μου, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα «Έξυπνες εφαρμογές γεωργίας ακριβείας στο πλαίσιο του Διαδικτύου των Αντικειμένων» εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανικών πληροφορικής και Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και εμπίπτει στα γνωστικά αντικείμενα των μαθημάτων διαδίκτυο των αντικειμένων, δίκτυα κινητών επικοινωνιών, προηγμένες δικτυακές τεχνολογίες, τεχνολογία και προγραμματισμός κινητών συσκευών. Σκοπός της διπλωματικής είναι η καταγραφή και η κατανόηση των υπάρχοντων μεθόδων γεωργίας , τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν , πως επηρεάζονται από τις καιρικές και περιβαλλοντικές μεταβολές που φέρνει η κλιματική αλλαγή και πως μπορεί η τεχνολογία να βοηθήσει στην αντιμετώπισή τους. Επίσης η διπλωματική περιλαμβάνει τη σχεδίαση ενός έξυπνου συστήματος καταγραφής, ενημέρωσης και προειδοποίησης χρήστη (αγρότη) για τη κατάσταση της καλλιέργειάς του και στη συνέχεια με τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης τη πρόβλεψη για επικείμενα γεγονότα με σκοπό την αποφυγή κατανάλωσης περιττών πόρων (π.χ. πότισμα σε ήδη υγρό έδαφος κ.α.). Τέλος το έξυπνο σύστημα είναι το ελάχιστο βιώσιμο προϊόν, δηλαδή φέρει τα ελάχιστα δυνατά χαρακτηριστικά για να είναι λειτουργικό με σκοπό τη σταδιακή ανάπτυξή του. Οι βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη σχεδίαση και την ανάπτυξη του συστήματος είναι: Arduino, Sensors, C, Python3, ThingsBoard, Nitro, Docker, Vue3(Javascript), Vuetify3, HTML,CSS.

ABSTRACT

The present thesis on "Smart agricultural applications in the context of the IoT" was prepared in the framework of the study program of the Department of IT and Computer Engineering of the University of Western Attica and falls within the subject areas of the courses Internet of Things, Mobile Communication Networks, Advanced Networking technologies, mobile technology and programming. The purpose of the thesis is to record and understand the existing methods of agriculture, the problems they face, how they are affected by the weather and environmental changes brought about by climate change and how technology can help to deal with them. The thesis also includes the design of an intelligent system for recording, informing and warning the user (farmer) about the state of his crop and then using machine learning algorithms to predict upcoming events in order to avoid consumption of unnecessary resources (e.g. watering in already wet soil, etc.). Finally, the smart system is the minimum viable product, i.e. it has the minimum possible features to be functional for the purpose of its gradual development. The main technologies used for the design and development of the system are: Arduino, Sensors, C, Python3, ThingsBoard, Nitro, Docker, Vue3(Javascript), Vuetify3, HTML,CSS.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Δίκτυο των Αντικειμένων, δίκτυα κινητών επικοινωνιών, προηγμένες δικτυακές τεχνολογίες, τεχνολογία και προγραμματισμός κινητών συσκευών, τεχνητή νοημοσύνη

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: IoT, AI, Microcontroller, Web Services, Agriculture, Climate Change

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: Γεωργία	20
1.1 Ορισμός της γεωργίας	20
1.2 Ιστορική αναδρομή	20
1.2.1 Επιγραμματική ιστορική αναδρομή της γεωργίας	20
1.2.2 Πρόοδος της γεωργίας	21
1.3 Γεωργικές μέθοδοι	23
1.3.1 Συμβατική γεωργία	23
1.3.2 Αειφόρος γεωργία	24
1.3.2.1 Βιώσιμες πρακτικές γεωργίας	25
1.3.2.2 Η επιστήμη της αειφόρου γεωργίας	27
1.4 Πρόγνωση καιρού στη γεωργία	28
1.4.1 Τι είναι η πρόγνωση καιρού στη γεωργία	28
1.4.2 Μελλοντικές καιρικές συνθήκες ενός τοπίου σε μία δεδομένη στιγμή.....	29
1.4.3 Τύποι πρόγνωσης καιρού	29
1.4.4 Γιατί είναι σημαντικός ο ρόλος της πρόγνωσης καιρού στη γεωργία.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: Διαδίκτυο των Αντικειμένων	32
2.1 Ορισμός του IoT	32
2.2 Χαρακτηριστικά του IoT	32
2.3 Τα συστατικά του IoT.....	38
2.4 Λύσεις συνδεσιμότητας.....	39
2.4.1 Λύσεις δικτύων IoT μικρής εμβέλειας :	40
2.4.2 Λύσεις δικτύων IoT μεσαίας εμβέλειας :	40
2.4.3 Λύσεις δικτύων IoT μεγάλης εμβέλειας :	41
2.5 Χρήση τεχνολογιών IoT στη γεωργία	42
2.5.1 Χρήση ρομπότ στη γεωργία	42
2.5.2 Χρήση drone στη γεωργία	43
2.5.3 Τηλεπισκόπηση (remote sensing)	44
2.5.4 Χρήση απεικόνισης Η/Υ στη γεωργία (computer imaging).....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: Κλιματική αλλαγή	46
3.1 Τι είναι η κλιματική αλλαγή.....	46
3.2 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο κλίμα	46
3.3 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον	48
3.4 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία.....	50
3.5 IoT και κλιματική αλλαγή.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: Τεχνητή νοημοσύνη	52
4.1 Ορισμός της τεχνητής νοημοσύνης.....	52

4.2 Πως λειτουργεί η τεχνητή νοημοσύνη	52
4.3 Γιατί είναι σημαντική η τεχνητή νοημοσύνη	53
4.4 Τύποι τεχνητής νοημοσύνης	54
4.4.1 Οι τέσσερις τύποι της τεχνητής νοημοσύνης	54
4.5 Προκλήσεις της τεχνητής νοημοσύνης	55
4.6 Παραδείγματα χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης σήμερα.....	55
4.7 Πεδία εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης	57
4.8 Η ιστορία της τεχνητής νοημοσύνης.....	59
4.9 Ηθική χρήση της τεχνητής νοημοσύνης	62
4.10 Διακυβέρνηση και κανονισμοί της τεχνητής νοημοσύνης	63
4.11 Νόμος τεχνητής νοημοσύνης (AI Act)	64
4.12 Το μέλλον της τεχνητής νοημοσύνης	65
Κεφάλαιο 5ο: Σχεδιασμός και υλοποίηση έξυπνου συστήματος	67
5.1 Απαιτήσεις συστήματος	67
5.1.1 Λειτουργικές απαιτήσεις συστήματος	67
Μέσω της διαδικασίας σχεδιασμού του έξυπνου συστήματος προέκυψαν οι εξής λειτουργικές απαιτήσεις:.....	67
5.1.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις συστήματος	68
Μέσω της διαδικασίας σχεδιασμού του έξυπνου συστήματος προέκυψαν οι εξής μη λειτουργικές απαιτήσεις:.....	68
5.2 Σχεδίαση συστήματος.....	68
5.3 Ελεγκτής (Controller)	70
5.3.1 Λειτουργίες Ελεγκτή (Controller).....	71
5.3.2 Αρχιτεκτονική του υλικολογισμικού (firmware) του ελεγκτή.....	71
5.3.3 Υλοποίηση του υλικολογισμικού (firmware) του ελεγκτή.....	72
5.3.3.1 Αισθητήρες	72
5.3.3.2 Οθόνη LCD.....	73
5.3.3.3 Αντλία νερού.....	73
5.3.3.4 Επικοινωνία με τη πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard)	74
5.4 Πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard)	75
5.4.1 Λειτουργίες πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard)	75
5.4.2 Αρχιτεκτονική της πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard).....	76
5.4.3 Υλοποίηση λειτουργιών ThingsBoard.....	77
5.4.3.1 Δημιουργία συναγερμών (alerts).....	77
5.4.3.2 Δημιουργία χαρακτηριστικών συσκευής (device attribtues).....	79
5.4.3.3 Δημιουργία ταμπλό (Dashboard)	83
5.5 Ενδιάμεσος διακομιστής (Middleware Server)	83
5.5.1 Λειτουργίες του ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server).....	84
5.5.2 Αρχιτεκτονική ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server)	84
5.5.3 Υλοποίηση ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server)	84
5.5.3.1 Επικοινωνία με την πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard).....	85
5.5.3.2 Επικοινωνία με το διακομιστή πρόβλεψης (forecast server).....	88

5.5.3.3 Επικοινωνία με την εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend web app).....	89
5.6 Διακομιστής πρόβλεψης (forecast server).....	91
5.6.1 Λειτουργίες διακομιστή πρόβλεψης (forecast server)	91
5.6.2 Αρχιτεκτονική διακομιστή πρόβλεψης (forecast server).....	91
5.6.3 Υλοποίηση διακομιστή πρόβλεψης (forecast server).....	92
5.6.3.1 Επικοινωνία με τον ενδιάμεσο διακομιστή.....	92
5.6.3.2 Επικοινωνία με την υπηρεσία MLflow	93
5.6.3.3 Μοντέλο πρόβλεψης.....	93
5.7 Εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend web app).....	94
5.7.1 Λειτουργίες εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app).....	94
5.7.2 Αρχιτεκτονική εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app)	95
5.7.3 Υλοποίηση εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app)	96
5.7.3.1 Αυθεντικοποίηση, εξουσιοδότηση και δημιουργία χρήστη	96
5.7.3.2 Προβολή καιρικών συνθηκών	98
5.7.3.3 Προβολή πληροφοριών χρήστη	101
5.8 Docker.....	102
Κεφάλαιο 6ο: Μελλοντικές επεκτάσεις.....	104
6.1 Επεκτάσεις υλικού (hardware)	104
6.2 Επεκτάσεις ειδοποιήσεων χρήστη	104
6.3 Επεκτάσεις διακομιστή πρόβλεψης	105
6.4 Προσθήκη Redis cache	105
6.5 Επεκτάσεις εμπρόσθιας εφαρμογής (frontend)	106
Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα.....	107

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Πληθυσμιακή πυκνότητα σε γεωργικές περιοχές	22
Εικόνα 2 Σύγκριση κόστους ανά στρέμμα μεταξύ της συμβατικής και της αειφόρου γεωργίας	28
Εικόνα 3 Ρομπότ αφαίρεσης ζιζανίων και αγριόχορτων	43
Εικόνα 4 Πλοήγηση τρακτέρ με τη χρήση controller	43
Εικόνα 5 Ρομπότ περισυλλογής καρπών και φρούτων.....	43
Εικόνα 6 Συλλογή πληροφοριών μέσω drone	43
Εικόνα 7 Μετεωρολογικός σταθμός σε χωράφι	44
Εικόνα 8 Χρήση computer imaging σε αγρόκτημα.....	45
Εικόνα 9 Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας με τη πάροδο του χρόνου	47
Εικόνα 10 Μηνιαία ποσοστιαία αύξηση της ξηρασίας με τη πάροδο του χρόνου	48
Εικόνα 11 Ελεγκτής (controller) WeMos D1 R32	71
Εικόνα 12 Δημιουργία αλυσίδας κανόνων για τον έλεγχο της λαμβανόμενης θερμοκρασίας από τη συσκευή	78
Εικόνα 13 Έλεγχος λαμβανόμενης τιμής για υπέρβαση ορισμένου κατωφλίου (threshold)..	78
Εικόνα 14 Χρήση των επιμέρους αλυσίδων κανόνων (rule chains) στη ριζική αλυσίδα κανόνων (root rule chain).....	79
Εικόνα 15 Μενού δημιουργίας χαρακτηριστικών	82
Εικόνα 16 Χρήση του χαρακτηριστικού watering	82
Εικόνα 17 Χρήση του χαρακτηριστικού rump_state	83
Εικόνα 18 ThingsBoard dashboard	83
Εικόνα 19 Κώδικας δημιουργίας μοντέλου πρόβλεψης	93
Εικόνα 20 Κώδικας εκπαίδευσης μοντέλου πρόβλεψης	94
Εικόνα 21 Σελίδα εισαγωγής στοιχείων χρήστη (login page)	97
Εικόνα 22 Σελίδα εγγραφής χρήστη (registration page).....	97
Εικόνα 23 Σελίδα δημιουργίας κωδικού χρήστη (password creation page).....	98
Εικόνα 24 Σελίδα ταμπλό (dashboard) με ανοιχτό συναγερμό	99
Εικόνα 25 Σελίδα ταμπλό (dashboard), προβολή forecast details dialog.....	99
Εικόνα 26 Σελίδα ιστορικών δεδομένων (history)	100
Εικόνα 27 Σελίδα προβλεπόμενων δεδομένων (forecast)	101
Εικόνα 28 Σελίδα πληροφοριών χρήστη (profile).....	102

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 Αρχιτεκτονική έξυπνου συστήματος	70
Σχήμα 2 Αρχιτεκτονική υλικολογισμικού (firmware) ελεγκτή.	72
Σχήμα 3 Διάγραμμα επικοινωνίας ελεγκτή και πλατφόρμας	75
Σχήμα 4 Αρχιτεκτονική πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard).....	77
Σχήμα 5 Διάγραμμα χρήσης server-side χαρακτηριστικών	80
Σχήμα 6 Διάγραμμα χρήσης shared χαρακτηριστικών.....	81
Σχήμα 7 Διάγραμμα χρήσης client-side χαρακτηριστικών	81
Σχήμα 8 Αρχιτεκτονική ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server)	84
Σχήμα 9 Διάγραμμα επικοινωνίας ενδιάμεσου διακομιστή και ThingsBoard	87
Σχήμα 10 Διάγραμμα επικοινωνίας διακομιστή πρόβλεψης και ενδιάμεσου διακομιστή	89
Σχήμα 11 Διάγραμμα επικοινωνίας εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη και ενδιάμεσου διακομιστή.....	91
Σχήμα 12 Αρχιτεκτονική διακομιστή πρόβλεψης (forecast server).....	92
Σχήμα 13 Αρχιτεκτονική εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (web frontend app)	95

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Πίνακας 1 Ορισμός κατωφλίων (thresholds) για κάθε μέτρηση	79
Πίνακας 2 Χρήση πόρων του ThingsBoard REST API	86
Πίνακας 3 Χρήση εντολών (commands) του ThingsBoard WebSocket.....	87
Πίνακας 4 Χρήση πόρων του Forecast Server REST API	88
Πίνακας 5 Χρήση πόρων του Middleware Server REST API από τον Forecast Server	88
Πίνακας 6 Χρήση πόρων του Middleware Server REST API από το Frontend	90

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Συντομογραφίες

GPS

IoT

AI

UAS

RPA

NLP

CRM

SIEM

GAN

GDPR

MQTT

BLE

CoAP

JSON

XML

TCP/IP

RFID

3GPP

WAN

M2M

USB

LCD

LwM2M

HTTP

SNMP

API

UI

LSTM

Ορολογία

Global Positioning System

Internet of Things

Artificial Intelligence

Unmanned aircraft system

Robotic Process Automation

Natural Language Proccecing

Customer Relationship Management

Security information and event
management

Generative Adversarial Networks

General Data Protection Regultation

Message Queuing Telemetry

Transport

Bluetooth Low Energy

Constrained Application Protocol

Javascript Object Notation

Extensible Markup Language

Transmission Control

Protocol/Internet protocol

Radio-frequency identification

3rd Generation Partnership Project

Wide Area Network

Machine to machine

Universal Serial Bus

Liquid Crystal Display

Lightweight Machine to Machine

Hypertext Transfer Protocol

Simple Network Management
Protocol

Application Programming Interface

User Interface

Long short term memory

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σύγχρονη γεωργία αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα και προκλήσεις τα οποία επηρεάζουν τόσο τους γεωργούς όσο και τη κοινωνία συνολικά. Ορισμένα από αυτά τα προβλήματα της σύγχρονης γεωργίας είναι, η κλιματική αλλαγή η οποία έχει ως επίπτωση τις ακραίες και απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν προκαλέσουν απρόσμενες πλημμύρες και ξηρασίες όπου επηρεάζουν αρνητικά μία αγροτική παραγωγή, η εξάντληση του εδάφους όπου η υπερβολική χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και η έλλειψη πρακτικών διατήρησης του εδάφους μπορούν να οδηγήσουν στην υπερβολική χρήση γεωργικών εδαφών και στην αυξημένη ζήτηση για νερό όπου μπορεί να οδηγήσει στην υδάτινη εξάντληση και στη μείωση των υδάτινων πόρων. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, η σύγχρονη γεωργία χρειάζεται να εφαρμόσει βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης φυσικών πόρων και να επενδύσει σε καινοτόμες τεχνολογίες. Στο πλαίσιο αυτό, η διπλωματική εργασία αποσκοπεί στο σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός έξυπνου συστήματος καταγραφής, ενημέρωσης και προειδοποίησης χρήστη (αγρότη) για τη κατάσταση της καλλιέργειάς του και στη συνέχεια με τη χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης τη πρόβλεψη για επικείμενα γεγονότα με σκοπό την αποφυγή κατανάλωσης περιττών πόρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: Γεωργία

1.1 Ορισμός της γεωργίας

Η γεωργία αναφέρεται στην γεωργική δραστηριότητα που διεξάγεται στην ύπαιθρο και στον αγροτικό χώρο, περιλαμβάνει την καλλιέργεια φυτών, την κτηνοτροφία, τη δασοκομία και άλλες αντίστοιχες δραστηριότητες. Στόχος της γεωργίας είναι η παραγωγή τροφίμων, πρώτων υλών και άλλων προϊόντων που καλύπτουν τις ανάγκες του πληθυσμού και της βιομηχανίας. Επιπλέον, η γεωργία συχνά προσφέρει θέσεις εργασίας στον αγροτικό πληθυσμό και συμβάλλει στην διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος στις αγροτικές περιοχές. Η γεωργία ασκείται πλέον σε όλο τον κόσμο, αποτελεί ουσιαστικό μέρος του ανθρώπινου πολιτισμού και η ιστορία της χρονολογείται χιλιάδες χρόνια πίσω.

1.2 Ιστορική αναδρομή

1.2.1 Επιγραμματική ιστορική αναδρομή της γεωργίας

Εφεύρεση της γεωργίας (10.000 π.Χ.):

Η γεωργία επινοήθηκε κατά τη νεολιθική εποχή, γνωστή και ως Νέα Εποχή του Λίθου. Η γενέτειρα της γεωργίας πιστεύεται ότι είναι η εύφορη ημισέληνος, μια περιοχή που εκτείνεται από τις ακτές της ανατολικής Μεσογείου έως τον Περσικό κόλπο. Οι οκτώ νεολιθικές καλλιέργειες ήταν το μονόκοκκο σιτάρι, το δίκοκκο σιτάρι, ο αρακάς, οι φακές, ο πικρός βίκος, το αποφλοιωμένο κριθάρι, τα ρεβίθια και το λινάρι.

Δίκτυα άρδευσης και καναλιών (4000-3000 π.Χ.):

Τα συστήματα άρδευσης αναπτύχθηκαν στην Αίγυπτο και την Μεσοποταμία για να βοηθήσουν στη ρύθμιση της ροής των ποταμών και να διασφαλίσουν την διαθεσιμότητα νερού για τις καλλιέργειες. Ένα από τα πιο εντυπωσιακά συστήματα άρδευσης που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ήταν το κανάτ (qanat), ένα υπόγειο κανάλι που χρησιμοποιείται για την πρόσφυση σε υπόγεια ρέματα.

Βελτιώσεις σε γεωργικά εργαλεία (3000-1000 π.Χ.):

Κατά την Εποχή του χαλκού, οι προηγούμενες τεχνικές μεταλλουργίας οδήγησαν στην ανάπτυξη ισχυρότερων γεωργικών εργαλείων. Αυτό επέτρεψε την αποτελεσματικότερη άροση του εδάφους και την αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου εισήχθησαν επίσης το άροτρο και η αμειψισπορά.

Βρετανική Αγροτική Επανάσταση (1700-1800 μ.Χ.):

Η Βρετανική Αγροτική Επανάσταση ήταν μία περίοδος σημαντικής αγροτικής παραγωγικότητας στη Βρετανία. Εισήχθησαν νέες μέθοδοι αμειψισποράς και καλλιέργειας γης που δεν χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν και καλλιεργήθηκαν νέες καλλιέργειες όπως το γογγύλι.

Εξέλιξη του εξοπλισμού και της Τεχνολογίας (1800-1900 μ.Χ.):

Η εισαγωγή γεωργικού εξοπλισμού και μηχανημάτων, όπως τρακτέρ και μηχανικές θειριστικές μηχανές βοήθησαν στην αύξηση της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας στο αγρόκτημα. Πιο πρόσφατα, αναπτύχθηκαν τρακτέρ, drones και αισθητήρες με καθοδήγηση GPS

Αειφόρος γεωργία (1900-σήμερα):

Η αειφόρος γεωργία είναι μία μέθοδος γεωργίας που προωθεί φιλικές προς το περιβάλλον και κοινωνικά υπεύθυνες πρακτικές. Οι τεχνικές περιλαμβάνουν αμειψισπορά, καλλιέργειες και ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων, καθώς και προσπάθειες για μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων.

Γεωργική Βιοτεχνολογία (1900-σήμερα):

Η γεωργική βιοτεχνολογία περιλαμβάνει τη χρήση γενετικής μηχανικής για τη βελτίωση των αποδόσεων των καλλιεργειών και την ενίσχυση των χαρακτηριστικών των φυτών. Οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί έχουν αναπτυχθεί, αλλά υπάρχει συνεχής συζήτηση σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους για την υγεία και το περιβάλλον.

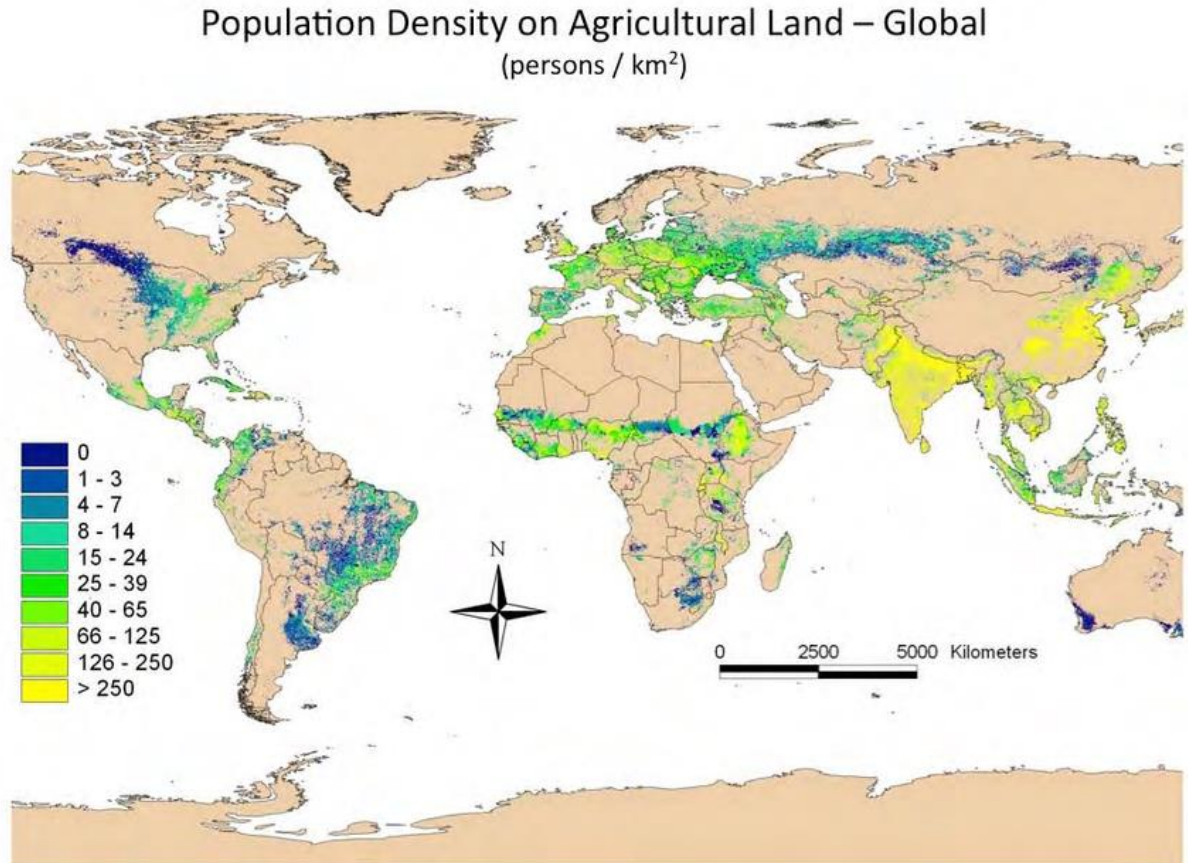
Το μέλλον της γεωργίας:

Το μέλλον της γεωργίας πιθανότατα θα περιλαμβάνει της συνεχής ανάπτυξη και χρήση αναδυόμενων τεχνολογιών και καινοτομιών, όπως η ρομποτική και η τεχνητή νοημοσύνη. Η γεωργία ακριβείας, η οποία χρησιμοποιεί δεδομένα και αναλύσεις για την βελτιστοποίηση των αποδόσεων των καλλιεργειών και την ελαχιστοποίηση των εισροών, θα γίνει επίσης πιο σημαντική. Η κάθετη γεωργία, η οποία περιλαμβάνει την καλλιέργεια σε στοιβαγμένα στρώματα και η αγροδοασοκομία, η οποία ενσωματώνει δέντρα και θάμνους σε αγροτικά τοπία, μπορεί επίσης να γίνει πιο διαδεδομένη.

1.2.2 Πρόοδος της γεωργίας

Η γεωργία έχει παίξει τεράστιο ρόλο στην πρόοδο της ανθρώπινης κοινωνίας. Η γεωργία έδωσε τη δυνατότητα στους ανθρώπους να χειριστούν τα οικοσυστήματα και να μεγιστοποιήσουν την αύξηση του πληθυσμού. Η επιστήμη έχει ενθαρρύνει τους ανθρώπους να ζουν και να αναπτύσσουν πλούσιους, μόνιμους οικισμούς σε όλο το κόσμο. Όταν οι άνθρωποι ανακάλυψαν για πρώτη φορά τις δυνατότητες

της φύτευσης σπόρων, είχαν ξαφνικά την ικανότητα να εξερευνήσουν τον κόσμο και να δημιουργήσουν υποδομές όπου τα εδάφη ήταν γόνιμα.



Εικόνα 1 Πληθυσμιακή πυκνότητα σε γεωργικές περιοχές

Λίγο μετά την έναρξη της γεωργίας οι άνθρωποι άρχισαν να επιλέγουν γονίδια που μεγιστοποιούν τις αποδόσεις των φυτών. Αυτή η ανακάλυψη συνέλαβε περαιτέρω στη μονιμότητα και το μέγεθος των οικισμών. Με τις καινοτομίες στη γεωργία οι πληθυσμοί αυξήθηκαν και η ανάπτυξη εξαπλώθηκε. Οι πρώτες τεχνικές καλλιέργειας εξαρτιόνταν από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες, αλλά οι περισσότεροι αγρότες συνέχιζαν να φυτεύουν στο ίδιο χωράφι χρόνο με το χρόνο έως ότου τα εδάφη εξαντλούνταν από θρεπτικά συστατικά. Αυτό ενθάρρυνε εφευρετικότητες όπως η αμειψισπορά και η ενδοκαλλιέργεια. Η ενδοκαλλιέργεια είναι μία τεχνική κατά την οποία μια ποικιλία καλλιεργειών αναπτύσσονται μαζί, δημιουργώντας ένα μικροκλίμα που ευνοεί την επιβίωση κάθε φυτού, μεγιστοποιεί τις πιθανές αποδόσεις και διατηρεί τη γονιμότητα του εδάφους. Για παράδειγμα, οι ιθαγενείς της Αμερικής ανέπτυξαν μία τεχνική ενδοκαλλιέργειας πριν από 5.000 χρόνια, που ονομάζεται οι τρεις αδερφές, όπου το καλαμπόκι, τα φασόλια και η κολοκύθα καλλιεργούνταν μαζί. Το καλαμπόκι καταναλώνει πολύ άζωτο, ενώ τα φασόλια παρέχουν άζωτο στο έδαφος και η κολοκύθα επωφελείται από ένα σκιερό, υγρό κλίμα. Η ενδοκαλλιέργεια είναι μία από τις πολλές πρώιμες

ανακαλύψεις στη γεωργία που εξακολουθούν να εφαρμόζονται σήμερα, η οποία προάγει τη βιοποικιλότητα, διατηρεί τη σύνθεση του εδάφους και ενισχύει την υγεία των φυτών. Τεχνικές όπως η άρδευση, η αμειψισπορά έχουν αυξήσει προοδευτικά την αποδοτικότητα στη γεωργία. Ωστόσο κατά τους τελευταίους αιώνες έχουν γίνει ριζικές αλλαγές στη γεωργία και πολλές χώρες έχουν κάνει μία στροφή προς τις συμβατικές μεθόδους. Παράγοντες όπως ο αυξανόμενος πληθυσμός, η οικονομική αστάθεια, η κλιματική αλλαγή και οι πιέσεις από τις εταιρίες να παράγουν περισσότερο συνέβαλαν σε αυτή τη μετατόπιση. Ωστόσο, η υιοθέτηση αυτών των συμβατικών μεθόδων έχουν υποβάλλει τους αγρότες στην απληστία της βιομηχανίας, καθώς οι καλλιέργειές τους εξαρτώνται από την υψηλή εισροή συνθετικών χημικών ουσιών και γενετικά τροποποιημένων οργανισμών.

1.3 Γεωργικές μέθοδοι

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα η γεωργία έχει επιτρέψει στους πληθυσμούς των ανθρώπων να κυριαρχούν στα τοπία του κόσμου για πολλές χιλιάδες χρόνια. Η επιστήμη της γεωργίας έχει τελειοποιηθεί με τη πάροδο του χρόνου για να εξυπηρετεί τον συνεχώς αυξανόμενο ανθρώπινο πληθυσμό. Μέχρι τους πρόσφατους αιώνες οι παραγωγικές καλλιέργειες ήταν κυρίως βιολογικές και υπήρχαν με κάποια μονιμότητα ως μέρος ενός τοπίου. Καθώς όμως οι κοινότητες μεγαλώνουν, όλο και λιγότερη γη είναι διαθέσιμη για παραγωγή τροφίμων και οι υπάρχουσες καλλιέργειες εξαντλούνται εύκολα. Η επισιτιστική ανασφάλεια που προκαλείται από την ταχεία αύξηση του πληθυσμού έχει πιέσει την επιστήμη να παρέμβει και να παράγει πολλές συνθετικές χημικές ουσίες και τεχνικές χειρισμού γονιδίων για τη μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων των φυτών. Επιπλέον, η αγροτική παραγωγή έχει αυξηθεί παγκοσμίως τον τελευταίο αιώνα. Σε συνδυασμό με αυτή την ανάπτυξη όμως είναι και η ρύπανση και η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος. Υπάρχουν πολλές γεωργικές τεχνικές σήμερα, αλλά σε μία προσπάθεια προσαρμογής στις εκθετικές τάσεις του πληθυσμού μας χωρίς να διακυβεύεται η ακεραιότητα του περιβάλλοντος, είναι απαραίτητο να υπάρξει μία παγκόσμια μετάβαση προς τη βιώσιμη γεωργία. Με τον σημερινό πληθυσμό πρέπει να απαντηθεί ένα σημαντικό ερώτημα: Ποιος είναι ο πιο βιώσιμος και οικονομικά αποδοτικός τρόπος διατροφής του παγκόσμιου πληθυσμού; Οι άνθρωποι τελειοποιούν τις γεωργικές μεθόδους εδώ και χιλιάδες χρόνια, κάτι που μπορεί να βοηθήσει στην απάντηση αυτής της ερώτησης.

1.3.1 Συμβατική γεωργία

Η συμβατική γεωργία είναι ένας ευρύς όρος που έχει διάφορους ορισμούς, αλλά μία καλλιέργεια μπορεί να ταξινομηθεί ως συμβατική εάν χρησιμοποιούνται συνθετικές χημικές ουσίες για τη διατήρηση των φυτών. Στη συμβατική γεωργία απαιτείται σημαντική ποσότητα χημικών και ενεργειακών εισροών για τη παραγωγή της υψηλότερης δυνατής απόδοσης των καλλιεργειών. Η συμβατική γεωργία

αναπτύχθηκε για να κάνει τη γεωργία πιο αποτελεσματική, αλλά επιτυγχάνει αυτήν την αποτελεσματικότητα με σημαντικό κόστος για το περιβάλλον. Ο στόχος της συμβατικής γεωργίας είναι η μεγιστοποίηση της πιθανής απόδοσης των καλλιεργειών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της εφαρμογής συνθετικών χημικών ουσιών, γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και μιας σειράς άλλων βιομηχανικών προϊόντων. Κατά τη διατήρηση ενός συμβατικού συστήματος, η βιοποικιλότητα, η γονιμότητα του εδάφους και η υγεία των οικοσυστημάτων τίθενται σε κίνδυνο. Η παραγωγή αυτών των καλλιεργειών δεν είναι επωφελής παρά μόνο για επισιτιστική ασφάλεια και οικονομία. Μόλις εγκατασταθεί, ένα συμβατικό αγρόκτημα απαιτεί συνεχή συντήρηση αλλά παράγει μέγιστες αποδόσεις. Η συντήρηση είναι εύκολη για τους αγρότες, καθώς η συμβατική γεωργία συνήθως περιλαμβάνει μονοκαλλιέργεια, αλλά είναι επίσης πολύ δαπανηρή. Σε ένα συμβατικό σύστημα, οι αγρότες θα διαθέτουν ολόκληρα χωράφια σε μία μόνο καλλιέργεια, γεγονός που δημιουργεί ομοιομορφία. Η ομοιομορφία μπορεί να καθορίσει τόσο την επιτυχία όσο και την αποτυχία των συμβατικών συστημάτων. Μία ομοιόμορφη καλλιέργεια είναι ιδανική επειδή μειώνει το κόστος εργασίας και διευκολύνει τη συγκομιδή, αλλά μπορεί επίσης να επηρεάσει την βιοποικιλότητα και να κάνει τις καλλιέργειες ευάλωτες σε παθογόνα. Οι χημικές ουσίες και οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί κάνουν τη συντήρηση των συμβατικών συστημάτων σχετικά απλή για τους αγρότες, αλλά απαιτούν συνεχή κατανάλωση ενέργειας και χρημάτων. Σε ένα συμβατικό σύστημα, οι αγρότες, μπορούν να εφαρμόζουν φυτοφάρμακα και ζιζανιοκτόνα στις καλλιέργειες με πολύ πιο αποτελεσματικό ρυθμό εάν αποτελούνται από έναν μόνο τύπο φυτού, αλλά αυτό έχει μία σειρά από ακούσιες συνέπειες. Δεδομένου ότι ο στόχος της συμβατικής γεωργίας είναι η μεγιστοποίηση των αποδόσεων, η περιβαλλοντική υγεία και η βιοποικιλότητα συνήθως δεν διατηρούνται.

1.3.2 Αειφόρος γεωργία

Για δεκαετίες ο άνθρωπος παρήγαγε το μεγαλύτερο μέρος της τροφής του μέσω της βιομηχανικής γεωργίας, ένα σύστημα που καλλιεργούν τις ίδιες καλλιέργειες χρόνο με το χρόνο, χρησιμοποιώντας τεράστιες ποσότητες χημικών φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων που βλάπτουν το έδαφος, το νερό, τον αέρα και το κλίμα. Αυτό το σύστημα δεν είναι φτιαγμένο για να έχει διάρκεια, γιατί σπαταλά και υποβαθμίζει τους πόρους από τους οποίους εξαρτάται. Ωστόσο ένας αυξημένος αριθμός καινοτόμων αγροτών και επιστημόνων ακολουθεί διαφορετικό δρόμο, προχωρώντας προς ένα σύστημα γεωργίας που είναι πιο βιώσιμο περιβαλλοντικά οικονομικά και κοινωνικά. Αυτό το σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί σε φάρμες όλων των μεγεθών που παράγουν ποικίλα τρόφιμα προσαρμοσμένα στις τοπικές συνθήκες και στις περιφερειακές αγορές. Χρησιμοποιεί πρακτικές αιχμής, βασισμένες στην επιστήμη, που μεγιστοποιούν την παραγωγικότητα και το κέρδος, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τη ζημιά στο περιβάλλον. Η βιωσιμότητα σημαίνει επίσης ότι ολόκληρο το σύστημα είναι πιο ανθεκτικό στις ξηρασίες, τις πλημμύρες και άλλες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που ήδη βλέπουν οι αγρότες.

Ένας αυξανόμενος όγκος επιστημονικών στοιχείων έχει δείξει ότι ένα πιο βιώσιμο μοντέλο μπορεί να είναι εξίσου παραγωγικό και κερδοφόρο με την πάροδο του χρόνου και μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του ανθρώπου μακροπρόθεσμα. Η αειφόρος γεωργία έχει πολλές πτυχές. Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα για παράδειγμα, σημαίνει καλή διαχείριση των φυσικών συστημάτων και των πόρων στους οποίους βασίζονται οι φάρμες. Αυτό περιλαμβάνει :

- Δημιουργία υγιούς εδάφους και πρόληψης της διάβρωσης
- Καλή διαχείριση του νερού
- Ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του αέρα και των υδάτων
- Αποθήκευση άνθρακα στα αγροκτήματα
- Αύξηση της ανθεκτικότητας σε ακραίες καιρικές συνθήκες
- Προώθηση της βιοποικιλότητας

Ένα οικονομικά και κοινωνικά βιώσιμο γεωργικό σύστημα είναι αυτό που επιτρέπει σε αγροκτήματα όλων των μεγεθών να είναι κερδοφόρα και να συμβάλλουν στις τοπικές τους οικονομίες. Ένα τέτοιο σύστημα υποστηρίζει την επόμενη γενιά αγροτών, αντιμετωπίζει δίκαια τους εργαζόμενους, προωθεί τη φυλετική ισότητα και δικαιοσύνη, δημιουργεί πρόσβαση σε υγιεινά τρόφιμα για όλους και δίνει προτεραιότητα στους ανθρώπους και τις κοινότητες έναντι των εταιρικών συμφερόντων. Υπάρχει ένα ολόκληρο πεδίο έρευνας αφιερωμένο στην επίτευξη αυτών των στόχων, η αγροοικολογία, η επιστήμη της διαχείρισης των αγροκτημάτων ως οικοσυστήματα. Δουλεύοντας με τη φύση και όχι ενάντια σε αυτή, τα αγροκτήματα μπορούν να αποφύγουν τις καταστροφικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις χωρίς να θυσιάσουν την παραγωγικότητά ή την κερδοφορία, δίνοντας προτεραιότητα στην επιστήμη που αντιμετωπίζει τη διασύνδεση περιβαλλοντικών οικονομικών και κοινωνικών παραγόντων, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα πραγματικά βιώσιμο σύστημα.

1.3.2.1 Βιώσιμες πρακτικές γεωργίας

Μέσα από δεκαετίες επιστήμης και πρακτικής, οι ακόλουθες γεωργικές πρακτικές έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές στην επίτευξη βιωσιμότητας

Εναλλασσόμενες καλλιέργειες :

Η φύτευση μίας ποικιλίας καλλιεργειών μπορεί να έχει πολλά οφέλη συμπεριλαμβανομένου του υγιέστερου εδάφους και του βελτιωμένου ελέγχου των παρασίτων. Οι πρακτικές ποικιλομορφίας των καλλιεργειών περιλαμβάνουν την αμειψισπορά (καλλιέργεια μείγματος καλλιεργειών στην ίδια περιοχή) και σύνθετες πολυετείς αμειψισπορές.

Φύτευση πολυετών φυτών :

Καλλιέργειες κάλυψης όπως τριφύλλι, σικάλη ή τριχωτός βίκος φυτεύονται σε περιόδους εκτός εποχής, διαφορετικά τα εδάφη θα μπορούσαν να μείνουν γυμνά, ενώ οι πολυετείς καλλιέργειες κρατούν το έδαφος καλυμμένο και διατηρούν ζωντανές τις ρίζες στο έδαφος όλο το χρόνο. Αυτές οι καλλιέργειες προστατεύουν και χτίζουν την υγεία του εδάφους αποτρέποντας τη διάβρωση, αναπληρώνοντας τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους και διατηρούν υπό έλεγχο τα ζιζάνια μειώνοντας την ανάγκη για λιπάσματα και ζιζανιοκτόνα.

Μείωση ή εξάλειψη του οργώματος :

Το παραδοσιακό όργωμα προετοιμάζει τα χωράφια για φύτευση και αποτρέπει προβλήματα με τα ζιζάνια αλλά μπορεί να προκαλέσει απώλεια εδάφους. Οι μέθοδοι χωρίς άροση, που περιλαμβάνουν την εισαγωγή σπόρων απευθείας σε μη διαταραγμένο έδαφος, μπορούν να μειώσουν τη διάβρωση και να βελτιώσουν την υγεία του εδάφους.

Εφαρμογή ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων :

Μία σειρά μεθόδων, συμπεριλαμβανομένων των μηχανικών και βιολογικών ελέγχων, μπορούν να εφαρμοστούν συστηματικά για να διατηρηθούν υπό έλεγχο οι πληθυσμοί των παρασίτων, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τη χρήση χημικών φυτοφαρμάκων.

Ενσωμάτωση ζωικού κεφαλαίου και καλλιεργειών :

Η βιομηχανική γεωργία τείνει να κρατά χωριστά τη φυτική και ζωική παραγωγή, με τα ζώα να ζουν μακριά από τις περιοχές όπου παράγονται οι ζωοτροφές τους και οι καλλιέργειες να αναπτύσσονται μακριά από άφθονα λιπάσματα κοπριάς. Ένας αυξανόμενος όγκος στοιχείων δείχνει ότι μια έξυπνη ενοποίηση τη φυτικής και ζωικής παραγωγής μπορεί να κάνει τις φάρμες πιο αποτελεσματικές και κερδοφόρες.

Υιοθέτηση αγροδασικών πρακτικών :

Αναμειγνύοντας δέντρα ή θάμνους στις δραστηριότητές τους, οι αγρότες μπορούν να παρέχουν σκιά και καταφύγιο που προστατεύουν τα φυτά, τα ζώα και τους υδάτινους πόρους, ενώ δυνητικά προσφέρουν επιπλέον εισόδημα από καλλιέργειες φρούτων ή ξηρών καρπών.

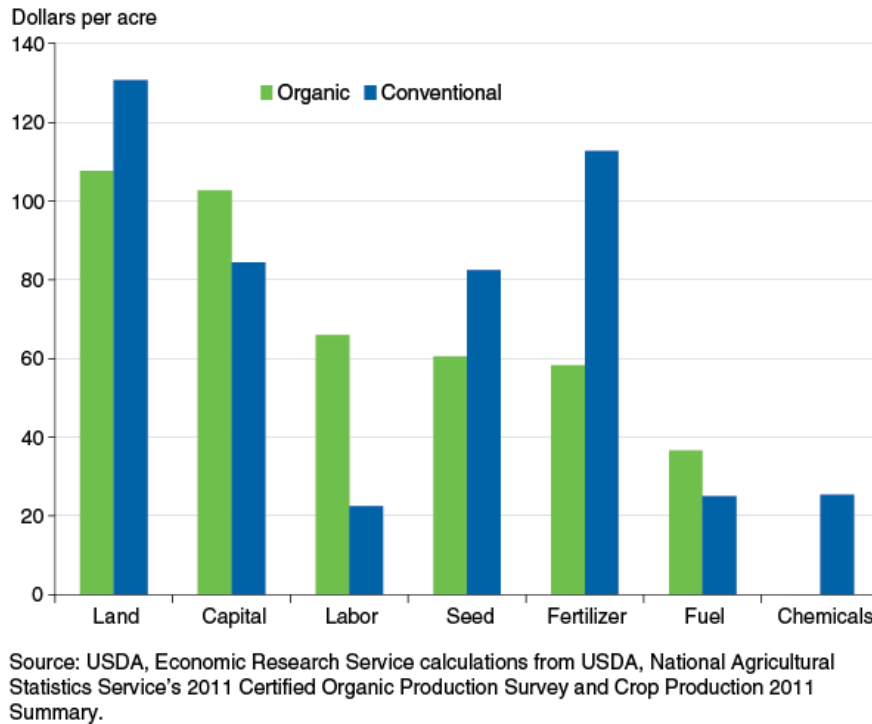
Διαχείριση ολόκληρων συστημάτων και τοπίων :

Οι αειφόρες καλλιέργειες αντιμετωπίζουν τις ακαλλιέργητες ή λιγότερο εντατικά καλλιεργούμενες εκτάσεις ως αναπόσπαστο κομμάτι του αγροκτήματος. Για παράδειγμα η φυσική βλάστηση δίπλα σε ρυάκια, τα φυτά μέσα ή γύρω από τα χωράφια, μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο της διάβρωσης, στη μείωση της απορροής θρεπτικών ουσιών και στη στήριξη των μελισσών και άλλων επικονιαστών και της βιοποικιλότητας γενικότερα.

Αυτό που πολλές από αυτές τις πρακτικές έχουν κοινό είναι η εστίαση τους στο έδαφος. Η διατήρηση των εδαφών των αγροκτημάτων προστατευμένα και τα γεμάτα με ζωντανούς οργανισμούς, μπορεί να λύσει πολλά από τα προβλήματα που σχετίζονται με τη βιομηχανική γεωργία. Το υγιές, ζωντανό έδαφος προωθεί υγιείς καλλιέργειες, συγκρατεί το νερό, αποτρέπει τη ρύπανση και βοηθά να διασφαλιστεί ότι οι αγρότες και οι κοινότητές τους μπορούν να ευδοκιμήσουν. Άλλο ένα βασικό θέμα που συνδέει πολλές από αυτές τις πρακτικές είναι η διαφοροποίηση. Όσον αφορά τη γεωργία, τα πιο βιώσιμα και παραγωγικά συστήματα είναι πιο διαφορετικά και πολύπλοκα όπως η ίδια η φύση.

1.3.2.2 Η επιστήμη της αειφόρου γεωργίας

Το μεγαλύτερο μέρος της επιστήμης της αειφόρου γεωργίας προέρχεται από τα ερευνητικά κέντρα στις αγροτικές πολιτείες, δείχνει πως οι αγροοικολογικές πρακτικές μπορούν να υποστηρίξουν παραγωγικές και κερδοφόρες εκμεταλλεύσεις. Για παράδειγμα μία συνεχιζόμενη μελέτη στο ερευνητικό κέντρο Marsden Farm του Πανεπιστημίου της Αϊόβα έδειξε ότι τα πολύπλοκα συστήματα αμεισποράς μπορούν να ξεπεράσουν τις συμβατικές πρακτικές μιας καλλιέργειας τόσο σε απόδοση όσο και σε κερδοφορία. Η έρευνα για την εκτροφή καλλιεργειών είναι επίσης ζωτικής σημασίας για την επιτυχία ενός βιώσιμου αγροοικολογικού συστήματος, παρέχοντας στους αγρότες πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα ποικιλιών καλλιεργειών που μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν στις ειδικές συνθήκες και πρακτικές του αγροκτήματος. Τα ερευνητικά προγράμματα αναπαραγωγής έχουν μειωθεί τα τελευταία χρόνια, αφήνοντας τους αγρότες να εξαρτώνται όλο και περισσότερο από ένα περιορισμένο σύνολο ποικιλιών προσαρμοσμένων στις ανάγκες των βιομηχανικών εκμεταλλεύσεων. Για να βοηθήσουμε τους αγρότες να υιοθετήσουν βιώσιμες πρακτικές, είναι ζωτικής σημασίας να συνεχίσουμε να υποστηρίζουμε την αγροοικολογική έρευνα, μαζί με τη προβολή και την εκπαίδευση που μπορούν να βοηθήσουν τους αγρότες να κάνουν αποτελεσματική χρήση της επιστήμης.



Εικόνα 2 Σύγκριση κόστους ανά στρέμμα μεταξύ της συμβατικής και της αειφόρου γεωργίας

1.4 Πρόγνωση καιρού στη γεωργία

Η σημασία της πρόγνωσης καιρού πρέπει να ληφθεί υπόψη καθώς ο κόσμος συνεχίζει να αντιμετωπίζει την υπερθέρμανση του πλανήτη, την κλιματική αλλαγή και τις καταστροφικές επιπτώσεις της στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων. Μία δημοσίευση από το Παγκόσμιο Ινστιτούτο Πόρων αποκαλύπτει ότι η παγκόσμια γεωργική παραγωγικότητα μπορεί να μειωθεί κατά 17% έως το 2050, καθώς αρκετές εύφορες γεωργικές εκτάσεις έχουν καταστραφεί λόγω πυρκαγιών, τυφώνων, ανεμοστρόβιλων και συνεχών πλημμυρών, καταστρέφοντας το έδαφος και τις θρεπτικές ιδιότητές του που θα μπορούσαν να συμβάλουν στην αειφόρο γεωργία. Ως αποτέλεσμα, η σύγχρονη γεωργία μέσω της ταχείας τεχνολογικής προόδου, δημιουργεί χώρο για την ενδυνάμωση των σύγχρονων αγροτών με τις απαραίτητες δεξιότητες και τη τεχνική τεχνογνωσία που θα τους καθιστούσε ικανούς να ελέγξουν το μέλλον των αγροκτημάτων τους, χρησιμοποιώντας τη πρόγνωση καιρού στη γεωργία.

1.4.1 Τι είναι η πρόγνωση καιρού στη γεωργία

Η πρόβλεψη καιρού στη γεωργία αναφέρεται στην πρόβλεψη της ατμοσφαιρικής κατάστασης ενός τόπου σε μία δεδομένη στιγμή για να εξακριβωθεί η καταλληλότητα ή η ακαταλληλότητα του για γεωργικές δραστηριότητες. Αυτή η σύγχρονη γεωργική πρακτική πηγάζει από τη σχέση μεταξύ

σταθερών ατμοσφαιρικών συνθηκών όπως οι βροχοπτώσεις, η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία, η υγρασία και ο αέρας. Ένας αγρότης που έχει την ικανότητα να προβλέπει τον καιρό διευκολύνεται στο να λαμβάνει τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με τις πρακτικές της φάρμας. Για παράδειγμα η πρόβλεψη καιρού δίνει την δυνατότητα να προγραμματιστούν σωστά οι λειτουργίες της φάρμας όπως η φύτευση, η άρδευση, η εφαρμογή λιπάσματος, το κλάδεμα ή η συγκομιδή, καθώς όλη η γεωργία στο σύνολο της εξαρτάται από τις εποχές και τις καιρικές συνθήκες. Ένα από τα πλεονεκτήματα της πρόβλεψης καιρού είναι η προληπτική ποιότητά της, δίνοντας στους αγρότες τη δυνατότητα να γνωρίζουν τις κλιματικές αλλαγές μιας περιοχής πριν αυτές συμβούν. Παλαιότερα, οι αγρότες βασίζονταν στη διαίσθησή τους, την προηγούμενη εμπειρία και τη δύναμη παρατήρησης και αντίληψης για να προβλέψουν τον καιρό, ως αποτέλεσμα να έχουν σημαντικές απώλειες λόγω κακής κρίσης. Η ανακρίβεια αυτών των μεθόδων έχει επιδεινωθεί περαιτέρω από τις συχνές και απρόβλεπτες πλέον αλλαγές του καιρού λόγω της κλιματικής αλλαγής.

1.4.2 Μελλοντικές καιρικές συνθήκες ενός τοπίου σε μία δεδομένη στιγμή

Το κύριο όφελος από την πρόβλεψη της καιρικής κατάστασης ενός τοπίου σε μία δεδομένη στιγμή είναι οι σωστές αποφάσεις για τη γεωργία. Οι προγενέστερες γνώσεις για τον καιρό βοηθούν στη λήψη επιλογών που ελαχιστοποιούν το κόστος και μεγιστοποιούν τις γεωργικές αποδόσεις και τα κέρδη. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί ο αγρότης να μειώσει την αδυναμία του σε ακραίες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ομοίως η κατανόηση της σημασίας της πρόγνωσης του καιρού είναι απαραίτητη για την προώθηση της γεωργικής παραγωγής επηρεάζοντας την ανάπτυξη και την απόδοση των καλλιεργειών, συμπεριλαμβανομένης της εμφάνισης παρασίτων και ασθενειών, του συντονισμού της πρόσληψης νερού και θρεπτικών ουσιών ή λιπασμάτων κ.α.

1.4.3 Τύποι πρόγνωσης καιρού

Η γνώση διαφόρων τύπων πρόγνωσης καιρού θα επιτρέψει στους αγρότες να αξιοποιήσουν απρόσκοπτα τα εργαλεία που έχουν στη διάθεση τους για την ανάλυση των γεωργικών καιρικών παραμέτρων σχετικά με την εκτίμηση της ατμοσφαιρικής βροχόπτωσης, της θερμοκρασίας και των ιστορικών δεδομένων για να προγραμματίσουν σωστά τις λειτουργίες του αγροκτήματος, είτε πρόκειται για φύτευση, συγκομιδή ή εφαρμογή φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων. Για παράδειγμα η EODSA (EOS data analytics) συνεργάζεται με το aWhere για να παρέχει γεωργικές καιρικές αναλύσεις και προγνώσεις υψηλής ακρίβειας με τα ακόλουθα μέσα :

- Παγκόσμια ανάπτυξη πολλαπλών αισθητήρων και σταθμών
- Τοπικές αναλύσεις τοπογραφίας
- Μικρότερη, πιο εστιασμένη απόσταση λειτουργίας

- Εξελιγμένος αλγόριθμος επεξεργασίας δεδομένων

Η βάση για την ταξινόμηση των μετεωρολογικών προβλέψεων για κάθε δεδομένη περιοχή εξαρτάται κυρίως από την κλιματική διάρκεια.

Άμεση πρόβλεψη καιρού (now casting) :

Η άμεση πρόβλεψη περιγράφει τις τρέχουσες μεταβλητές του καιρού έως εντός τριών ωρών. Δίνει ένα πλήρες σύνολο σύνθετων μεταβλητών όπως η σχετική υγρασία, η θερμοκρασία, η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου, η ηλιακή ακτινοβολία, ο τύπος και η ποσότητα της βροχόπτωσης από τα σύννεφα. Η σημασία της πρόβλεψης καιρού με την άμεση πρόβλεψη είναι η στιγμιαία παρέκταση των ατμοσφαιρικών μεταβλητών σε πραγματικό χρόνο.

Πρόγνωση καιρού μικρής εμβέλειας (short-range forecast) :

Η πρόγνωση καιρού μικρής εμβέλειας έχει ισχύ μία έως δύο ημέρες, πέραν των 12 ωρών, διάρκεια έως και 72 ώρες. Εισάγει ένα σχετικά πλήρες σύνολο μεταβλητών, όπως η άμεση πρόβλεψη.

Πρόγνωση καιρού μεσαίας εμβέλειας (medium-range forecast) :

Η πρόγνωση καιρού μεσαίας εμβέλειας διαρκεί τρεις έως τέσσερις ημέρες και έως και δύο βδομάδες. Συνήθως δημιουργούνται για μικρές στρατηγικές αποφάσεις ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του αγροκτήματος. Όταν γίνεται με λάθος τρόπο, οδηγεί σε σοβαρά αρνητικά αποτελέσματα για τους αγρότες.

Πρόγνωση καιρού μεγάλης εμβέλειας (long-range forecast) :

Αυτή η πρόγνωση καιρού ονομάζεται έτσι για την εκτεταμένη περίοδο ισχύος της από δέκα ημέρες έως τέσσερις εβδομάδες. Η πρόβλεψη συνήθως περιορίζεται μόνο σε βασικές μεταβλητές όπως η θερμοκρασία και η βροχόπτωση. Επιπλέον, η πρόγνωση καιρού μεγάλης εμβέλειας χρησιμοποιείται για εποχιακό σχεδιασμό, για την ποικιλία τύπου καλλιέργειας, την ανακατανομή των εισροών στο αγρόκτημα, τη ρύθμιση της συγκομιδής κ.α..

1.4.4 Γιατί είναι σημαντικός ο ρόλος της πρόγνωσης καιρού στη γεωργία

Η σημασία της πρόβλεψης καιρού στη γεωργία δεν είναι αποκλειστική για την ενίσχυση της φυτικής παραγωγής και τη δημιουργία εισοδήματος και ενώ η πρόγνωση του καιρού έχει μια ποικιλία εφαρμογών για τους αγρότες, μερικά από τα λιγότερο προφανή οφέλη είναι τα εξής :

Πρόβλεψη καιρού και η σχέση του με το χρονισμό λιπάσματος :

Τα λιπάσματα παράγονται από συνδυασμό χημικών στοιχείων, μερικά φιλικά προς το νερό και κάποια άλλα ανταγωνιστικά. Ως αποτέλεσμα, με την πρόγνωση του καιρού, οι αγρότες μπορούν να γνωρίζουν την καλύτερη ώρα για να εφαρμόσουν το λίπασμα στις φάρμες τους. Το έδαφος δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ στεγνό για να αποτρέψει τη διείσδυση ούτε πολύ υγρό στο βαθμό της απορροής, για το μέγιστο αποτέλεσμα τους λιπάσματος.

Πρόβλεψη εντόμων :

Τα παράσιτα αποτελούν σημαντική απειλή για τις ακμάζουσες γεωργικές εκτάσεις, επιτίθενται στην ανάπτυξη των φυτών και επηρεάζουν αρνητικά τη συνολική απόδοση. Ωστόσο, σε τι χρησιμεύουν τα μέτρα καταπολέμησης των παρασίτων όταν ο καιρός δε φαίνεται συνεργάσιμος, είτε λόγω υπερβολικής βροχοπτώσης για να τα ξεπλύνει είτε λόγω ισχυρών ανέμων, για να αποφευχθεί η σωστή καθίζηση. Επίσης, κάποιοι άνεμοι θα μπορούσαν να φέρουν παράσιτα στο αγρόκτημα από γειτονικές τοποθεσίες. Ως αποτέλεσμα, οι κατάλληλες καιρικές προβλέψεις θα καθοδηγήσουν τους αγρότες στην πρόβλεψη του πότε μπορεί να έρθουν παράσιτα και στη καλύτερη στιγμή να εφαρμόσουν μέτρα για τον έλεγχο των παρασίτων με σκοπό τα βέλτιστα αποτελέσματα.

Ανανεώσιμη ενέργεια στην πρόβλεψη καιρού :

Οι μικροκαλλιεργητές έχουν τόσα πολλά να κερδίσουν αξιοποιώντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η οικονομική αποδοτικότητα της και οι ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, οι αγρότες χρειάζονται ακρίβεια μέσω της ακριβούς πρόγνωσης του καιρού για να αξιοποιήσουν και να χρησιμοποιήσουν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο αγρόκτημά τους, είτε αιολική, είτε ηλιακή.

Εργασία στο αγρόκτημα :

Τα ξηρά, τραχιά εδάφη τις ζεστές μέρες είναι δύσκολο να οργωθούν, ενώ στα εδάφη με επαρκή υγρασία είναι ευκολότερα στο όργωμα. Αυτό εξηγεί ότι η εργασία στο αγρόκτημα μέσω της πρόβλεψης καιρού θα καθοδηγήσει τους αγρότες για το πότε να είναι πιο εύκολο να εργαστούν στο αγρόκτημα και να προγραμματίσουν τις εργασίες τους.

Βελτίωση μεθόδου άρδευσης με τη βοήθεια της πρόβλεψης καιρού :

Η τεχνητή εφαρμογή νερού σε γεωργικές εκτάσεις για αυξημένη αγροτική παραγωγή είναι η άρδευση. Ωστόσο, λόγω της αρνητικής επίδρασης της κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης του πλανήτη, χωρίς τον κατάλληλο χρόνο, θα μπορούσε να χαθεί όλη η τεχνητή υγρασία μέσω της εξατμισοδιαπνοής που προκαλείται από ακραίες θερμοκρασίες και την ηλιακή ακτινοβολία ή τις παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας. Αυτό σημαίνει ότι η επαρκής πρόβλεψη του καιρού μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή τέτοιων καταστάσεων, όπως φαίνεται στις κλιματικά έξυπνες γεωργικές προσεγγίσεις με τη διαχείριση πληροφοριών καιρού για ακρίβεια και έλεγχο στη φυτική παραγωγή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: Διαδίκτυο των Αντικειμένων

Ο όρος Internet of Things (IoT) έχει εμφανιστεί τα τελευταία χρόνια ως ένας από τους πιο δημοφιλείς τεχνολογικούς όρους. Στον σημερινό τεχνολογικό κόσμο το IoT κατέχει εξέχουσα θέση στις τεχνολογικές συζητήσεις λόγω της ταχείας ανάπτυξης του.

2.1 Ορισμός του IoT

Το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet of Things) αποτελεί το δίκτυο επικοινωνίας πληθώρας συσκευών, οικιακών συσκευών, αυτοκινήτων καθώς και κάθε αντικειμένου που ενσωματώνει ηλεκτρονικά μέσα, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα σε δίκτυο ώστε να επιτρέπεται η σύνδεση και η ανταλλαγή δεδομένων. Απλούστερα, η φιλοσοφία του IoT είναι η σύνδεση όλων των ηλεκτρονικών συσκευών μεταξύ τους (τοπικό δίκτυο) ή με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο. Η έννοια "Things" (πράγματα) δεν είναι αυστηρά συνδεδεμένη με ορισμένα προϊόντα. Αναφέρεται σε μία ευρεία ποικιλία συσκευών εντελώς διαφορετικά μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα αυτοκίνητα με ενσωματωμένους αισθητήρες, κάμερες, κλιματιστικά, φώτα, συστήματα ασφαλείας, smartwatches ακόμα και αυτοκίνητα των οποίων οι περίπλοκοι αισθητήρες εντοπίζουν αντικείμενα στην πορεία τους, είναι μερικά από τα πολλά προϊόντα τεχνολογίας. Βασικό χαρακτηριστικό όλων είναι η σύνδεση μεταξύ τους με απώτερο σκοπό τη δυνατότητα του χρήστη να τα ελέγχει από έναν υπολογιστή ή κινητό. Ο όρος Internet of Things αποδόθηκε τη δεκαετία του 1990 από τον Kevin Ashton.

2.2 Χαρακτηριστικά του IoT

Το IoT μεταμορφώνει διάφορους κλάδους, από την υγειονομική περίθαλψη και τη βιομηχανία έως τις μεταφορές και την ενέργεια. Οι συσκευές IoT παράγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων τα οποία μπορούν να αναλυθούν για τη βελτίωση των λειτουργιών, την προώθηση της καινοτομίας και τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών ευκαιριών. Τα συστήματα IoT συνήθως αποτελούνται από πολλά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων συσκευών IoT, δικτύων επικοινωνίας, gateways και συστημάτων επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων που βασίζονται στο cloud. Οι συσκευές IoT συνήθως χρησιμοποιούν αισθητήρες και άλλες τεχνολογίες για τη συλλογή δεδομένων και στη συνέχεια στέλνουν αυτά τα δεδομένα στο cloud για ανάλυση και αποθήκευση. Το cloud παρέχει επίσης μια κεντρική πλατφόρμα για τη διαχείριση και τον έλεγχο των συσκευών και των δικτύων IoT. Η ανάπτυξη του IoT περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένων των πρωτοκόλλων ασύρματης επικοινωνίας, του cloud computing, του big data analysis, του machine learning και των

τεχνολογιών ασφαλείας. Συνολικά το IoT είναι ένας ταχέως αναπτυσσόμενος και εξελισσόμενος τομέας που έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών και να μεταμορφώσει τον τρόπο που ζούμε και εργαζόμαστε. Καθώς οι συσκευές και τα συστήματα IoT γίνονται όλο και πιο διαδεδομένα, οι ευκαιρίες για καινοτομία και ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα θα συνεχίσουν να επεκτείνονται. Σύμφωνα με τον ορισμό του IoT, είναι ο τρόπος διασύνδεσης με τη βοήθεια δικτυακών συσκευών που μπορούν να ενσωματωθούν για την υλοποίηση της λειτουργικότητας σε καθημερινά αντικείμενα επιτρέποντας τους να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα. Το IoT μπορεί επίσης να οριστεί ως η ανάλυση των δεδομένων που δημιουργεί μια σημαντική ενέργεια, η οποία ενεργοποιείται στη συνέχεια μετά από την ανταλλαγή δεδομένων. Το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία εφαρμογών για τη γεωργία τη παρακολούθηση περιουσιακών στοιχείων, τον ενεργειακό τομέα, τον τομέα ασφάλειας, την άμυνα, τις ενσωματωμένες εφαρμογές, την εκπαίδευση, τη διαχείριση απορριμμάτων, τη τηλεϊατρική, τις εφαρμογές έξυπνων πόλεων κ.α..

Το IoT χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

Συνδεσιμότητα (connectivity) :

Η συνδεσιμότητα είναι μια σημαντική απαίτηση της υποδομής του IoT. Τα συσκευές του IoT θα πρέπει να συνδέονται με την υποδομή του IoT. Οποιοσδήποτε, οπουδήποτε, οποτεδήποτε να πρέπει να μπορεί να συνδεθεί, αυτό θα πρέπει να είναι εγγυημένο ανά πάσα στιγμή. Για παράδειγμα, η σύνδεση μεταξύ ατόμων μέσω διαδικτυακών συσκευών όπως τα smartphones και άλλα gadget, η σύνδεση μεταξύ των συσκευών όπως δρομολογητές, gateways και αισθητήρες.

Νοημοσύνη και Ταυτότητα (intelligence and identity) :

Η εξαγωγή γνώσης από τα δεδομένα που παράγονται είναι πολύ σημαντική. Για παράδειγμα ένας αισθητήρας δημιουργεί δεδομένα, αλλά αυτά τα δεδομένα θα είναι χρήσιμα μόνο εάν ερμηνεύονται σωστά. Κάθε συσκευή IoT έχει μια μοναδική ταυτότητα. Αυτή η αναγνώριση είναι χρήσιμη για την παρακολούθηση του εξοπλισμού και κατά καιρούς για την αναζήτηση της κατάστασής του.

Επεκτασιμότητα (scalability) :

Ο αριθμός των στοιχείων που συνδέονται με το πεδίο του IoT αυξάνεται μέρα με τη μέρα. Ως εκ τούτου μία εγκατάσταση IoT θα πρέπει να είναι ικανή να χειριστεί τη μαζική επέκταση. Τα δεδομένα που παράγονται ως αποτέλεσμα είναι τεράστια και θα πρέπει να αντιμετωπίζονται κατάλληλα.

Αυτοπροσαρμογή (self-adapting) :

Οι συσκευές IoT θα πρέπει να προσαρμόζονται δυναμικά σε μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα και σενάρια. Για παράδειγμα μία κάμερα που προορίζεται για παρακολούθηση θα πρέπει να είναι σε θέση

να προσαρμόζει τη λειτουργία της σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού (πρωί, βράδυ) ή ένας αισθητήρας αυτόματης οδήγησης θα πρέπει να προσαρμόζεται στις συνθήκες του δρόμου και τη πορεία του οχήματος.

Αρχιτεκτονική (architecture) :

Η αρχιτεκτονική του IoT δεν μπορεί να είναι ομοιογενής. Θα πρέπει να είναι υβριδική, να υποστηρίζει προϊόντα διαφορετικών κατασκευαστών για να λειτουργούν στο δίκτυο του IoT. Το IoT δεν ανήκει σε κανένα κλάδο μηχανικής, είναι το αποτέλεσμα πολλών κλάδων μαζί.

Ασφάλεια (safety) :

Στο IoT υπάρχει κίνδυνος να παραβιαστούν τα ευαίσθητα προσωπικά στοιχεία των χρηστών όταν όλες οι συσκευές του είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο. Αυτό μπορεί να προκαλέσει απώλεια στον χρήστη, αυτό καθιστά την ασφάλεια των δεδομένων την κύρια πρόκληση του IoT.

Αυτοδιαμόρφωση (self configuring) :

Οι IoT συσκευές μπορούν να αναβαθμίσουν το λογισμικό τους σύμφωνα με τις απαιτήσεις με ελάχιστη συμμετοχή χρηστών. Επιπλέον, μπορούν να ρυθμίσουν το δίκτυο επιτρέποντας την προσθήκη νέων συσκευών σε ένα ήδη υπάρχον δίκτυο.

Διαλειτουργικότητα (interoperability) :

Οι συσκευές IoT χρησιμοποιούν τυποποιημένα πρωτόκολλα και τεχνολογίες για να διασφαλίσουν ότι μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και με άλλα συστήματα. Η διαλειτουργικότητα είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του IoT, και αναφέρεται στην ικανότητα διαφορετικών συσκευών και συστημάτων IoT να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους, ανεξάρτητα από την υποκείμενη τεχνολογία ή τον κατασκευαστή. Η διαλειτουργικότητα είναι κρίσιμη για την επιτυχία του IoT, καθώς επιτρέπει σε διαφορετικές συσκευές και συστήματα να συνεργάζονται απρόσκοπτα. Χωρίς τη διαλειτουργικότητα τα συστήματα IoT θα περιορίζονταν σε μεμονωμένα κομμάτια δεδομένων και συσκευών, καθιστώντας δύσκολη την ανταλλαγή πληροφοριών και τη δημιουργία νέων υπηρεσιών και εφαρμογών. Για την επίτευξη διαλειτουργικότητας, οι συσκευές και τα συστήματα IoT χρησιμοποιούν τυποποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας και μορφές δεδομένων. Αυτά τα πρότυπα επιτρέπουν σε διαφορετικές συσκευές να κατανοούν και να επεξεργάζονται δεδομένα με συνεπή και αξιόπιστο τρόπο, επιτρέποντας την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συσκευών και συστημάτων ανεξάρτητα από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται.

Παραδείγματα προτύπων που χρησιμοποιούνται στο IoT :

- LoRa : Το LoRa είναι μία τεχνολογία συχνότητας ασύρματου ήχου που λειτουργεί στο ανοιχτό φάσμα ραδιοσυχνοτήτων. Χρησιμοποιεί μια κυματομορφή στενής ζώνης με κεντρική συχνότητα για την αποστολή δεδομένων, γεγονός που τη καθιστά ανθεκτική στις παρεμβολές.
- MQTT: Το MQTT είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο χρησιμοποιεί τεχνικές publish/subscribe για την επικοινωνία των συσκευών IoT.
- CoAP: Το CoAP είναι ένα ελαφρύ πρωτόκολλο επικοινωνίας για συσκευές IoT οι οποίες έχουν περιορισμένους πόρους.
- Bluetooth Low Energy: Το Bluetooth Low Energy είναι μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για συσκευές IoT με απαιτήσεις χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.
- Wi-Fi: Το Wi-Fi είναι μία τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για συσκευές IoT που απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων.
- Zigbee: Το Zigbee είναι μία τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας χαμηλής κατανάλωσης και χαμηλού κόστους που χρησιμοποιείται για συσκευές IoT.

Εκτός από τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, τα συστήματα IoT μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν μορφές δεδομένων όπως JSON ή XML για να διασφαλίσουν ότι τα δεδομένα μπορούν να ανταλλάσσονται και να επεξεργάζονται με συνέπεια σε διαφορετικά συστήματα. Συνολικά, η διαλειτουργικότητα είναι απαραίτητη για τη δημιουργία ενός απρόσκοπτου οικοσυστήματος IoT, όπου συσκευές και συστήματα μπορούν να συνεργαστούν για να προσφέρουν νέες και καινοτόμες υπηρεσίες και εφαρμογές.

Ενσωματωμένοι αισθητήρες και ενεργοποιητές (embedded sensors and actuators) :

Οι ενσωματωμένοι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές είναι κρίσιμα στοιχεία του IoT, επιτρέπουν στις συσκευές IoT να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους, να συλλέγουν και να μεταδίδουν δεδομένα. Οι αισθητήρες είναι συσκευές που μπορούν να ανιχνεύσουν αλλαγές στο περιβάλλον, όπως θερμοκρασία, φως, ήχο ή κίνηση. Στα συστήματα IoT, οι αισθητήρες είναι ενσωματωμένοι σε συσκευές, επιτρέποντας τους να συλλέγουν δεδομένα για το περιβάλλον. Οι ενεργοποιητές είναι συσκευές που μπορούν να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον, όπως να ανάβουν φώτα, να ανοίγουν ή να κλείνουν πόρτες ή να ελέγχουν την ταχύτητα ενός κινητήρα. Στα συστήματα IoT, οι ενεργοποιητές είναι ενσωματωμένοι σε συσκευές, επιτρέποντας τους να εκτελούν ενέργειες με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες. Μαζί οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές επιτρέπουν στις συσκευές IoT να συλλέγουν δεδομένα σχετικά με το περιβάλλον, να επεξεργάζονται αυτά τα δεδομένα και να αναλαμβάνουν δράση με βάση τα αποτελέσματα. Αυτό καθιστά δυνατή την αυτοματοποίηση ενός ευρέος φάσματος διαδικασιών και εργασιών, όπως ο οικιακός αυτοματισμός, η διαχείριση ενέργειας και η προγνωστική συντήρηση Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και με άλλες συσκευές και συστήματα, χρησιμοποιώντας τα τυποποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως Bluetooth, Zigbee ή Wi-Fi.

Αυτόνομη λειτουργία (autonomous operation) :

Η αυτόνομη λειτουργία αναφέρεται στην ικανότητα των συσκευών και συστημάτων IoT να λειτουργούν ανεξάρτητα και να λαμβάνουν αποφάσεις χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτό είναι ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό του IoT και επιτρέπει ένα ευρύ φάσμα νέων εφαρμογών και υπηρεσιών. Στα συστήματα IoT, οι συσκευές και τα συστήματα είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες, ενεργοποιητές και επεξεργαστές επιτρέποντας του να συλλέγουν και να επεξεργάζονται δεδομένα σχετικά με το περιβάλλον, να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση αυτά τα δεδομένα και να λαμβάνουν ανάλογα μέτρα.

Για παράδειγμα ένα σύστημα IoT μπορεί να χρησιμοποιήσει αισθητήρες για να ανιχνεύσει αλλαγές στη θερμοκρασία ή τα επίπεδα φωτός σε ένα δωμάτιο και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει ενεργοποιητές για να ρυθμίσει τη θερμοκρασία ή να ανάψει τα φώτα με βάση αυτά τα δεδομένα. Αυτό επιτρέπει την αυτοματοποίηση πολλών εργασιών, όπως ο οικιακός αυτοματισμός. Ένα άλλο παράδειγμα αυτόνομης λειτουργίας στο IoT είναι τα δίκτυα αυτο-ίασης, όπου οι συσκευές IoT μπορούν να εντοπίσουν και να επιδιορθώσουν αυτόματα, προβλήματα όπως οι διακοπές δικτύου, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Η αυτόνομη λειτουργία καθίσταται δυνατή από τις προόδους στην τεχνητή νοημοσύνη, τη μηχανική μάθηση και το cloud computing, που επιτρέπουν στις συσκευές και τα συστήματα IoT να επεξεργάζονται και να αναλύουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση αυτά τα δεδομένα.

Γνώμονας τα δεδομένα (data-driven) :

Οι συσκευές και τα συστήματα IoT συλλέγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων από αισθητήρες και άλλες πηγές, τα οποία μπορούν να αναλυθούν και να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη αποφάσεων βάσει αυτών των δεδομένων. Στα συστήματα IoT, τα δεδομένα συλλέγονται από ενσωματωμένους αισθητήρες, ενεργοποιητές και άλλες πηγές, όπως υπηρεσίες cloud , βάσεις δεδομένων και κινητές συσκευές. Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την απόκτηση γνώσεων για το περιβάλλον, τη βελτίωση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. Για παράδειγμα, ένα σύστημα IoT μπορεί να χρησιμοποιήσει δεδομένα από αισθητήρες για την παρακολούθηση των επιπέδων θερμοκρασίας και υγρασίας σε ένα κτίριο και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει αυτά τα δεδομένα για τη βελτιστοποίηση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και βελτιωμένη ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Ένα άλλο παράδειγμα IoT που βασίζεται σε δεδομένα είναι η προγνωστική συντήρηση, όπου τα δεδομένα από αισθητήρες και άλλες πηγές χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν πότε ο εξοπλισμός είναι πιθανό να αποτύχει, επιτρέποντας την προληπτική συντήρηση και μειώνοντας τον κίνδυνο απρογραμματίστου χρόνου διακοπής λειτουργίας. Το data-driven IoT καθίσταται δυνατό χάρη στην πρόοδο στις τεχνολογίες big data όπως η καταναμημένη επεξεργασία δεδομένων και το cloud computing, που επιτρέπουν την αποτελεσματική ανάλυση και διαχείριση

μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των συστημάτων IoT, επιτρέποντας στους οργανισμούς να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις και να επιτυγχάνουν νέα επίπεδα αποτελεσματικότητας, εξοικονόμησης κόστους και καινοτομίας. Οι συσκευές IoT παράγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων, τα οποία αναλύονται για να οδηγήσουν σε βελτιώσεις στην αποδοτικότητα, την απόδοση και την εμπειρία του χρήστη.

Ασφάλεια (security) :

Η ασφάλεια αποτελεί κρίσιμη ανησυχία για το IoT καθώς οι συσκευές και τα συστήματα IoT χειρίζονται ευαίσθητα δεδομένα και συνδέονται με υποδομή κρίσιμης σημασίας. Ο αυξανόμενος αριθμός συνδεδεμένων συσκευών και ο όγκος των δεδομένων που μεταδίδονται μέσω του Διαδικτύου καθιστούν τα συστήματα IoT πρωταρχικό στόχο για κυβερνοεπιθέσεις. Για την ασφάλεια των συστημάτων του IoT, απαιτούνται πολλαπλά επίπεδα ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένης της φυσικής ασφάλειας, της ασφάλειας του δικτύου και της ασφάλειας των δεδομένων. Η φυσική ασφάλεια περιλαμβάνει την προστασία των φυσικών συσκευών από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση ή παραβίαση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με μέτρα όπως, ασφαλή περιβλήματα, έλεγχοι πρόσβασης και προστασία από παραβιάσεις. Η ασφάλεια δικτύου περιλαμβάνει την προστασία των δικτύων επικοινωνίας που συνδέουν συσκευές IoT, συμπεριλαμβανομένων των δικτύων Wi-Fi, των δικτύων κινητής τηλεφωνίας και των ενσύρματων δικτύων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω κρυπτογράφησης, ελέγχων αυθεντικοποίησης και τοίχων προστασίας. Εκτός από αυτά τα τεχνικά μέτρα, είναι επίσης σημαντικό να υπάρχουν ισχυρές πολιτικές και διαδικασίες για τη διασφάλιση της ασφάλειας των συστημάτων IoT όπως, σχέδια αντιμετώπισης συμβάντων και τακτικοί έλεγχοι ασφάλειας.

Ευρεία παρουσία (ubiquity) :

Η ευρεία παρουσία αναφέρεται στην ευρεία και διάχυτη παρουσία συσκευών και συστημάτων IoT στην καθημερινή μας ζωή. Ο στόχος του IoT είναι να δημιουργήσει έναν απρόσκοπτο και διασυνδεδεμένο κόσμο όπου οι συσκευές και τα συστήματα μπορούν να επικοινωνούν και να μοιράζονται δεδομένα απρόσκοπτα και με διαφάνεια. Η ευρεία παρουσία επιτυγχάνεται μέσω της ευρείας ανάπτυξης συσκευών IoT, όπως αισθητήρων, ενεργοποιητών και άλλων συνδεδεμένων συσκευών, καθώς και της ανάπτυξης δικτύων και υποδομής IoT για την υποστήριξη επικοινωνίας και ανταλλαγής δεδομένων. Σε ένα ευρύ περιβάλλον IoT, οι συσκευές και τα συστήματα μπορούν να έχουν πρόσβαση και να ελέγχονται από οπουδήποτε, ανά πάσα στιγμή, χρησιμοποιώντας μια ποικιλία συσκευών, όπως smartphones, laptops, και άλλες συνδεδεμένες συσκευές. Επιπλέον η ευρεία παρουσία του IoT επιτυγχάνεται επίσης μέσω της ενοποίησης του IoT με άλλες τεχνολογίες, όπως το AI, το Big Data και το Cloud Computing, που επιτρέπουν τη δημιουργία πιο προηγμένων και εξελιγμένων συστημάτων και εφαρμογών IoT.

Επίγνωση του περιβάλλοντος (context awareness) :

Η επίγνωση του περιβάλλοντος αναφέρεται στην ικανότητα των συσκευών και των συστημάτων IoT να κατανοούν και να ανταποκρίνονται στο περιβάλλον και το πλαίσιο στο οποίο λειτουργούν. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση αισθητήρων και άλλων τεχνολογιών που μπορούν να ανιχνεύσουν και να συλλέξουν δεδομένα για το περιβάλλον. Η επίγνωση του περιβάλλοντος χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας των συστημάτων IoT μειώνοντας τον όγκο των δεδομένων που πρέπει να μεταδοθούν και αν υποβληθούν σε επεξεργασία. Για παράδειγμα ένα σύστημα IoT με επίγνωση του περιβάλλοντος μπορεί να συλλέγει και να μεταδίδει δεδομένα μόνο όταν βρίσκεται υπό μία συγκεκριμένη κατάσταση, όπως όταν ένα άτομο βρίσκεται στο δωμάτιο ή όταν η θερμοκρασία αλλάζει σημαντικά.

2.3 Τα συστατικά του IoT

Δεδομένης της ποικιλομορφίας και τη πληθώρας των τεχνολογικών λύσεων που περιβάλλουν το IoT είναι δύσκολο να διακρίνει κάποιος τα συστατικά από τα οποία αποτελείτε, ωστόσο για λόγους απλότητας, θα μπορούσαμε να χωρίσουμε τα συστατικά των IoT τεχνολογιών σε τέσσερα βασικά επίπεδα τεχνολογίας που εμπλέκονται στη λειτουργία του IoT τα οποία είναι τα παρακάτω :

Συσκευές (hardware) :

Οι συσκευές είναι αντικείμενα που στη πραγματικότητα αποτελούν τα “πράγματα” μέσα στο IoT. Λειτουργώντας ως διεπαφή μεταξύ του πραγματικού και του ψηφιακού κόσμου, μπορεί να λάβουν διαφορετικά μεγέθη, σχήματα και επίπεδα τεχνολογικής πολυπλοκότητας ανάλογα με την εργασία που απαιτείται να εκτελέσουν σε κάθε περίπτωση. Σχεδόν κάθε συσκευή μπορεί να μετατραπεί σε συνδεδεμένη συσκευή με τη προσθήκη των απαραίτητων οργάνων (όπως αισθητήρες ή ενεργοποιητές μαζί με το κατάλληλο λογισμικό) που μπορεί να μετρήσει και να συλλέξει δεδομένα. Αισθητήρες , ενεργοποιητές ή άλλος εξοπλισμός τηλεμετρίας μπορούν επίσης να αποτελούν από μόνα τους αυτόνομες έξυπνες συσκευές.

Λογισμικό των συσκευών (device software) :

Το λογισμικό των συσκευών είναι αυτό που κάνει τις συνδεδεμένες συσκευές “έξυπνες”. Το λογισμικό είναι υπεύθυνο για την υλοποίηση της επικοινωνίας με το Cloud, τη συλλογή δεδομένων, την ενοποίηση συσκευών καθώς και την εκτέλεση ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο εντός του δικτύου IoT. Το λογισμικό των συσκευών επιπλέον φροντίζει να μπορούν οι χρήστες να αλληλεπιδρούν με τη συγκεκριμένη συσκευή.

Επικοινωνία (communication) :

Πέρα από τις συσκευές και το λογισμικό τους υπάρχει άλλο ένα επίπεδο που παρέχει στα έξυπνα αντικείμενα τον τρόπο να ανταλλάσσουν δεδομένα και πληροφορίες, αυτό είναι η επικοινωνία. Οι μηχανισμοί επικοινωνίας είναι στενά συνδεδεμένοι με το τις συσκευές και το λογισμικό τους αλλά είναι απαραίτητο να θεωρηθούν ως ξεχωριστό επίπεδο. Το επίπεδο επικοινωνίας περιλαμβάνει λύσεις φυσικής συνδεσιμότητας (cellular,satellite,LAN) και συγκεκριμένα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικά περιβάλλοντα IoT όπως ZigBee, Thread, Z-Wave, MQTT, LwM2M, κ.α. . Η επιλογή της σχετικής λύσης επικοινωνίας είναι ένα από τα ζωτικής σημασίας μέρη για τη κατασκευή κάθε τεχνολογικής στοίβας (stack) IoT. Η επιλεγμένη τεχνολογία θα καθορίσει όχι μόνο τους τρόπους με τους οποίους αποστέλλονται και λαμβάνονται τα δεδομένα από και προς το Cloud, αλλά και τον τρόπο διαχείρισης των συσκευών και τον τρόπο επικοινωνίας τους με άλλες συσκευές.

Πλατφόρμα (platform) :

Όπως ήδη αναφέρθηκε χάρη στις “έξυπνες” συσκευές και στο λογισμικό το οποίο έχει εγκατασταθεί σε αυτές, είναι σε θέση να “αισθανθούν” τι συμβαίνει γύρω τους και να επικοινωνήσουν με το χρήστη μέσω ενός συγκεκριμένου καναλιού επικοινωνίας. Μία πλατφόρμα IoT είναι ο χώρος όπου όλα αυτά τα δεδομένα συγκεντρώνονται, διαχειρίζονται, υποβάλλονται σε επεξεργασία, αναλύονται και παρουσιάζονται με τρόπο φιλικό προς τον χρήστη. Έτσι, αυτό που κάνει μία τέτοια πλατφόρμα είναι ιδιαίτερα πολύτιμη, δεν είναι απλώς οι δυνατότητες συλλογής δεδομένων και διαχείρισης συσκευών IoT, αλλά και η ικανότητα της αναλύει και να βρίσκει χρήσιμες πληροφορίες από τα τμήματα δεδομένων που παρέχονται από τις συσκευές μέσω του επιπέδου επικοινωνίας.

2.4 Λύσεις συνδεσιμότητας

Όσο κι αν υπάρχουν πιθανές πραγματικές εφαρμογές των τεχνολογιών IoT, δεν υπάρχει έλλειψη λύσεων συνδεσιμότητας πίσω από αυτές. Ανάλογα με τις προδιαγραφές μιας δεδομένης περίπτωσης χρήσης IoT, κάθε επιλογή επικοινωνίας μπορεί να προσφέρει διαφορετικά σενάρια υπηρεσιών, ενώ έχει συμβιβασμούς μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας, και του εύρους ζώνης. Έχοντας κατά νου αυτήν την πολλαπλότητα και την ποικιλομορφία των προτύπων και των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, μπορεί κανείς να εγείρει ένα ερώτημα σχετικά με τη πραγματική ανάγκη ανάπτυξης νέων λύσεων, ενώ υπάρχουν μερικά καλά αποδεδειγμένα πρωτόκολλα Διαδικτύου που χρησιμοποιούνται ήδη εδώ και δεκαετίες. Ο λόγος για αυτό είναι ότι τα υπάρχοντα πρωτόκολλα Διαδικτύου, όπως το TCP/IP, συχνά δεν είναι αρκετά αποτελεσματικά και πολύ ενεργοβόρα για να μπορούν να λειτουργούν αποτελεσματικά στις αναδυόμενες εφαρμογές τεχνολογίας IoT. Αυτή η ενότητα έχει σκοπό να παρουσιάσει μία σύντομη επισκόπηση των κύριων εναλλακτικών πρωτοκόλλων Διαδικτύου που είναι ειδικά σχεδιασμένα για χρήση σε συστήματα IoT. Η επισκόπηση αφορά τις πιο δημοφιλείς τεχνολογίες

IoT που αναλύονται κατά εύρος ραδιοσυχνοτήτων που επιτυγχάνεται από καθεμία από τις λύσεις : λύσεις IoT μικρής εμβέλειας, λύσεις IoT μεσαίας εμβέλειας και λύσεις IoT μεγάλης εμβέλειας.

2.4.1 Λύσεις δικτύων IoT μικρής εμβέλειας :

Bluetooth :

Ως καθιερωμένη τεχνολογία συνδεσιμότητας μικρής εμβέλειας, το Bluetooth θεωρείται η βασική λύση, ιδιαίτερα για το μέλλον της αγοράς φορητών ηλεκτρονικών ειδών, όπως ασύρματα ακουστικά ή αισθητήρες γεωγραφικού εντοπισμού, ειδικά λόγω της ευρείας ενσωμάτωσης του με smartphones. Σχεδιασμένο με γνώμονα την οικονομική αποδοτικότητα και τη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, το πρωτόκολλο Bluetooth Low-Energy (BLE) απαιτεί πολύ λίγη ισχύ από τη συσκευή. Ωστόσο αυτό συνοδεύεται με έναν συμβιβασμό ότι κατά τη μεταφορά συχνά υψηλότερων ποσοτήτων δεδομένων, το BLE μπορεί να μην είναι η πιο αποτελεσματική λύση.

RFID :

Όντας μεταξύ των πρώτων εφαρμογών IoT που εφαρμόστηκαν ποτέ, η Αναγνώριση Ραδιοσυχνοτήτων (RFID) προσφέρει λύσεις εντοπισμού θέσης για εφαρμογές IoT, ειδικά στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας που απαιτεί την ικανότητα προσδιορισμού της θέσης ενός αντικειμένου μέσα σε ένα κτίριο. Το μέλλον της τεχνολογίας RFID ξεφεύγει σαφώς από τις απλές υπηρεσίες εντοπισμού, με πιθανές εφαρμογές που κυμαίνονται από τη παρακολούθηση ασθενών νοσοκομείων έως και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας στην υγειονομική περίθαλψη έως την παροχή δεδομένων τοποθεσίας εμπορευμάτων σε πραγματικό χρόνο για την ελαχιστοποίηση των καταστάσεων εκτός αποθέματος για καταστήματα λιανικής.

2.4.2 Λύσεις δικτύων IoT μεσαίας εμβέλειας :

Wi-Fi :

Το Wi-Fi αναπτύχθηκε με βάση το IEEE 802.11 και παραμένει το πιο διαδεδομένο και γενικά γνωστό πρωτόκολλο ασύρματων επικοινωνιών. Η ευρεία χρήση του σε όλο τον κόσμο του IoT περιορίζεται κυρίως από τη κατανάλωση ενέργειας που προκύπτει από την ανάγκη διατήρησης υψηλής ισχύος σήματος και γρήγορης μεταφοράς δεδομένων για καλύτερη συνδεσιμότητα και αξιοπιστία.

Zigbee :

Το Zigbee είναι ένα δημοφιλές πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης που εφαρμόζεται πιο συχνά σε εφαρμογές διαχείρισης κυκλοφορίας, οικιακά ηλεκτρικά είδη και μηχανήματα. Χτισμένο πάνω στο

πρότυπο IEEE 802.15.4 το Zigbee υποστηρίζει χαμηλούς ρυθμούς ανταλλαγής δεδομένων, λειτουργία χαμηλής ισχύος, ασφάλεια και αξιοπιστία.

Thread :

Σχεδιασμένο ειδικά για έξυπνα οικιακά προϊόντα, το Thread χρησιμοποιεί συνδεσιμότητα IPv6 για να επιτρέπει στις συνδεδεμένες συσκευές να επικοινωνούν μεταξύ τους, να έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες στο cloud ή να αλληλεπιδρούν με τον χρήστη μέσω εφαρμογών για κινητά.

2.4.3 Λύσεις δικτύων IoT μεγάλης εμβέλειας :

NB-IoT :

Ένα προϊόν των υπαρχουσών τεχνολογιών 3GPP, το NarrowBand IoT είναι ένα καινούργιο πρότυπο τεχνολογίας που εξασφαλίζει εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και παρέχει συνδεσιμότητα με ισχύ σήματος περίπου 23dB χαμηλότερα απ' ότι το 2G. Επιπλέον χρησιμοποιεί υπάρχουσα υποδομή δικτύου, η οποία εξασφαλίζει όχι μόνο παγκόσμια κάλυψη στα δίκτυα LTE, αλλά και εγγυημένη ποιότητα σήματος. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτό το γεγονός επιτρέπει την εφαρμογή NB-IoT αντί για λύσεις που απαιτούν την κατασκευή τοπικών δικτύων, όπως το LoRa ή το Sigfox.

LTE-CAT M1:

Το LTE-CAT M1 είναι ένα πρότυπο συνδεσιμότητας ευρείας περιοχής χαμηλής κατανάλωσης που συνδέει συσκευές IoT και M2M με απαιτήσεις μεσαίου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων. Υποστηρίζει μεγαλύτερους κύκλους ζωής της μπαταρίας και προσφέρει βελτιωμένη εμβέλεια εντός κτιρίου σε σύγκριση με τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας όπως το 2G ή 3G. Όντας συμβατό με το υπάρχον δίκτυο LTE, το CAT M1 δεν απαιτεί από τους παρόχους να δημιουργήσουν νέα υποδομή για την υλοποίησή του. Σε σύγκριση με το NB-IoT, το LTE CAT M1 αποδεικνύεται ιδανικό για περιπτώσεις χρήσης κινητής τηλεφωνίας, καθώς ο χειρισμός της παράδοσης μεταξύ τοποθεσιών κυψέλης είναι σημαντικά καλύτερος και μοιάζει πολύ με το LTE υψηλής ταχύτητας.

LoRaWAN:

Το LoRaWAN είναι ένα πρωτόκολλο δικτύωσης μεγάλης εμβέλειας χαμηλής κατανάλωσης βελτιστοποιημένο για χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και υποστηρίζει μεγάλα δίκτυα με εκατομμύρια συσκευές. Στοχεύοντας σε εφαρμογές δικτύου ευρείας περιοχής (WAN), το LoRaWAN έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ένα δίκτυο χαμηλής κατανάλωσης με χαρακτηριστικά που απαιτούνται για την υποστήριξη χαμηλού κόστους, κινητής και ασφαλούς αμφίδρομης επικοινωνίας εντός IoT, M2M και βιομηχανικών εφαρμογών.

Sigfox:

Η ιδέα πίσω από το Sigfox είναι να παρέχει μία αποτελεσματική λύση συνδεσιμότητας για εφαρμογές M2M χαμηλής κατανάλωσης που απαιτούν χαμηλά επίπεδα μεταφοράς δεδομένων για τις οποίες η εμβέλεια WiFi είναι πολύ μικρή και η εμβέλεια κινητής τηλεφωνίας είναι πολύ ακριβή και πολύ απαιτητική στην κατανάλωση ενέργειας. Το Sigfox χρησιμοποιεί UNB, μία τεχνολογία που της επιτρέπει να χειρίζεται χαμηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων από 10 έως 1000bit ανά δευτερόλεπτο, καταναλώνοντας έως και 100 φορές λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με τις λύσεις κινητής επικοινωνίας, παρέχει χρόνο αναμονής 20 ετών για μία μπαταρία 2.5Ah, προσφέροντας ένα ισχυρό, ενεργειακά αποδοτικό και επεκτάσιμο δίκτυο ικανό να υποστηρίξει την επικοινωνία μεταξύ χιλιάδων συσκευών που λειτουργούν με μπαταρία σε περιοχές αρκετών τετραγωνικών χιλιομέτρων.

2.5 Χρήση τεχνολογιών IoT στη γεωργία

Τα έξυπνα γεωργικά προϊόντα IoT έχουν σχεδιαστεί για να βοηθούν στη παρακολούθηση των καλλιεργειών χρησιμοποιώντας αισθητήρες και αυτοματοποιώντας τα συστήματα άρδευσης, αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι αγρότες να μπορούν εύκολα, να παρακολουθούν τις συνθήκες του αγρού από οπουδήποτε χωρίς καμία ταλαιπωρία. Μερικές από τις διάφορες χρήσεις του IoT στη γεωργία είναι οι παρακάτω.

2.5.1 Χρήση ρομπότ στη γεωργία

Από τη βιομηχανική επανάσταση το 1800, ο αυτοματισμός έγινε πιο προηγμένος για να χειρίζεται αποτελεσματικά πολύπλοκες εργασίες και να αυξάνει την παραγωγή. Με τις αυξανόμενες απαιτήσεις και την έλλειψη εργατικού δυναμικού σε όλο τον κόσμο, τα ρομπότ γεωργίας αρχίζουν να κερδίζουν την προσοχή των αγροτών. Οι πρόσφατες εξελίξεις στους αισθητήρες και τη τεχνολογία AI που επιτρέπει στις μηχανές να εκπαιδούνται στο περιβάλλον τους έχουν κάνει τα ρομπότ πιο αξιoσημείωτα. Μερικές από τις χρήσεις ρομπότ στη γεωργία είναι :

Ρομπότ αφαίρεσης ζιζανίων και αγριόχορτων (weeding robots) :

Αυτά τα ρομπότ χρησιμοποιούν ψηφιακή επεξεργασία εικόνας για να κοιτάζουν τις εικόνες των ζιζανίων στη βάση δεδομένων τους για να ανιχνεύσουν ομοιότητες με τις καλλιέργειες και να τα ξεριζώσουν ή να τα ψεκάσουν απευθείας με τους ρομποτικούς βραχίονες τους.



Εικόνα 3 Ρομπότ αφαίρεσης ζιζανίων και αγριόχορτων

Πλοήγηση μηχανών (machine navigation) :

Τα τρακτέρ όπως και ο βαρύς εξοπλισμός οργώματος, μπορούν να μετατραπούν σε τηλεκατευθυνόμενα οχήματα με τη χρήση ενός ελεγκτή (controller) και μπορούν να λειτουργούν αυτόματα από την άνεση του σπιτιού μέσω GPS. Αυτά τα αυτοματοποιημένα οχήματα είναι υψηλής ακρίβειας και αυτορυθμίζονται όταν εντοπίσουν διαφορές στο έδαφος, απλοποιώντας έτσι τις βαριές και χρονοβόρες εργασίες στο χωράφι.



Εικόνα 4 Πλοήγηση τρακτέρ με τη χρήση controller

Ρομπότ περισυλλογής (harvesting robotics) :



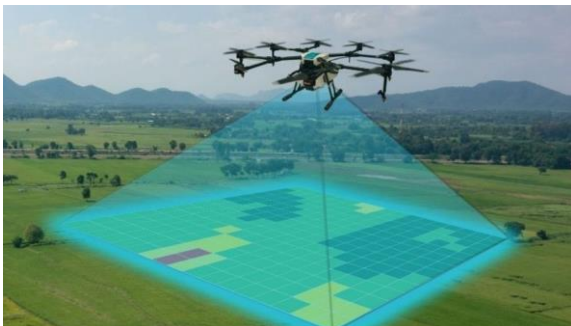
Εικόνα 5 Ρομπότ περισυλλογής καρπών και φρούτων

Η χρήση ρομπότ για τη συλλογή των καλλιεργειών λύνει το πρόβλημα της έλλειψης εργατικού δυναμικού. Δουλεύοντας την ευαίσθητη διαδικασία συλλογής φρούτων και λαχανικών, αυτά τα καινοτόμα μηχανήματα μπορούν να λειτουργούν συνεχόμενα 24 ώρες τη μέρα. Ένας συνδυασμός επεξεργασίας εικόνας και ρομποτικών βραχιόνων χρησιμοποιείται από αυτά τα μηχανήματα για τον

προσδιορισμό των καρπών που θα μαζέψουν και τον έλεγχο της ποιότητας τους.

2.4.2 Χρήση drone στη γεωργία :

Τα drone στη γεωργία χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση και τη βελτιστοποίηση διαφόρων γεωργικών δραστηριοτήτων, όπως η παρακολούθηση και ο ψεκασμός των καλλιεργειών, η ανάλυση εδάφους και η χαρτογράφηση. Τα drone εξοπλισμένα με αισθητήρες και κάμερες χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση, τη χαρτογράφηση και την τοπογραφία αγροκτημάτων. Υπάρχουν επίγεια και εναέρια drone, τα επίγεια drone είναι ρομπότ που ερευνούν τα χωράφια τροχούς ενώ τα εναέρια drone είναι



Εικόνα 6 Συλλογή πληροφοριών μέσω drone

ιπτάμενα ρομπότ γνωστά και ως συστήματα μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAS). Τα drone μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως ή μπορούν να πετούν αυτόματα μέσω σχεδίων πτήσης που ελέγχονται

από λογισμικό που είναι ενσωματωμένο στα συστήματά τους, σε συντονισμό με αισθητήρες και GPS. Από τα δεδομένα των drone μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες σχετικά με την υγεία των καλλιεργειών, την άρδευση, τον ψεκασμό, τη φύτευση, το έδαφος και το χωράφι, την καταμέτρηση των φυτών, την πρόβλεψη απόδοσης και άλλα.

2.5.3 Τηλεπισκόπηση (remote sensing):



Εικόνα 7 Μετεωρολογικός σταθμός σε χωράφι

Η τηλεπισκόπηση στη γεωργία φέρνει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται δεδομένα από διαφορετικούς κόμβους σε ένα χωράφι. Η τηλεπισκόπηση με βάση το IoT χρησιμοποιεί αισθητήρες που τοποθετούνται στο χωράφι όπως είναι οι μετεωρολογικοί σταθμοί για τη συλλογή δεδομένων, τα οποία μεταδίδονται σε αναλυτικά εργαλεία για ανάλυση. Οι αγρότες μπορούν να παρακολουθούν τις καλλιέργειες από έναν

αναλυτικό πίνακα ελέγχου (dashboard) και να λαμβάνουν δράση με βάση τις μετρήσεις των αισθητήρων. Μερικές από αυτές τις μετρήσεις είναι:

- **Παρακολούθηση καλλιέργειας (crop monitoring) :**

Οι αισθητήρες που τοποθετούνται κατά μήκος των χωραφιών παρακολουθούν τις καλλιέργειες για αλλαγές στο φως, την υγρασία, τη θερμοκρασία κ.α. . Οποιαδήποτε ανωμαλία εντοπίζεται από τους αισθητήρες αναλύεται και ενημερώνεται ο αγρότης. Έτσι η τηλεπισκόπηση μπορεί να βοηθήσει στη πρόληψη της εξάπλωσης ασθενειών και να παρακολουθεί την ανάπτυξη των καλλιεργειών.

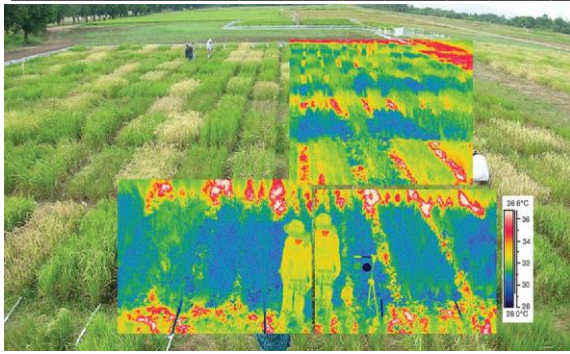
- **Καιρικές συνθήκες (weather conditions) :**

Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες όσον αφορά την υγρασία, τη θερμοκρασία, την κατακρήμνιση υγρασίας και την ανίχνευση δρόσου βοηθούν στον προσδιορισμό του καιρού στο χωράφι, έτσι ώστε η καλλιέργεια να γίνεται για τους κατάλληλους καρπούς.

- **Ποιότητα εδάφους (soil quality) :**

Η ανάλυση της υγείας του εδάφους βοηθά στον προσδιορισμό της θρεπτικής αξίας και των ξηρότερων περιοχών των αγροκτημάτων, της ικανότητας αποστράγγισης του εδάφους ή της οξύτητας, γεγονός που επιτρέπει την προσαρμογή της ποσότητας νερού που απαιτείται για την άρδευση και την επιλογή του πιο ωφέλιμου τύπου καλλιέργειας. Τα δεδομένα για την υγεία του εδάφους μπορούν επίσης να βοηθήσουν στη μόχλευση της αναγεννητικής γεωργίας παρέχοντας γνώσεις για το πως και πότε πρέπει να αυξηθεί η οργανική ύλη και επομένως να επιτευχθεί καλύτερη δομή του εδάφους.

2.5.4 Χρήση απεικόνισης H/Y στη γεωργία (computer imaging)



Εικόνα 8 Χρήση computer imaging σε αγρόκτημα

αναλύοντας έτσι περιοριστικούς παράγοντες και βοηθώντας στη καλύτερη διαχείριση των αγροκτημάτων.

Η απεικόνιση σε υπολογιστή περιλαμβάνει τη χρήση καμερών αισθητήρων εγκατεστημένων σε διαφορετικές γωνίες του αγροκτήματος ή drone εξοπλισμένα με κάμερες για την παραγωγή εικόνων που υποβάλλονται σε ψηφιακή επεξεργασία εικόνας. Η επεξεργασία εικόνας προβάλλει τις εικόνες σε διαφορετικές φασματικές εντάσεις, όπως υπέρυθρες, συγκρίνει τις εικόνες που λαμβάνονται σε μία χρονική περίοδο και ανιχνεύει ανωμαλίες,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: Κλιματική αλλαγή

3.1 Τι είναι η κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή αναφέρεται σε μακροπρόθεσμες αλλαγές στις θερμοκρασίες και τα καιρικά μοτίβα. Τέτοιες μετατοπίσεις μπορεί να είναι φυσικές, λόγω αλλαγών στη δραστηριότητα του ηλίου ή μεγάλων ηφαιστειακών εκρήξεων, αλλά από το 1800, οι ανθρώπινες δραστηριότητες ήταν κύριος παράγοντας της κλιματικής αλλαγής, κυρίως λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η καύση ορυκτών καυσίμων δημιουργεί εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που λειτουργούν σαν στρώμα γύρο από τη Γη, παγιδεύοντας τη θερμότητα του ήλιου αυξάνοντας τις θερμοκρασίες. Τα κύρια αέρια του θερμοκηπίου που προκαλούν την κλιματική αλλαγή περιλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο. Αυτά προέρχονται κυρίως από τη καύση ορυκτών καυσίμων.

3.2 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο κλίμα

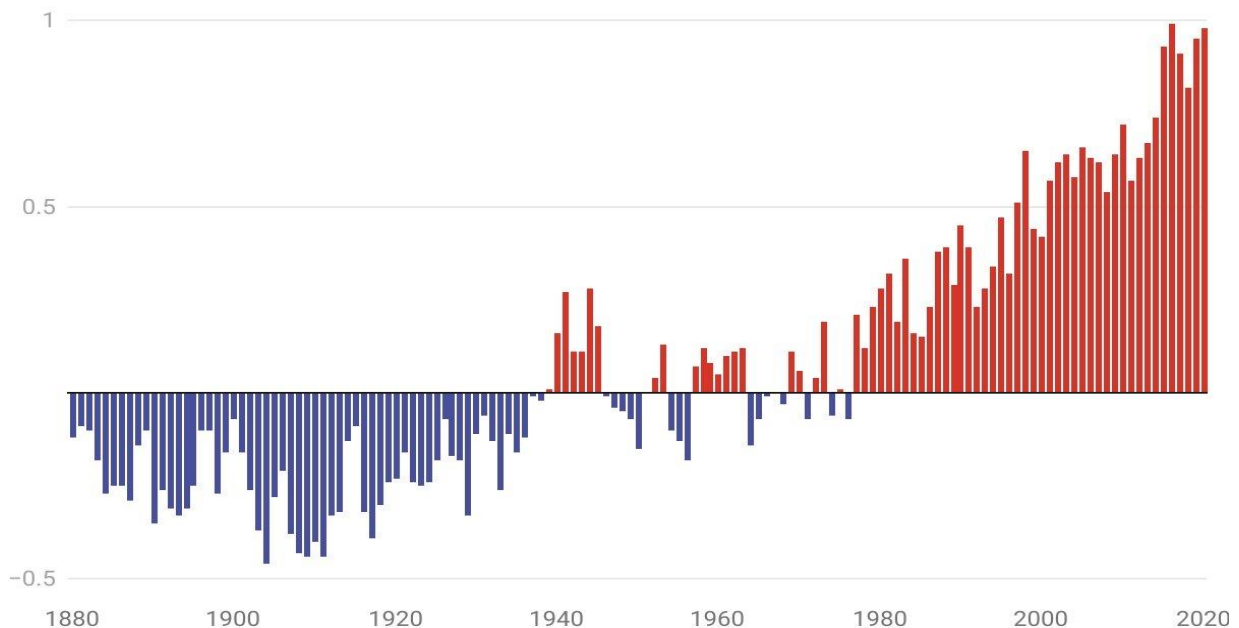
Καθώς οι παγκόσμιες θερμοκρασίες ανεβαίνουν, συμβαίνουν εκτεταμένες αλλαγές στα καιρικά συστήματα καθιστώντας γεγονότα όπως ξηρασίες, τυφώνες και πλημμύρες πιο έντονα και απρόβλεπτα. Μερικές από τις κυριότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο κλίμα είναι :

Υψηλότερη μέση θερμοκρασία :

Αυτή η αλλαγή της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας σημαίνει ότι κάθε καλοκαίρι είναι πιθανό να βιώνουμε ολοένα και πιο καταγιστικούς καύσωνες. Ακόμη και τοπικοί μετεωρολόγοι αρχίζουν να συνδέουν σειρές ημερών ρεκόρ με νέες μακροπρόθεσμες υψηλές θερμοκρασίες οι οποίες είναι ιδιαίτερα προβληματικές σε περιοχές όπου οι υποδομές και οι κατοικίες δεν έχουν κατασκευαστεί με γνώμονα την έντονη θερμότητα.

Global temperatures are rising

The average global temperature, including both land and sea surface, is now nearly 1 degree Celsius (1.8 F) warmer than the 20th century average.



Difference between average annual temperature and 20th century average in degrees Celsius, through 2020

Chart: The Conversation/CC-BY-ND • Source: NOAA

Εικόνα 9 Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας με τη πάροδο του χρόνου

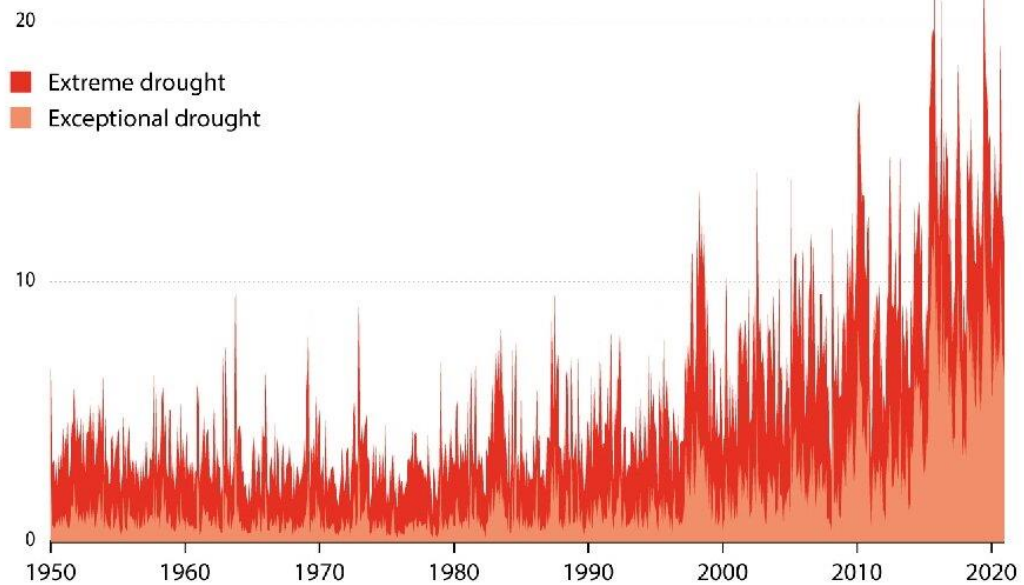
Ξηρασίες μεγαλύτερης διάρκειας :

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες αυξάνουν τον ρυθμό με τον οποίο το νερό εξατμίζεται από τον αέρα, οδηγώντας σε πιο έντονες και μακροχρόνιες ξηρασίες. Ήδη η κλιματική αλλαγή έχει ωθήσει την αμερικανική Δύση σε μία έντονη ξηρασία που έχει να καταγραφεί 1200 χρόνια μειώνοντας τα αποθέματα πόσιμου νερού και μαρασμού των καλλιεργειών. Η ξηρασία μπορεί επίσης να δημιουργήσει έναν βρόχο θετικής ανάδρασης στον οποίο το ξηρότερο έδαφος και η λιγότερη φυτική κάλυψη προκαλούν ακόμη ταχύτερη εξάτμιση.

SEVERE DROUGHTS INCREASING

COP26

Global land area affected by drought per month in %



Source: Lancet Countdown Report *extreme drought <math>< 1.6</math> and exceptional drought <math>< 2</math> on SPII drought index

AFP

Εικόνα 10 Μηνιαία ποσοστιαία αύξηση της ξηρασίας με τη πάροδο του χρόνου

Πιο έντονες πυρκαγιές :

Το πιο ξηρό και θερμότερο κλίμα δημιουργεί επίσης συνθήκες που τροφοδοτούν τις εποχές των δασικών πυρκαγιών, οι οποίες εξαπλώνονται πιο γρήγορα και διαρκούν περισσότερο, θέτοντας σε κίνδυνο εκατομμύρια επιπλέον ζωές και σπίτια.

Πιο δυνατές καταιγίδες :

Ο θερμότερος αέρας συγκρατεί επίσης περισσότερη υγρασία κάνοντας τους τροπικούς κυκλώνες πιο υγρούς , ισχυρότερους και πιο ικανούς να εντείνονται γρήγορα. Στην τελευταία έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι η καθημερινή βροχόπτωση κατά τη διάρκεια ακραίων βροχοπτώσεων θα αυξάνονταν κατά περίπου 7% για κάθε βαθμό Κελσίου της υπερθέρμανσης του πλανήτη, αυξάνοντας τους κινδύνους πλημμύρας.

3.3 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον

Από τους πόλους μέχρι τις τροπικές περιοχές η κλιματική αλλαγή διαταράσσει τα οικοσυστήματα. Ακόμη και μία φαινομενικά ελαφρά μετατόπιση της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει δραματικές αλλαγές που διαταράσσουν το περιβάλλον. Μερικές από τις κυριότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον είναι :

Λιώσιμο των πάγων της θάλασσας :

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι πιο εμφανείς στις πιο ψυχρές περιοχές του κόσμου, τους πόλους. Η Αρκτική θερμαίνεται δύο φορές πιο γρήγορα από οποιαδήποτε περιοχή στη γη, οδηγώντας στη ταχεία τήξη των παγετώνων και των πολικών στρωμάτων πάγου, όπου αποθηκεύεται τεράστια ποσότητα νερού. Καθώς οι πάγοι της θάλασσας λιώνουν, τα πιο σκοτεινά νερά των ωκεανών που απορροφούν περισσότερο ηλιακό φως εκτίθενται δημιουργώντας έναν βρόχο θετικής ανάδρασης που επιταχύνει τη διαδικασία τήξης.

Άνοδος της στάθμης της θάλασσας :

Οι επιστήμονες προβλέπουν ότι το λιώσιμο των πάγων και των παγετώνων , καθώς και το γεγονός ότι το θερμότερο νερό διαστέλλεται σε όγκο, θα μπορούσε να προκαλέσει άνοδο της στάθμης της θάλασσας έως και 1.06 μέτρα μέχρι το τέλος του αιώνα, εάν δεν καταφέρουμε να περιορίσουμε τις εκπομπές των ρύπων. Η έκταση και ο ρυθμός αυτής της αλλαγής θα καταστρέψει τις χαμηλές περιοχές συμπεριλαμβανομένων παράκτιων πόλεων. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας βλάπτει επίσης το περιβάλλον, καθώς η καταπάτηση του θαλασσινού νερού μπορεί να διαβρώσει τα παράκτια οικοσυστήματα και να εισβάλει στους υδροφόρους ορίζοντες του γλυκού νερού, στους οποίους βασιζόμαστε για τη γεωργία και το πόσιμο νερό.

Πλημμύρες :

Εκτός από τις παράκτιες πλημμύρες που προκαλούνται από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τους παράγοντες που οδηγούν σε πλημμύρες στην ενδοχώρα όπως είναι οι είναι οι έντονες βροχοπτώσεις. Καθώς η υπερθέρμανση του πλανήτη συνεχίζει να επιδεινώνει τόσο την άνοδο της στάθμης της θάλασσας όσο και τα ακραία καιρικά φαινόμενα, οι πλημμυρικές πεδιάδες της χώρας μας αναμένεται να αυξηθούν περίπου τα 45% έως το 2100.

Θαλάσσια κύματα καύσιμα :

Καλύπτοντας περισσότερο από το 70% του της επιφάνειας του πλανήτη , οι ωκεανοί απορροφούν το 93% όλης της θερμότητας που παγιδεύεται από τα αέρια του θερμοκηπίου και έως και το 30% του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Τα ευαίσθητα σε θερμοκρασία ψάρια και άλλη θαλάσσια ζωή αλλάζουν ήδη τα πρότυπα μετανάστευσης τους προς ψυχρότερα και βαθύτερα νερά για να επιβιώσουν, οδηγώντας σε αταξία τους τροφικούς ιστούς και τις σημαντικές εμπορικές αλιευτικές δραστηριότητες. Επίσης η αυξημένη απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα από τον ωκεανό οδηγεί στη σταδιακή όξυνσή του, η οποία αλλάζει τη θεμελιώδη χημική σύνθεση του νερού και απειλεί τη θαλάσσια ζωή που έχει εξελιχθεί για να ζει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο pH. Ζώα όπως τα κοράλλια, τα στρείδια και τα μύδια πιθανότατα θα αισθανθούν πρώτα αυτά

τα αποτελέσματα, καθώς η όξυνσή διαταράσσει τη διαδικασία ασβεστοποίησης που απαιτείται για την κατασκευή του κελύφους τους.

Στρεσογόνοι παράγοντας του οικοσυστήματος :

Η κλιματική αλλαγή είναι πιθανό να αυξήσει τις εστίες παρασίτων, χωροκατακτητικών ειδών και μολύνσεις από παθογόνους παράγοντες στα δάση. Αλλάζει τα είδη βλάστησης που μπορεί να ευδοκιμήσει σε μια δεδομένη περιοχή και διαταράσσει του κύκλους ζωής της άγριας πανίδας, όλα αυτά αλλάζουν τη σύνθεση των οικοσυστημάτων και τα καθιστούν λιγότερο ανθεκτικά στους στρεσογόνους παράγοντες.

3.4 Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία

Λιγότερο προβλέψιμες εποχές καλλιέργειας :

Σε έναν κόσμο που θερμαίνεται οι καλλιέργειες είναι πιο απρόβλεπτες και τα ζώα τα οποία είναι ευαίσθητα στις ακραίες καιρικές συνθήκες γίνονται όλο και πιο δύσκολο να εκτρέφονται. Η κλιματική αλλαγή μετατοπίζει τα πρότυπα βροχοπτώσεων, προκαλώντας απρόβλεπτες πλημμύρες και μακροχρόνιες ξηρασίες. Οι πιο συχνού και ισχυροί τυφώνες μπορούν να καταστρέψουν τις καλλιέργειες μιας ολόκληρης εποχής. Επίσης η δυναμική των παρασίτων, των παθογόνων και των χωροκατακτητικών ειδών των οποίων η διαχείριση είναι δαπανηρή αναμένεται να γίνει πιο δύσκολο να προβλεφθεί.

Μειωμένη υγεία εδάφους :

Το υγιές έδαφος έχει άφθονη περιεκτικότητα σε υγρασία και μέταλλα και είναι γεμάτο από ζώφια, βακτήρια, μύκητες και μικρόβια που με τη σειρά τους συμβάλλουν σε υγιείς καλλιέργειες. Αλλά η κλιματική αλλαγή, ιδιαίτερα η υπερβολική ζέστη και οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις, μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητα του εδάφους. Αυτές οι επιπτώσεις επιδεινώνονται σε περιοχές όπου η βιομηχανική μονοκαλλιέργεια εξαρτώμενη από χημικά έχει καταστήσει το έδαφος και τις καλλιέργειες λιγότερο ικανές να αντέχουν στις περιβαλλοντικές αλλαγές.

Αλλαγές στη βιωσιμότητα των καλλιεργειών :

Οι αγρότες επιλέγουν ποικιλίες καλλιεργειών που ταιριάζουν καλά στις τοπικές συνθήκες. Καθώς αυτές αλλάζουν με μεγάλους ρυθμούς, οι καλλιέργειες θα καθίστανται ανίκανες να ανταπεξέλθουν στις απότομες καιρικές μεταβολές.

Νέα παράσιτα, παθογόνα και προβλήματα ζιζανίων :

Όπως οι αγρότες θα χρειαστεί να βρουν νέες καλλιέργειες και πρακτικές, θα πρέπει να αντιμετωπίσουν και νέες απειλές. Ένα έντομο ή ζιζάνιο που δεν μπορούσε να ευδοκιμήσει σε μία συγκεκριμένη περιοχή, με την αλλαγή της θερμοκρασίας αυτό μπορεί να αλλάξει και πλέον οι αγρότες θα πρέπει να μπορούν να προσαρμοστούν στις νέες απειλές της καλλιέργειας.

3.5 IoT και κλιματική αλλαγή

Το IoT και η κλιματική αλλαγή μπορεί να ακούγονται δύο διαφορετικά πράγματα, ωστόσο οι εφαρμογές του IoT μπορούν να προκαλέσουν σημαντική βελτίωση σε αυτό το παγκόσμιο φαινόμενο. Μερικοί τρόποι με τους οποίους το IoT μπορεί να βοηθήσει στη καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής είναι :

- Παροχή πληροφοριών για τη κλιματική αλλαγή:

Το IoT μπορεί να βοηθήσει τη διοίκηση και τις αρχές να παρακολουθούν καλύτερα τα περιβαλλοντικά φαινόμενα. Οι έξυπνες συσκευές και οι αισθητήρες IoT όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η ακτινοβολία μπορούν να βοηθήσουν στην ανάλυση της κλιματικής αλλαγής και στη λήψη προληπτικών μέτρων.

- Ανίχνευση περιβαλλοντικών απειλών:

Υπάρχουν ορισμένοι ρύποι και επιβλαβή στοιχεία που οδηγούν σε επιδείνωση της κλιματικής αλλαγής. Το IoT μπορεί να βοηθήσει στην παρακολούθηση τέτοιων τοξινών, αερίων και ραδιενεργών στοιχείων.

Ενώ είναι προφανές ότι το IoT μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση πολλών απειλών στη κλιματική αλλαγή, υπάρχει και η άλλη όψη του νομίσματος. Το IoT μπορεί να βοηθήσει και να συμβάλει στη κλιματική αλλαγή χωρίς επιπτώσεις μόνο εάν κατασκευαστεί και αναπτυχθεί με υπευθυνότητα. Για παράδειγμα οι εκπομπές άνθρακα που δημιουργούνται κατά τη κατασκευή των συσκευών IoT μπορούν να βλάψουν το περιβάλλον. Αντίστοιχα το IoT μπορεί να μειώσει το κίνδυνο ηλεκτρονικών αποβλήτων, τα οποία θεωρείται ότι συμβάλλουν στη κλιματική αλλαγή και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Παρ' όλα αυτά το IoT μπορεί να έχει έναν πολύ μεγαλύτερο κατάλογο θετικών επιπτώσεων όταν εφαρμόζεται σωστά σε σύγκριση με τα μειονεκτήματά του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: Τεχνητή νοημοσύνη

4.1 Ορισμός της τεχνητής νοημοσύνης

Η τεχνητή νοημοσύνη ή AI (artificial intelligence) είναι η προσομοίωση διαδικασιών ανθρώπινης νοημοσύνης από μηχανές, ειδικά σε συστήματα υπολογιστών. Οι συγκεκριμένες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνουν έμπειρα συστήματα, επεξεργασία φυσικής γλώσσας, αναγνώριση ομιλίας και μηχανική όραση.

4.2 Πως λειτουργεί η τεχνητή νοημοσύνη

Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης λειτουργούν απορροφώντας μεγάλες ποσότητες δεδομένων, αναλύοντας τα δεδομένα για συσχετίσεις και μοτίβα και χρησιμοποιώντας αυτά τα μοτίβα για να κάνουν προβλέψεις για μελλοντικές καταστάσεις. Με αυτόν τον τρόπο, ένα chatbot που τροφοδοτείται με παραδείγματα κειμένου μπορεί να μάθει να δημιουργεί ρεαλιστικές ανταλλαγές με ανθρώπους ή ένα εργαλείο αναγνώρισης εικόνων μπορεί να μάθει να αναγνωρίζει και να περιγράφει αντικείμενα σε εικόνες εξετάζοντας εκατομμύρια παραδείγματα. Οι νέες ταχέως βελτιωμένες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να δημιουργούν ρεαλιστικό κείμενο, εικόνες, μουσική και άλλα μέσα. Ο προγραμματισμός τεχνητής νοημοσύνης εστιάζει σε γνωστικές δεξιότητες που περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- **Μάθηση:** Αυτή η πτυχή του προγραμματισμού τεχνητής νοημοσύνης εστιάζει στην απόκτηση δεδομένων και στη δημιουργία κανόνων για το πως μπορούν να μετατραπούν τα δεδομένα σε πληροφορία. Οι κανόνες ονομάζονται αλγόριθμοι, παρέχουν τις υπολογιστικές οδηγίες βήμα προς βήμα για αυτή τη διαδικασία.
- **Αιτιολογία:** Αυτή η πτυχή του προγραμματισμού τεχνητής νοημοσύνης εστιάζει στην επιλογή του σωστού αλγορίθμου για να επιτευχθεί ένα επιθυμητό αποτέλεσμα.
- **Αυτοδιόρθωση:** Αυτή η πτυχή του προγραμματισμού τεχνητής νοημοσύνης έχει σχεδιαστεί για να βελτιώνει συνεχώς τους αλγόριθμους και να διασφαλίζει ότι παρέχουν τα πιο ακριβή αποτελέσματα.
- **Δημιουργικότητα:** Αυτή η πτυχή της τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιεί νευρωνικά δίκτυα, συστήματα που βασίζονται σε κανόνες, στατιστικές μεθόδους και άλλες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης για τη δημιουργία νέων εικόνων, νέου κειμένου, νέας μουσικής και νέων ιδεών.

4.3 Γιατί είναι σημαντική η τεχνητή νοημοσύνη

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι σημαντική για τις δυνατότητες της να αλλάξει τον τρόπο που ζούμε, εργαζόμαστε και παίζουμε. Έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά στις επιχειρήσεις για την αυτοματοποίηση εργασιών που εκτελούνται από ανθρώπους, συμπεριλαμβανομένης της εργασίας εξυπηρέτησης πελατών, της δημιουργίας προφίλ υποψηφίων πελατών, του εντοπισμού απάτης και του ποιοτικού ελέγχου. Σε πολλούς τομείς η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να εκτελέσει εργασίες πολύ καλύτερα από τους ανθρώπους. Ιδιαίτερα όταν πρόκειται για επαναλαμβανόμενες εργασίες που προσανατολίζονται στη λεπτομέρεια, όπως η ανάλυση μεγάλου αριθμού νομικών εγγράφων για να διασφαλιστεί ότι τα σχετικά πεδία συμπληρώνονται σωστά, τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης συχνά ολοκληρώνουν εργασίες γρήγορα και με σχετικά λίγα σφάλματα. Λόγω των τεράστιων συνόλων δεδομένων που μπορεί να επεξεργαστεί η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί επίσης να δώσει στις επιχειρήσεις πληροφορίες για της δραστηριότητές τους που μπορεί να μην γνώριζαν. Ο ταχέως αναπτυσσόμενος πληθυσμός των εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης που δημιουργούνται θα είναι σημαντικός σε τομείς που κυμαίνονται από την εκπαίδευση, το marketing και πολλά άλλα. Η τεχνητή νοημοσύνη έχει γίνει σημαντική σε πολλές από τις μεγαλύτερες και πιο επιτυχημένες εταιρίες του σήμερα, συμπεριλαμβανομένων των Alphabet, Apple, Microsoft και Meta, όπου οι τεχνολογίες AI χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των λειτουργιών και την υπέρβαση των ανταγωνιστών. Οι εφαρμογές όμως της τεχνητής νοημοσύνης δεν σταματάνε εκεί αλλά στη πραγματικότητα είναι πολύ περισσότερες διότι η τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλούς διαφορετικούς τομείς και βιομηχανίες. Η τεχνητή νοημοσύνη δοκιμάζεται και στη χρησιμοποιείται στη βιομηχανία υγειονομικής περίθαλψης για να προτείνει δόσεις φαρμάκων, να εντοπίσει θεραπείες και να βοηθήσει σε χειρουργικές επεμβάσεις στο χειρουργείο. Άλλα παραδείγματα μηχανών με τεχνητή νοημοσύνη περιλαμβάνουν υπολογιστές που παίζουν σκάκι και αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα. Κάθε ένα από αυτά τα μηχανήματα πρέπει να σταθμίσει τις συνέπειες οποιασδήποτε ενέργειας αναλαμβάνουν, καθώς κάθε ενέργεια θα επηρεάσει το τελικό αποτέλεσμα. Η τεχνητή νοημοσύνη έχει επίσης εφαρμογές στον χρηματοπιστωτικό κλάδο, όπου χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την επισήμανση δραστηριότητας στον τραπεζικό χρηματοοικονομικό τομέα, όπως η ασυνήθιστη χρήση χρεωστικών καρτών και οι μεγάλες καταθέσεις σε λογαριασμούς. Όλα αυτά βοηθούν το τμήμα απάτης μίας τράπεζας. Οι εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται επίσης για να βοηθήσουν στον εξορθολογισμό και στη διευκόλυνση των συναλλαγών. Αυτό γίνεται καθιστώντας ευκολότερη την εκτίμηση της προσφοράς, της ζήτησης και της τιμολόγησης.

4.4 Τύποι τεχνητής νοημοσύνης

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χωριστεί σε δύο διαφορετικές κατηγορίες, την αδύναμη και την ισχυρή.

- Η αδύναμη τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα σχεδιασμένο για να εκτελεί μία συγκεκριμένη εργασία. Τα αδύναμα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνουν βιντεοπαιχνίδια όπως το παράδειγμα με το σκάκι και προσωπικούς βοηθούς όπως η Alexa της Amazon και η Siri της Apple, όπου κάνεις μια ερώτηση και σου απαντά.
- Τα ισχυρά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης είναι συστήματα που εκτελούν εργασίες που θεωρούνται ανθρώπινες. Αυτά τείνουν να είναι πιο πολύπλοκα συστήματα και μπορούν να χρησιμοποιήσουν ασαφή λογική για να εφαρμόσουν τη γνώση από τον έναν τομέα στον άλλο. Είναι προγραμματισμένα να χειρίζονται καταστάσεις στις οποίες μπορεί να τους ζητηθεί να λύσουν προβλήματα χωρίς να χρειάζεται να παρέμβει κάποιος. Αυτού του είδους τα συστήματα μπορούν να βρεθούν σε εφαρμογές όπως αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα ή στις χειρουργικές αίθουσες νοσοκομείων.

4.4.1 Οι τέσσερις τύποι της τεχνητής νοημοσύνης

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε έναν από τους τέσσερις τύπους:

Reactive AI:

Το Reactive AI χρησιμοποιεί αλγορίθμους για τη βελτιστοποίηση των εξόδων με βάση ένα σύνολο εισόδων. Το Reactive AI τείνει να είναι αρκετά στατικό, ανίκανο να μάθει ή να προσαρμοστεί σε νέες καταστάσεις. Έτσι θα παράγει την ίδια έξοδο με τις ίδιες εισόδους. Το παράδειγμα με το AI που παίζει σκάκι είναι μια εφαρμογή Reactive AI.

Limited memory AI:

Τα Limited memory AI μπορούν να προσαρμοστούν στην εμπειρία του παρελθόντος ή να ενημερωθούν με βάση νέες παρατηρήσεις ή δεδομένα. Συχνά ο όγκος της ενημέρωσης είναι περιορισμένος και η διάρκεια της μνήμης είναι σχετικά μικρή. Τα αυτόνομα οχήματα για παράδειγμα μπορούν να “διαβάσουν” τον δρόμο και να προσαρμοστούν σε νέες καταστάσεις, ακόμη και να “μάθουν” από την εμπειρία του παρελθόντος.

Theory-of-mind AI:

Ένα Theory-of-mind AI είναι πλήρως προσαρμοστικό και έχει εκτεταμένη ικανότητα να μαθαίνει και να διατηρεί προηγούμενες εμπειρίες. Αυτοί οι τύποι τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνουν chat-bots

που θα μπορούσαν να περάσουν το τεστ Turing, ξεγελώντας ένα άτομο πιστεύοντας ότι η τεχνητή νοημοσύνη ήταν άνθρωπος.

Self-aware AI:

Αυτό το είδος τεχνητής νοημοσύνης διαθέτει συνείδηση σε ανθρώπινο επίπεδο και κατανοεί τη δική του ύπαρξη στον κόσμο, καθώς και την παρουσία και στη συναισθηματική κατάσταση των άλλων. Θα ήταν σε θέση να κατανοήσει τι μπορεί να χρειάζονται οι άλλοι με βάση όχι μόνο αυτό που τους επικοινωνούν αλλά και πως το επικοινωνούν.

4.5 Προκλήσεις της τεχνητής νοημοσύνης

Η τεχνητής νοημοσύνη είναι ένα όφελος για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας, ενώ ταυτόχρονα μειώνει την πιθανότητα ανθρώπινου λάθους. Υπάρχουν όμως και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως το κόστος ανάπτυξης και η δυνατότητα αυτοματοποιημένων μηχανών να αντικαταστήσουν τις ανθρώπινες θέσεις εργασίας. Αξίζει να σημειωθεί ωστόσο ότι η βιομηχανία τεχνητής νοημοσύνης δημιουργεί επίσης θέσεις εργασίας μερικές από τις οποίες δεν έχουν καν εφευρεθεί ακόμη.

4.6 Παραδείγματα χρήσης της τεχνητής νοημοσύνης σήμερα

Οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης είναι πάρα πολλές τη σήμερον ημέρα όπως προαναφέραμε και παραπάνω. Μερικά ακόμα πιο συγκεκριμένα παραδείγματα σχετικά με τα πεδία εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης είναι τα παρακάτω.

Αυτοματοποίηση:

Όταν τα εργαλεία αυτοματισμού συνδυάζονται με τις τεχνολογίες ΑΙ μπορούν να επεκτείνουν τον όγκο και τους τύπου των εργασιών που εκτελούν. Ένα παράδειγμα είναι η ρομποτική αυτοματοποίηση διεργασιών (RPA), ένας τύπος λογισμικού που αυτοματοποιεί επαναλαμβανόμενες εργασίες, βασισμένες σε κανόνες επεξεργασίας δεδομένων που παραδοσιακά εκτελούνται από ανθρώπους. Όταν συνδυάζεται με τη μηχανική μάθηση το RPA μπορεί να αυτοματοποιήσει μεγαλύτερες μερίδες εργασιών, επιτρέποντας στα robot του RPC να μεταδίδουν “νοημοσύνη” προερχόμενη από τη τεχνητή νοημοσύνη και να ανταποκρίνονται στις αλλαγές της διαδικασίας.

Μηχανική μάθηση:

Αυτή είναι η επιστήμη του να κάνουμε έναν υπολογιστή να ενεργεί χωρίς προγραμματισμό. Η βαθιά μάθηση (deep learning) είναι ένα υποσύνολο της μηχανικής μάθησης που, με απλά λόγια μπορεί να

θεωρηθεί ως η αυτοματοποίηση των προγνωστικών αναλυτικών στοιχείων. Υπάρχουν τρεις τύποι μηχανικής μάθησης:

- 1) Εποπτευόμενος μάθηση: Τα σύνολα δεδομένων επισημαίνονται έτσι ώστε να μπορούν να εντοπιστούν μοτίβα και να χρησιμοποιηθούν για την επισήμανση νέων συνόλων δεδομένων.
- 2) Εκμάθηση χωρίς επίβλεψη: Τα σύνολα δεδομένων δεν φέρουν ετικέτα και ταξινομούνται σύμφωνα με ομοιότητες ή διαφορές.
- 3) Ενισχυτική μάθηση: Τα σύνολα δεδομένων δεν φέρουν ετικέτα, αλλά, μετά την εκτέλεση μίας ενέργειας ή πολλών ενεργειών, το σύστημα AI λαμβάνει ανατροφοδότηση.

Μηχανική όραση:

Αυτή η τεχνολογία δίνει σε ένα μηχάνημα την δυνατότητα να “βλέπει”. Η μηχανική όραση αποτυπώνει και αναλύει οπτικές πληροφορίες χρησιμοποιώντας μία κάμερα. Μετατρέπει το αναλογικό σήμα σε ψηφιακό και το επεξεργάζεται. Συχνά συγκρίνεται με την ανθρώπινη όραση, αλλά η μηχανική όραση δεν περιορίζεται από τη βιολογία ως αποτέλεσμα να μπορεί να προγραμματιστεί για να βλέπει ακόμα και μέσα από τοίχους. Χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, από την αναγνώριση υπογραφής μέχρι και την ανάλυση ιατρικών εικόνων.

Επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP):

Αυτή είναι η επεξεργασία της ανθρώπινης γλώσσας από ένα πρόγραμμα υπολογιστή. Ένα από τα παλαιότερα και πιο γνωστά παραδείγματα NLP είναι η ανίχνευση ανεπιθύμητων μηνυμάτων, η οποία εξετάζει τη γραμμή θέματος και το κείμενο ενός email και αποφασίζει αν είναι ανεπιθύμητο. Οι τρέχουσες προσεγγίσεις στο NLP βασίζονται στη μηχανική μάθηση. Οι εφαρμογές του NLP περιλαμβάνουν ακόμη και μετάφραση κειμένου, ανάλυση συναισθημάτων και αναγνώριση ομιλίας.

Ρομποτική:

Αυτός ο τομέας της μηχανικής επικεντρώνεται στο σχεδιασμό και την κατασκευή ρομπότ. Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται συχνά για την εκτέλεση εργασιών που είναι δύσκολο για τους ανθρώπους να εκτελούν. Για παράδειγμα τα ρομπότ χρησιμοποιούνται σε γραμμές συναρμολόγησης παραγωγής αυτοκινήτων ή από τη NASA για τη μετακίνηση μεγάλων αντικειμένων στο διάστημα. Οι ερευνητές χρησιμοποιούν επίσης χρησιμοποιούν επίσης μηχανική μάθηση για να κατασκευάσουν ρομπότ που μπορούν να αλληλεπιδρούν σε κοινωνικά περιβάλλοντα.

Αυτοκινούμενα αυτοκίνητα:

Τα αυτόνομα οχήματα χρησιμοποιούν έναν συνδυασμό όρασης υπολογιστή, αναγνώρισης εικόνας και βαθιάς μάθησης (deep learning) για να δημιουργήσουν αυτοματοποιημένες δεξιότητες για να

κατευθύνουν ένα όχημα ενώ μένουν σε μία δεδομένη λωρίδα και αποφεύγοντας απροσδόκητα εμπόδια, όπως οι πεζοί.

Δημιουργία κειμένου, εικόνας και ήχου:

Οι παραγωγικές τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίες δημιουργούν διάφορους τύπους μέσω των μέσων μέσω μηνυμάτων κειμένου, εφαρμόζονται εκτενώς σε όλες τις επιχειρήσεις για τη δημιουργία μίας φαινομενικά απεριόριστης γκάμας τύπων περιεχομένου από φωτορεαλιστική τέχνη μέχρι απαντήσεις email και παραγωγή βίντεο.

4.7 Πεδία εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει ανοίξει το δρόμο της σε μια μεγάλη ποικιλία αγορών. Μερικές από τις οποίες είναι :

Χρήση AI στην υγειονομική περίθαλψη :

Η χρήση AI στην υγειονομική περίθαλψη έχει ως κύριο στόχο την βελτίωση των αποτελεσμάτων των ασθενών και τη μείωση του κόστους. Οι εταιρείες εφαρμόζουν μηχανική μάθηση για να κάνουν καλύτερες και ταχύτερες ιατρικές διαγνώσεις από τους ανθρώπους. Μία από τις πιο γνωστές τεχνολογίες υγειονομικής περίθαλψης είναι η IBM Watson. Κατανοεί τη φυσική γλώσσα και μπορεί να απαντήσει σε ερωτήσεις που της τίθενται. Το σύστημα εξορύσσει δεδομένα ασθενών και άλλες διαθέσιμες πηγές δεδομένων για να σχηματίσει μία υπόθεση, την οποία στη συνέχεια παρουσιάζει με ένα σχήμα βαθμολόγησης εμπιστοσύνης. Άλλες εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνουν τη χρήση διαδικτυακών εικονικών βοηθών υγείας και chatbot για να βοηθήσουν ασθενείς και πελάτες υγειονομικής περίθαλψης να βρουν ιατρικές πληροφορίες, να προγραμματίσουν ραντεβού, να κατανοήσουν τη διαδικασία χρέωσης και να ολοκληρώσουν άλλες διοικητικές διαδικασίες. Μία σειρά τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιείται επίσης για τη πρόβλεψη, τη καταπολέμηση και τη κατανόηση πανδημιών όπως ο COVID-19.

Χρήση AI στις επιχειρήσεις :

Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης ενσωματώνονται σε πλατφόρμες ανάλυσης και διαχείρισης σχέσεων με πελάτες (CRM) για να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο καλύτερης εξυπηρέτησης των πελατών. Τα chatbot έχουν ενσωματωθεί σε ιστοσελίδες για να παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στους πελάτες. Η ταχεία πρόοδος της γενετικής τεχνολογίας AI αναμένεται να φέρει την επανάσταση στο σχεδιασμό προϊόντων και των επιχειρηματικών μοντέλων.

Χρήση AI στην εκπαίδευση:

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αυτοματοποιήσει τη βαθμολόγηση, δίνοντας στους εκπαιδευτικούς περισσότερο χρόνο για άλλες εργασίες. Μπορεί να αξιολογήσει τους μαθητές και να προσαρμοστεί στις ανάγκες τους, βοηθώντας τους να εργαστούν με τον δικό τους τρόπο και ρυθμό. Οι δάσκαλοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να παρέχουν πρόσθετη υποστήριξη στους μαθητές, διασφαλίζοντας ότι παραμένουν σε καλό δρόμο. Όπως καταδεικνύεται από το ChatGPT, το Bard και άλλα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα, η γενετική τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν εργασίες μαθημάτων και άλλο διδακτικό υλικό και να προσελκύσουν τους μαθητές με νέους τρόπους. Η εμφάνιση αυτών των εργαλείων αναγκάζει επίσης τους εκπαιδευτικούς να επανεξετάζουν τις εργασίες των μαθητών και να αναθεωρήσουν τις πολιτικές για τη λογοκλοπή.

Χρήση AI στα χρηματοοικονομικά:

Η τεχνητή νοημοσύνη σε εφαρμογές προσωπικής χρηματοδότησης, όπως το Intuit Mint ή το TurboTax, συλλέγουν προσωπικά δεδομένα και παρέχουν οικονομικές συμβουλές. Σήμερα, το λογισμικό τεχνητής νοημοσύνης εκτελεί μεγάλο μέρος των συναλλαγών στη Wall Street.

Χρήση AI στα νομικά:

Η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης για να βοηθήσει στην αυτοματοποίηση των έντονων διαδικασιών εργασίας του νομικού κλάδου εξοικονομεί χρόνο και βελτιώνει την εξυπηρέτηση πελατών. Τα δικηγορικά γραφεία χρησιμοποιούν μηχανική μάθηση για να περιγράψουν δεδομένα και να προβλέψουν τα αποτελέσματα, όραση υπολογιστή για τη ταξινόμηση και εξαγωγή πληροφοριών από έγγραφα και NLP για την ερμηνεία των αιτημάτων για πληροφορίες.

Χρήση AI στη ψυχαγωγία και τα μέσα ενημέρωσης:

Η βιομηχανία της ψυχαγωγίας χρησιμοποιεί τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης για στοχευμένη διαφήμιση, πρόταση περιεχομένου και δημιουργία σεναρίων. Η αυτοματοποιημένη δημοσιογραφία βοηθά τα γραφεία τύπου να βελτιστοποιήσουν τις ροές εργασίας των μέσων ενημέρωσης μειώνοντας τον χρόνο, το κόστος και την πολυπλοκότητα. Τα γραφεία τύπου χρησιμοποιούν επίσης τεχνητή νοημοσύνη για την αυτοματοποίηση εργασιών ρουτίνας, όπως η εισαγωγή δεδομένων, η διόρθωση και η έρευνα θεμάτων. Ο τρόπος με τον οποίο η δημοσιογραφία μπορεί να χρησιμοποιήσει αξιόπιστα μία γενετική τεχνητή νοημοσύνη όπως το ChatGPT για τη δημιουργία περιεχομένου είναι αμφισβητήσιμο.

Χρήση AI στην κυβερνοασφάλεια:

Η χρήση τεχνητής νοημοσύνης και η μηχανικής μάθησης στη κυβερνοασφάλεια βοηθάει στον εντοπισμό ανωμαλιών, την ανίχνευση ψεύδους και την διεξαγωγή αναλύσεων συμπεριφοράς απειλών. Οι οργανισμοί χρησιμοποιούν μηχανική μάθηση σε λογισμικό ασφάλειας πληροφοριών και διαχείρισης συμβάντων (SIEM) και σε άλλους σχετικούς τομείς για τον εντοπισμό ανωμαλιών και ύποπτων

δραστηριοτήτων που υποδεικνύουν απειλές. Αναλύοντας δεδομένα και χρησιμοποιώντας λογική για τον εντοπισμό ομοιοτήτων με γνωστό κακόβουλο κώδικα, τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να παρέχει ειδοποιήσεις για νέες και αναδυόμενες επιθέσεις πολύ νωρίτερα από τους ανθρώπους και τις προηγούμενες τεχνολογίες.

Χρήση AI στη βιομηχανία:

Η βιομηχανία ήταν η πρώτη στην ενσωμάτωση ρομπότ στη γραμμή παραγωγής. Η τεχνητή νοημοσύνη όμως έχει μετατρέψει τα βιομηχανικά ρομπότ που κάποτε ήταν προγραμματισμένα να εκτελούν μεμονωμένες εργασίες και χωρίζονταν από τους ανθρώπους εργάτες, πλέον λειτουργούν όλο και περισσότερο ως ρομπότ βοηθοί (cobots), δηλαδή μικρότερα ρομπότ πολλαπλών εργασιών που συνεργάζονται με τους ανθρώπους και αναλαμβάνουν την ευθύνη για περισσότερα μέρη της εργασίας σε αποθήκες, δάπεδα εργοστασίων και άλλους χώρους εργασίας.

Χρήση AI στις τράπεζες:

Οι τράπεζες χρησιμοποιούν με επιτυχία chatbots για να ενημερώνουν τους πελάτες τους για τις υπηρεσίες και τις προσφορές και να χειρίζονται συναλλαγές που δεν απαιτούν ανθρώπινη παρέμβαση. Οι εικονικοί βοηθοί τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση και τη μείωση του κόστους συμμόρφωσης με τους τραπεζικούς κανονισμούς. Οι τραπεζικοί οργανισμοί χρησιμοποιούν επίσης την τεχνητή νοημοσύνη για να βελτιώνουν τη λήψη αποφάσεων για δάνεια, να ορίσουν πιστωτικά όρια και αν εντοπίσουν επενδυτικές ευκαιρίες.

Χρήση AI στις μεταφορές:

Εκτός από τον θεμελιώδη ρόλο της τεχνητής νοημοσύνης στη λειτουργία αυτόνομων οχημάτων, οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται στις μεταφορές για τη διαχείριση της κυκλοφορίας, την πρόβλεψη καθυστερήσεων πτήσεων και την ασφαλέστερη και αποτελεσματικότερη ναυτιλία. Στις αλυσίδες εφοδιασμού, η τεχνητή νοημοσύνη αντικαθιστά τις παραδοσιακές μεθόδους πρόβλεψης της ζήτησης και πρόβλεψης διαταραχών, μία τάση που επιταχύνθηκε από τον COVID-19 όταν πολλές εταιρείες πιάστηκαν εξαπίνης από τις επιπτώσεις μίας παγκόσμιας πανδημίας στην προσφορά και τη ζήτηση αγαθών.

4.8 Η ιστορία της τεχνητής νοημοσύνης

Τα τέλη του 19ου και το πρώτο μισό του 20ου αιώνα έφεραν στο προσκήνιο το θεμελιώδες έργο που θα οδηγήσει στη δημιουργία του σύγχρονου υπολογιστή. Το 1836, ο μαθηματικός του Πανεπιστημίου του Cambridge Charles Babbage και η Augusta Ada King, κόμισσα της Lovelace, επινόησαν το πρώτο σχέδιο για μία προγραμματιζόμενη μηχανή.

Δεκαετία του 1940:

Ο μαθηματικός του Πρίνστον, John Von Neuman, συνέλαβε την αρχιτεκτονική για τον υπολογιστή αποθηκευμένου προγράμματος, την ιδέα ότι το πρόγραμμα ενός υπολογιστή και τα δεδομένα που επεξεργάζεται μπορούν να διατηρηθούν στη μνήμη του υπολογιστή. Και οι Warren MvCulloch και Walter Pitts έθεσαν τα θεμέλια για τα νευρωνικά δίκτυα.

Δεκαετία του 1950:

Με την έλευση των σύγχρονων υπολογιστών, οι επιστήμονες μπορούσαν να δοκιμάσουν τις ιδέες τους σχετικά με τη νοημοσύνη των μηχανών. Μία μέθοδος για τον προσδιορισμό του εάν ένας υπολογιστής έχει νοημοσύνη επινοήθηκε από τον Βρετανό μαθηματικό Alan Turing. Το τεστ Turing επικεντρώθηκε στην ικανότητα ενός υπολογιστή να ξεγελά τους ανακριτές ώστε να πιστεύουν ότι οι απαντήσεις του στις ερωτήσεις τους έγιναν από άνθρωπο.

1956:

Το σύγχρονο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης αναφέρεται ευρέως ότι ξεκινά φέτος κατά τη διάρκεια ενός καλοκαιρινού συνεδρίου στο Dartmouth College. Με τη χορηγία του Οργανισμού Έρευνας Προηγμένων Αμυντικών Προγραμμάτων (DARPA), στο συνέδριο συμμετείχαν 10 προσωπικότητες του τομέα, συμπεριλαμβανομένων των πρωτοπόρων της τεχνητής νοημοσύνης Marvin Minsky, Oliver Selfridge και John McCarthy, στον οποίο πιστώνεται η επινοήση του όρου τεχνητή νοημοσύνη. Παρόντες ήταν επίσης ο Allen Newell, επιστήμονας υπολογιστών και ο Herbert A. Simon, οικονομολόγος, πολιτικός επιστήμονας και γνωστικός ψυχολόγος. Οι δυο τους παρουσίασαν το πρωτοποριακό τους Logic Theorist, ένα πρόγραμμα υπολογιστή ικανό να αποδείξει ορισμένα μαθηματικά θεωρήματα και αναφέρεται ως το πρώτο πρόγραμμα AI.

Συνέχεια δεκαετίας 1950 και δεκαετία 1960:

Στον απόηχο του συνεδρίου του Dartmouth College, ηγέτες στον νέο τομέα της AI προέβλεψαν ότι μια ανθρωπογενής νοημοσύνης ισοδύναμη με τον ανθρώπινο εγκέφαλο βρισκόταν στη γωνία, προσελκύνοντας σημαντική υποστήριξη από την κυβέρνηση και τη βιομηχανία. Πράγματι, σχεδόν 20 χρόνια βασικής έρευνας οδήγησαν σε σημαντικές προόδους στην τεχνητή νοημοσύνη. Για παράδειγμα, στα τέλη της δεκαετίας του 1950, οι Newell και Simon δημοσίευσαν τον αλγόριθμο Γενικής Επίλυσης Προβλημάτων (GPS), ο οποίος δεν μπορούσε να λύσει πολύπλοκα προβλήματα, αλλά έθεσε τις βάσεις για ανάπτυξη πιο εξελιγμένων γνωστικών αρχιτεκτονικών, ο McCarthy ανέπτυξε τη Lisp, μία γλώσσα προγραμματισμού AI που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα. Στα μέσα της δεκαετίας του 1960, ο

καθηγητής του MIT Joseph Weizenbaum ανέπτυξε το ELIZA, ένα πρώιμο πρόγραμμα NLP που έθεσε τα θεμέλια για τα σημερινά chatbots.

Δεκαετίες 1970 και 1980:

Το επίτευγμα της τεχνητής γενικής νοημοσύνης αποδείχθηκε άπιστο, όχι επικείμενο, παρεμποδίστηκε από τους περιορισμούς στην επεξεργασία και τη μνήμη του υπολογιστή και από τη πολυπλοκότητα των προβλημάτων. Κυβερνήσεις και εταιρίες υποχώρησαν από την υποστήριξη τους στην έρευνα της τεχνητής νοημοσύνης, οδηγώντας σε μία περίοδο αγρανάπαισης που διήρκεσε από το 1974 έως το 1980, γνωστή ως ο πρώτος “Χειμώνας του AI”. Στη δεκαετία του 1980, η έρευνα για τις τεχνικές deep learning και η υιοθέτηση από τη βιομηχανία των έμπειρων συστημάτων του Edward Feigenbaum πυροδότησε ένα νέο κύμα ενθουσιασμού για τη τεχνητή νοημοσύνη, που ακολουθήθηκε από μία άλλη κατάρρευση της κρατικής χρηματοδότησης και της υποστήριξης της βιομηχανίας. Ο δεύτερος χειμώνας του AI διήρκεσε μέχρι να μέσα της δεκαετίας του 1990.

Δεκαετία του 1990:

Οι αύξηση της υπολογιστικής ισχύος και η έκρηξη δεδομένων πυροδότησε μια αναγέννηση της τεχνητής νοημοσύνης στα τέλη της δεκαετίας του 1990 που έθεσε το έδαφος για τις αξιοσημείωτες προόδους στην τεχνητή νοημοσύνη που βλέπουμε σήμερα. Ο συνδυασμός μεγάλων δεδομένων και αυξημένης υπολογιστικής ισχύος οδήγησε σε καινοτομίες στο NLP, την όραση υπολογιστών, τη ρομποτική, τη μηχανική μάθηση και τη βαθιά μάθηση. Το 1997, καθώς η πρόοδος στην τεχνητή νοημοσύνη επιταχύνθηκε, ο Deep Blue της IBM νίκησε τον Ρώσο grandmaster Garry Kasparov και έγινε το πρώτο πρόγραμμα υπολογιστή που κέρδισε έναν παγκόσμιο πρωταθλητή στο σκάκι.

Δεκαετία του 2000:

Η περαιτέρω πρόοδος στη μηχανική μάθηση, το deep learning, το NLP, την αναγνώριση ομιλίας και την όραση υπολογιστή οδήγησαν σε προϊόντα και υπηρεσίες που έχουν διαμορφώσει τον τρόπο που ζούμε σήμερα. Αυτές περιλαμβάνουν την κυκλοφορία της μηχανής αναζήτησης της Google το 2000 και την κυκλοφορία της μηχανής προτεινόμενων της Amazon το 2001. Το Netflix ανέπτυξε το σύστημα προτεινόμενων για ταινίες, το Facebook παρουσίασε το σύστημα αναγνώρισης προσώπου και η Microsoft κυκλοφόρησε το σύστημα αναγνώρισης ομιλίας για τη μεταγραφή της ομιλίας σε κείμενο. Η IBM ξεκίνησε την Watson και η Google ξεκίνησε την πρωτοβουλία της για αυτόνομη οδήγηση, Waymo.

Δεκαετία του 2010:

Η δεκαετία μεταξύ 2010 και 2020 είδε μια σταθερή ροή εξελίξεων στην τεχνητή νοημοσύνη. Αυτά περιλαμβάνουν την κυκλοφορία των βοηθών φωνής Siri της Apple και Alexa της Amazon, της νίκης της IBM Watson στο Jeopardy, τα αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα, την κυκλοφορία του TensorFlow, ενός deep learning framework της Google, την ίδρυση του ερευνητικού εργαστηρίου OpenAI και την εφαρμογή συστημάτων βασισμένων σε τεχνητή νοημοσύνη που ανιχνεύουν καρκίνους με υψηλό βαθμό ακρίβειας.

Δεκαετία του 2020:

Στη τρέχουσα δεκαετία έχει κάνει την εμφάνισή της η γενετική τεχνητή νοημοσύνη, ένας τύπος τεχνητής νοημοσύνης που μπορεί να παράγει νέο περιεχόμενο. Το Generative AI ξεκινά με μία προτροπή που θα μπορούσε να έχει τη μορφή κειμένου, εικόνας, βίντεο, σχεδίου, μουσικών νοτών ή οποιασδήποτε εισόδου που μπορεί να επεξεργαστεί το σύστημα AI. Στη συνέχεια, διάφοροι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης επιστρέφουν νέο περιεχόμενο ως απόκριση στην προτροπή. Το περιεχόμενο μπορεί να περιλαμβάνει δοκίμια, λύσεις σε προβλήματα ή ρεαλιστικά ψεύτικα που δημιουργούνται από εικόνες ή ήχο ενός ατόμου. Οι ικανότητες γλωσσικών μοντέλων όπως το ChatGPT-3, το Bard της Google και το Megatron-Turing NLG της Microsoft έχουν εντυπωσιάσει τον κόσμο, αλλά η τεχνολογία βρίσκεται ακόμα σε πρώιμα στάδια, όπως αποδεικνύεται από την τάση της να παραμορφώνει τις απαντήσεις.

4.9 Ηθική χρήση της τεχνητής νοημοσύνης

Ενώ τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης παρουσιάζουν μία σειρά νέων λειτουργιών για τις επιχειρήσεις, η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης εγείρει επίσης ηθικά ερωτήματα επειδή καλώς ή κακώς, ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης θα ενισχύσει όσα έχει ήδη μάθει, αυτό μπορεί να είναι προβληματικό επειδή οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, οι οποίοι στηρίζουν πολλά από τα πιο προηγμένα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης, είναι τόσο έξυπνοι όσο τα δεδομένα που δίνονται στην εκπαίδευση ενός προγράμματος AI, έτσι η πιθανότητα μεροληψίας μηχανικής μάθησης είναι εγγενής και πρέπει να παρακολουθείται στενά. Όποιος θέλει να χρησιμοποιήσει τη μηχανική μάθηση ως μέρος των πραγματικών συστημάτων παραγωγής, πρέπει να συνυπολογίσει την ηθική στις διαδικασίες εκπαίδευσης AI και αν προσπαθήσει να αποφύγει την προκατάληψη. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης που είναι εγγενώς ανεξήγητοι σε εφαρμογές deep learning και εφαρμογές αναγεννητικών ανταγωνιστικών δικτύων (GAN). Η επεξηγησιμότητα είναι ένα πιθανό εμπόδιο στη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης σε βιομηχανίες που λειτουργούν υπό αυστηρές απαιτήσεις. Για παράδειγμα, τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα στις Ηνωμένες Πολιτείες λειτουργούν βάσει κανονισμών που τους απαιτούν να εξηγούν τις αποφάσεις τους για την έκδοση πιστώσεων. Ωστόσο, όταν μια απόφαση άρνησης πίστωσης λαμβάνεται μέσω προγραμματισμού τεχνητής

νοημοσύνης, μπορεί να είναι δύσκολο να εξηγηθεί πως λήφθηκε η απόφαση, επειδή τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιούνται για τη λήψη τέτοιων αποφάσεων λειτουργούν πειράζοντας λεπτούς συσχετισμούς μεταξύ χιλιάδων μεταβλητών. Όταν η διαδικασία λήψης αποφάσεων δεν μπορεί να εξηγηθεί, το πρόγραμμα συχνά αναφέρεται ως μαύρο κουτί AI.

Συνοπτικά, οι ηθικές προκλήσεις της τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Μεροληψία, λόγω ακατάλληλα εκπαιδευμένων αλγορίθμων και ανθρώπινη προκατάληψη.
- Κακή χρήση, λόγω φωτογραφικού υλικού και βίντεο που δεν είναι αληθινά (deepfakes).
- Νομικές ανησυχίες, συμπεριλαμβανομένων ζητημάτων συκοφαντίας και πνευματικών δικαιωμάτων με τεχνητή νοημοσύνη.
- Κατάργηση θέσεων εργασίας και ανησυχίες για το απόρρητο των δεδομένων, ιδιαίτερα στους τραπεζικούς, υγειονομικούς και νομικούς τομείς.

4.10 Διακυβέρνηση και κανονισμοί της τεχνητής νοημοσύνης

Παρά τους πιθανούς κινδύνους, υπάρχουν επί τους παρόντος λίγοι κανονισμοί που διέπουν τη χρήση εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης και όπου υπάρχουν νόμοι συνήθως αφορούν άμεσα τη τεχνητή νοημοσύνη. Για παράδειγμα, όπως αναφέρθηκε, οι κανονισμοί για τον δίκαιο δανεισμό των ΗΠΑ απαιτούν από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα να εξηγούν τις αποφάσεις πίστωσης σε δυνητικούς πελάτες. Αυτό περιορίζει την βαθμό στον οποίο οι δανειστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αλγόριθμους deep learning, οι οποίοι από τη φύση τους είναι αδιαφανείς και δεν μπορούν να εξηγηθούν. Ο Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (GDPR) της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξετάζει τους κανονισμούς για την τεχνητή νοημοσύνη. Τα αυστηρά όρια του GDPR σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις μπορούν να χρησιμοποιούν τα δεδομένα καταναλωτών περιορίζουν ήδη την εκπαίδευση και την λειτουργικότητα πολλών εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης. Η δημιουργία νόμων για τη ρύθμιση της τεχνητής νοημοσύνης δεν θα είναι εύκολη, εν μέρει επειδή η τεχνητή νοημοσύνη περιλαμβάνει μια ποικιλία τεχνολογιών που χρησιμοποιούν οι εταιρείες για διαφορετικούς σκοπούς και εν μέρει επειδή οι κανονισμοί μπορεί να βαρύνουν την πρόοδο και την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης. Η ταχεία εξέλιξη των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης είναι ένα άλλο εμπόδιο στη διαμόρφωση ουσιαστικής ρύθμισης της τεχνητής νοημοσύνης, όπως και οι προκλήσεις που παρουσιάζονται από την έλλειψη διαφάνειας της τεχνητής νοημοσύνης που καθιστούν δύσκολο να δούμε πως οι αλγόριθμοι φτάνουν στο αποτέλεσμά τους. Επιπλέον, οι τεχνολογικές ανακαλύψεις και οι καινοτόμες εφαρμογές όπως το ChatGPT μπορούν να καταστήσουν τους υπάρχοντες νόμους αμέσως απαρχαιωμένους και φυσικά οι νόμοι που καταφέρνουν οι κυβερνήσεις να δημιουργήσουν για να ρυθμίσουν την τεχνητή νοημοσύνη δεν εμποδίζουν τους εγκληματίες να χρησιμοποιούν την τεχνολογία με κακόβουλη πρόθεση.

4.11 Νόμος τεχνητής νοημοσύνης (AI Act)

Ο νόμος τεχνητής νοημοσύνης (AI Act) είναι το πρώτο νομικό πλαίσιο για τη τεχνητή νοημοσύνη, το οποίο αντιμετωπίζει τους κινδύνους της τεχνητής νοημοσύνης και τοποθετεί την Ευρώπη να διαδραματίσει ηγετικό ρόλο παγκοσμίως. Ο νόμος AI στοχεύει στο να παρέχει στους προγραμματιστές και τους προγραμματιστές τεχνητής νοημοσύνης σαφείς απαιτήσεις και υποχρεώσεις σχετικά με συγκεκριμένες χρήσεις της τεχνητής νοημοσύνης. Στόχος των νέων κανόνων είναι να προωθήσουν αξιόπιστη τεχνητή νοημοσύνη στην Ευρώπη και πέρα από αυτήν, διασφαλίζοντας ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης σέβονται τα θεμελιώδη δικαιώματα, την ασφάλεια και τις ηθικές αρχές και αντιμετωπίζοντας τους κινδύνους από πολύ ισχυρά και αποτελεσματικά μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης. Ο νόμος για την τεχνητή νοημοσύνη διασφαλίζει ότι οι Ευρωπαίοι μπορούν να εμπιστευτούν αυτό που έχει να προσφέρει η τεχνητή νοημοσύνη. Ενώ τα περισσότερα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης δεν ενέχουν περιορισμένο κίνδυνο και μπορούν να συμβάλουν στην επίλυση πολλών κοινωνικών προκλήσεων, ορισμένα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης δημιουργούν κινδύνους που πρέπει να αντιμετωπίσουμε για να αποφύγουμε ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, συχνά δεν είναι δυνατό να μάθουμε γιατί ένα σύστημα AI έχει λάβει μια απόφαση ή μια πρόβλεψη και έχει κάνει μια συγκεκριμένη ενέργεια. Έτσι, μπορεί να γίνει δύσκολο να εκτιμηθεί εάν κάποιος έχει μειονεκτήσει άδικα, όπως σε μια απόφαση πρόσληψης ή σε μια αίτηση για ένα κοινωφελές σύστημα. Αν και η υφιστάμενη νομοθεσία παρέχει κάποια προστασία, είναι ανεπαρκής για την αντιμετώπιση των συγκεκριμένων προκλήσεων που μπορεί να φέρουν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης.

Οι προτεινόμενοι κανόνες είναι:

- Η αντιμετώπιση κινδύνων που δημιουργούνται ειδικά από εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης.
- Η απαγόρευση πρακτικών τεχνητής νοημοσύνης που ενέχουν απαράδεκτους κινδύνους.
- Ο καθορισμός μιας λίστας εφαρμογών υψηλού κινδύνου.
- Η θέσπιση σαφών απαιτήσεων για συστήματα τεχνητής νοημοσύνης για εφαρμογές υψηλού κινδύνου.
- Ο ορισμός συγκεκριμένων υποχρεώσεων για τους προγραμματιστές και τους παρόχους εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης υψηλού κινδύνου.
- Η απαίτηση αξιολόγησης συμμόρφωσης προτού τεθεί σε λειτουργία ή διατεθεί στην αγορά ένα δεδομένο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης.
- Εφαρμογή επιβολής μετά την κυκλοφορία ενός δεδομένου συστήματος τεχνητής νοημοσύνης στην αγορά.
- Η δημιουργία μιας δομής διακυβέρνησης σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο.

Το Ρυθμιστικό Πλαίσιο ορίζει 4 επίπεδα κινδύνου για συστήματα τεχνητής νοημοσύνης:

Υψηλού κινδύνου:

Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που προσδιορίζονται ως υψηλού κινδύνου περιλαμβάνουν τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιείται σε:

- Υποδομές ζωτικής σημασίας, που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τη ζωή και την υγεία των πολιτών.
- Εκπαιδευτική ή επαγγελματική κατάρτιση, που μπορεί να καθορίσει την πρόσβαση στην εκπαίδευση και την επαγγελματική πορεία της ζωής κάποιου.
- Εξαρτήματα ασφαλείας προϊόντων.
- Απασχόληση, διαχείριση εργαζομένων και πρόσβαση στην αυτοαπασχόληση.
- Βασικές ιδιωτικές και δημόσιες υπηρεσίες.
- Επιβολή του νόμου που μπορεί να παρεμβαίνει στα θεμελιώδη δικαιώματα των ανθρώπων.
- Διαχείριση της μετανάστευσης, του ασύλου και του ελέγχου των συνόρων.
- Απονομή δικαιοσύνης και δημοκρατικές διαδικασίες.

Περιορισμένου κινδύνου:

Ο περιορισμένος κίνδυνος αναφέρεται στους κινδύνους που σχετίζονται με την έλλειψη διαφάνειας στη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης. Ο νόμος περί τεχνητής νοημοσύνης εισάγει συγκεκριμένες υποχρεώσεις διαφάνειας για να διασφαλίσει ότι οι άνθρωποι ενημερώνονται όταν είναι απαραίτητο, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη. Για παράδειγμα, όταν χρησιμοποιούν συστήματα τεχνητής νοημοσύνης όπως τα chatbots, οι άνθρωποι θα πρέπει να γνωρίζουν ότι αλληλεπιδρούν με ένα μηχανήμα, ώστε να μπορούν να λάβουν τεκμηριωμένη απόφαση να συνεχίσουν ή να κάνουν πίσω. Οι πάροχοι θα πρέπει επίσης να διασφαλίσουν ότι το περιεχόμενο που δημιουργείται από ΑΙ είναι αναγνωρίσιμο. Επιπλέον, το κείμενο που δημιουργείται από την τεχνητή νοημοσύνη που δημοσιεύεται με σκοπό την ενημέρωση του κοινού για θέματα δημόσιου ενδιαφέροντος πρέπει να χαρακτηρίζεται ως τεχνητά δημιουργημένο. Αυτό ισχύει επίσης για περιεχόμενο ήχου και βίντεο που αποτελεί βαθύ ψεύτικο υλικό (deep fake).

Ελάχιστου κινδύνου:

Ο νόμος ΑΙ επιτρέπει τη δωρεάν χρήση τεχνητής νοημοσύνης ελάχιστου κινδύνου. Αυτό περιλαμβάνει εφαρμογές όπως βιντεοπαιχνίδια με δυνατότητα ΑΙ ή φίλτρα ανεπιθύμητης αλληλογραφίας. Η συντριπτική πλειοψηφία των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιούνται επί του παρόντος στην ΕΕ εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία.

4.12 Το μέλλον της τεχνητής νοημοσύνης

Όταν κάποιος αναλογιστεί το υπολογιστικό κόστος και την υποδομή τεχνικών δεδομένων πίσω από την τεχνητή νοημοσύνη, η εκτέλεση με τεχνητή νοημοσύνη είναι στη πραγματικότητα μία πολύπλοκη και δαπανηρή επιχείρηση. Έχουν σημειωθεί τεράστιες πρόοδοι στη τεχνολογία των υπολογιστών, όπως

υποδεικνύεται από το νόμο του Moore, ο οποίος δηλώνει ότι ο αριθμός των τρανζίστορ σε ένα μικροσίπ διπλασιάζεται περίπου κάθε δύο χρόνια, ενώ το κόστος των υπολογιστών μειώνεται στο μισό. Αν και πολλοί ειδικοί πιστεύουν ότι ο νόμος του Moore πιθανότατα θα τελειώσει κάποια στιγμή στη δεκαετία του 2020, αυτό είχε σημαντικό αντίκτυπο στις σύγχρονες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης. Πρόσφατη έρευνα διαπίστωσε ότι η καινοτομία της τεχνητής νοημοσύνης ξεπέρασε στην πραγματικότητα τον νόμο του Moore, όπου ο αριθμός των τρανζίστορ διπλασιάζεται κάθε έξι μήνες περίπου σε αντίθεση με δύο χρόνια. Οι εξελίξεις που έχει κάνει η τεχνητή νοημοσύνη σε διάφορους κλάδους ήταν σημαντικές τα τελευταία χρόνια και η πιθανότητα για ακόμη μεγαλύτερο αντίκτυπο τις επόμενες δεκαετίες φαίνεται σχεδόν αναπόφευκτη.

Κεφάλαιο 5ο: Σχεδιασμός και υλοποίηση έξυπνου συστήματος

5.1 Απαιτήσεις συστήματος

Οι απαιτήσεις ενός συστήματος χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες που είναι οι λειτουργικές και οι μη λειτουργικές απαιτήσεις. Οι λειτουργικές απαιτήσεις περιγράφουν τις δυνατότητες του συστήματος και είναι λεπτομερές ως προς την περιγραφή των εισόδων, των εξόδων και των εξαιρέσεων ενός συστήματος. Οι απαιτήσεις του συστήματος που περιγράφονται από τις λειτουργικές απαιτήσεις θα πρέπει να πληρούν δύο βασικούς κανόνες, εκείνους της πληρότητας και της συνέπειας.

- **Πληρότητα (Completeness):** Ορίζει όλες τις υπηρεσίες που έχουν οριστεί από το χρήστη
- **Συνέπεια (Consistency):** Διασφαλίζει ότι οι απαιτήσεις δεν περιέχουν ορισμούς που αντιφάσκουν μεταξύ τους.

Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις είναι απαιτήσεις που δεν αφορούν άμεσα τις λειτουργίες του συστήματος, όπως είναι ο χρόνος απόκρισης και ο απαιτούμενος χώρος αποθήκευσης. Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις συνήθως προκύπτουν από τις ανάγκες των χρηστών, από περιορισμούς του διαθέσιμου προϋπολογισμού, από τις πολιτικές μίας εταιρείας κ.α. Οι επικρατέστεροι τύποι μη λειτουργικών απαιτήσεων είναι οι εξής:

- **Απαιτήσεις προϊόντος**
- **Εταιρικές απαιτήσεις**
- **Εξωτερικές απαιτήσεις**

5.1.1 Λειτουργικές απαιτήσεις συστήματος

Μέσω της διαδικασίας σχεδιασμού του έξυπνου συστήματος προέκυψαν οι εξής λειτουργικές απαιτήσεις:

- Το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να καταγράφει και να αποθηκεύει τις τιμές που μετράνε οι αισθητήρες του υλικού (hardware).
- Το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να ενημερώνει τον χρήστη για τις συνθήκες που επικρατούν στο σημείο τοποθέτησης του υλικού (καλλιέργεια).

- Το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να προειδοποιεί τον χρήστη όταν επικρατούν ακραίες καιρικές συνθήκες στο σημείο τοποθέτησης του υλικού (καλλιέργεια).
- Το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να προβλέψει τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατήσουν τις επόμενες ώρες στο σημείο τοποθέτησης του υλικού (καλλιέργεια).
- Το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να διαχειριστεί τη διαδικασία του ποτίσματος με βάση τις προβλεπόμενες καιρικές συνθήκες που θα επικρατήσουν στο σημείο τοποθέτησης του υλικού (καλλιέργεια).
- Το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να προβάλλει στο χρήστη όλη τη πληροφορία που έχει καταγραφεί και υπολογιστεί με βάση τις μετρήσεις του υλικού.

5.1.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις συστήματος

Μέσω της διαδικασίας σχεδιασμού του έξυπνου συστήματος προέκυψαν οι εξής μη λειτουργικές απαιτήσεις:

- Το σύστημα θα πρέπει να είναι εύχρηστο με σαφές διαισθητικό περιβάλλον για το χρήστη.
- Το σύστημα θα πρέπει να είναι διαθέσιμο και λειτουργικό ανά πάσα στιγμή.
- Το σύστημα θα πρέπει να προστατεύει τους χρήστες κατά την εισαγωγή των δεδομένων τους στο σύστημα όπως για παράδειγμα οι φόρμες σύνδεσης χρήστη, δημιουργία χρήστη, δημιουργία κωδικού χρήστη.
- Το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να αυθεντικοποιήσει και να εξουσιοδοτήσει έναν χρήστη, πιο συγκεκριμένα με τη χρήση JWT Token.

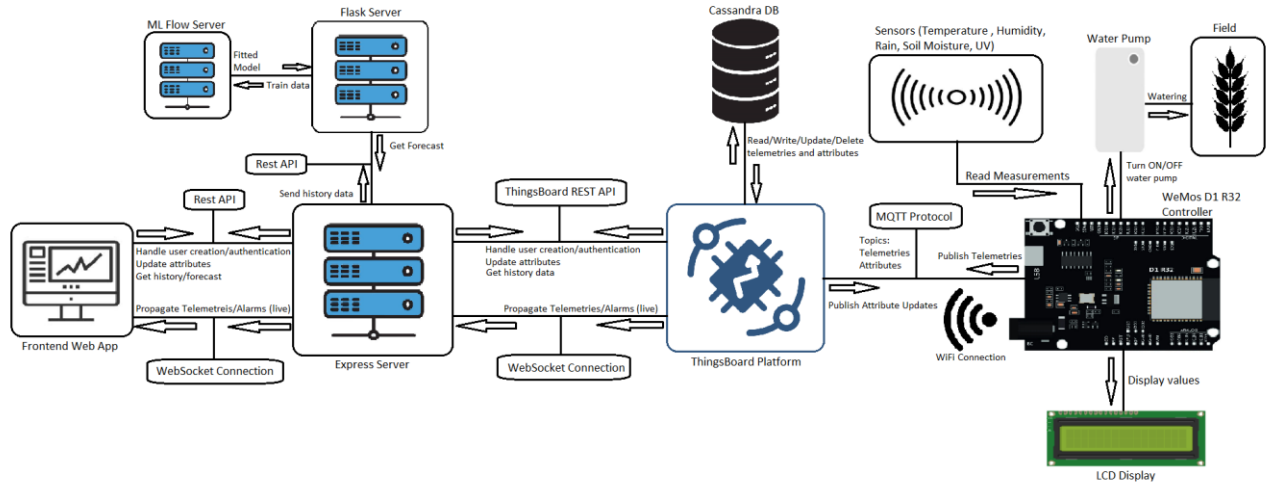
5.2 Σχεδίαση συστήματος

Από τις απαιτήσεις συστήματος προκύπτει ότι το σύστημα προκειμένου να ανταπεξέλθει στις λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις που ορίστηκαν στα κεφάλαια 5.1.1 και 5.1.2 θα πρέπει να περιέχει τις εξής οντότητες:

- **Ελεγκτής (Controller):** Ο ελεγκτής (controller) διαχειρίζεται τα συνδεδεμένα σε αυτόν εξαρτήματα όπου είναι οι αισθητήρες, η αντλία νερού, οι λαμπτήρες (LED) και η LCD οθόνη. Επιπλέον στέλνει στην πλατφόρμα αποθήκευσης τις τιμές που καταγράφει από τους συνδεδεμένους αισθητήρες. Ακόμη λαμβάνει εντολές από τη πλατφόρμα αποθήκευσης για να ξεκινήσει το πότισμα αφού ελέγξει πρώτα τις συνθήκες που επικρατούν εκείνη τη στιγμή στη καλλιέργεια. Τέλος ενημερώνει την πλατφόρμα αποθήκευσης για τη κατάσταση της αντλίας νερού.

- **Πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard):** Η πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard) επικοινωνεί και αποθηκεύει τις τιμές που λαμβάνει από τον ελεγκτή (controller) και αποστέλλει σε εκείνον εντολές για την έναρξη του ποτίσματος. Επίσης είναι υπεύθυνη για την δημιουργία συναγερμών (alerts) για την προειδοποίηση του χρήστη όπως και για την μεταφορά των καιρικών δεδομένων προς την εφαρμογή ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server). Ακόμη διαχειρίζεται την αυθεντικοποίηση, την εξουσιοδότηση και την πρόσβαση, των καταγεγραμμένων χρηστών στους πόρους και τα δεδομένα της.
- **Ενδιάμεσος διακομιστής (Middleware Server):** Ο ενδιάμεσος διακομιστής (middleware server) μεταφέρει τα καιρικά δεδομένα που λαμβάνει από τη πλατφόρμα αποθήκευσης στην εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend app). Ακόμη προωθεί τα αιτήματα αυθεντικοποίησης και δημιουργίας ενός χρήστη στη πλατφόρμα αποθήκευσης (thingsboard) με σκοπό την εξουσιοδότηση πρόσβασης στα καιρικά δεδομένα. Τέλος επικοινωνεί με τον διακομιστή πρόβλεψης όπου αποστέλλοντας ιστορικά καιρικά δεδομένα λαμβάνει καιρική πρόβλεψη για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο με σκοπό να την προωθήσει στην εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend app).
- **Διακομιστής πρόβλεψης (Forecast Server):** Ο διακομιστής πρόβλεψης (forecast server) είναι υπεύθυνος για την πρόβλεψη καιρικών συνθηκών μέσω ενός μοντέλου μηχανικής μάθησης το οποίο διαχειρίζεται ο διακομιστής της υπηρεσίας (ML Flow).
- **Εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (Frontend App):** Η εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend app) προβάλλει στο χρήστη τα καιρικά δεδομένα όπως και την πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών που λαμβάνει από τον ενδιάμεσο διακομιστή. Ακόμη μέσω φορμών μπορεί να δημιουργήσει, να αυθεντικοποιήσει και να εξουσιοδοτήσει έναν χρήστη προωθώντας τα αιτήματα αυτά στον ενδιάμεσο διακομιστή (middleware server).

Η αρχιτεκτονική που προκύπτει από τις παραπάνω οντότητες είναι η εξής :

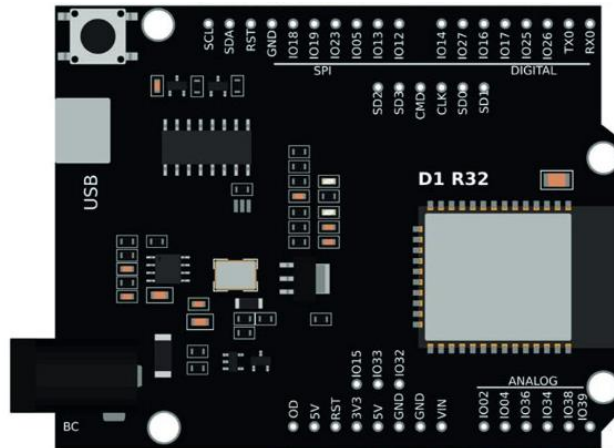


Σχήμα 1 Αρχιτεκτονική έξυπνου συστήματος

5.3 Ελεγκτής (Controller)

Οι ελεγκτές (controllers) είναι ηλεκτρονικά κυκλώματα τα οποία αποτελούνται από κάποια βασικά στοιχεία όπως, έναν ενσωματωμένο μικροελεγκτή (microcontroller) όπου είναι το κύριο στοιχείο ενός ελεγκτή, κάποιες αναλογικές και ψηφιακές εισόδους εξόδους (I/O ports) οι οποίες επικοινωνούν και ελέγχουν εξωτερικές συσκευές όπως LED ή κινητήρες, ή να μετρήσουν αναλογικά και ψηφιακά σήματα από συνδεδεμένους αισθητήρες. Ακόμη ένας ελεγκτής χρησιμοποιεί ένα κρύσταλλο (crystal) για τη παραγωγή του ρολογιού, το οποίο είναι απαραίτητο για τη σωστή λειτουργία του. Τέλος οι περισσότερες πλακέτες ελεγκτών τροφοδοτούνται είτε μέσω USB όπου χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με τον υπολογιστή, τον προγραμματισμό της πλακέτας του ελεγκτή και τη μεταφορά δεδομένων, είτε με εξωτερική τροφοδοσία. Αυτά τα στοιχεία συνθέτουν έναν τυπικό ελεγκτή ωστόσο υπάρχουν πολλά μοντέλα και πλακέτες με διαφορετικές δυνατότητες και πρόσθετα χαρακτηριστικά.

Στο παρόν σύστημα γίνεται χρήση του ελεγκτή WeMos D1 R32 όπου συγκριτικά με έναν ελεγκτή τύπου Arduino παρέχει κάποια παραπάνω χαρακτηριστικά όπως είναι η χρήση του μικροελεγκτή (microcontroller) ESP32 συγκριτικά με τον μικροελεγκτή AVR του Arduino, ο οποίος παρέχει ενσωματωμένη υποστήριξη για ασύρματη επικοινωνία WiFi και Bluetooth κάνοντας τον κατάλληλο για IoT εφαρμογές και πρωτότυπα τα οποία απαιτούν ασύρματη σύνδεση. Ωστόσο γίνεται χρήση της βιβλιοθήκης του Arduino όπως και κάποιων επιπρόσθετων εξωτερικών βιβλιοθηκών προκειμένου να εκπληρωθούν οι ανάγκες του συστήματος.



Εικόνα 11 Ελεγκτής (controller) WeMos D1 R32

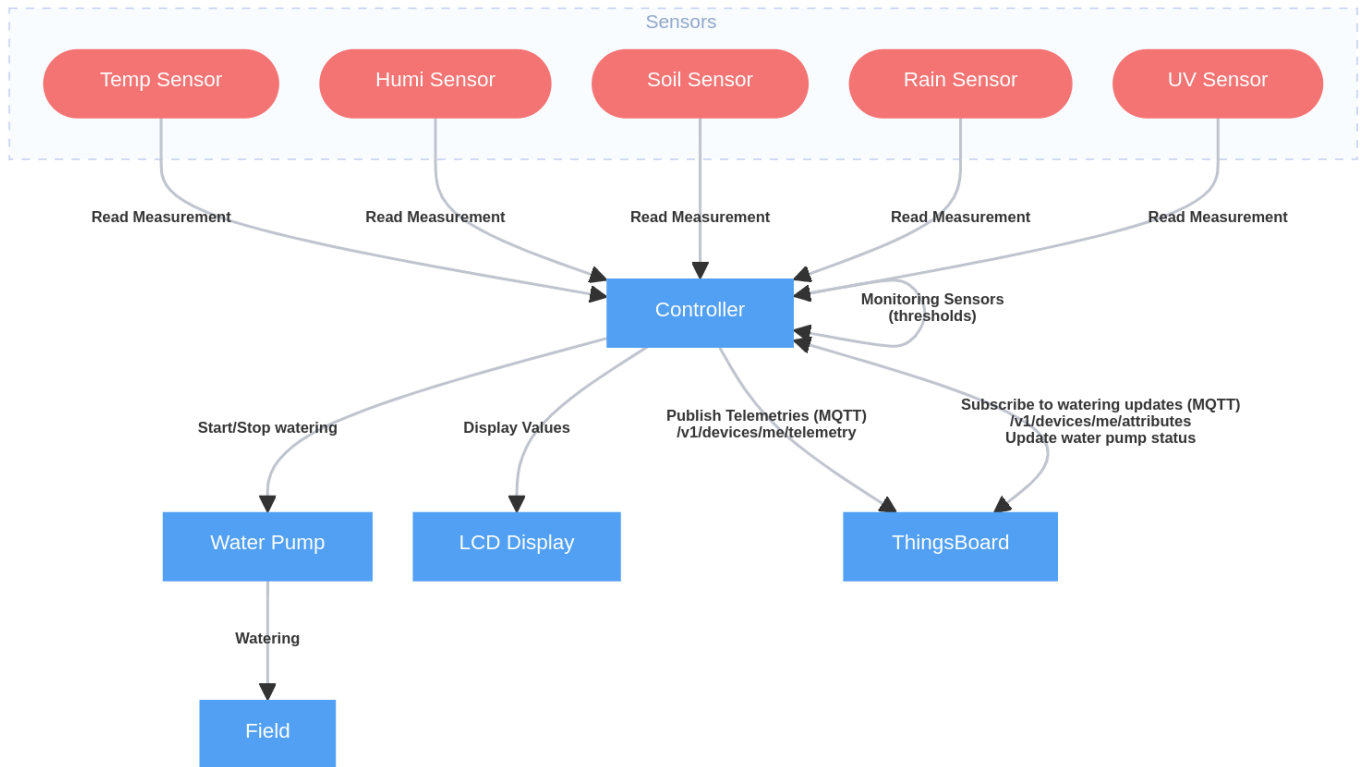
5.3.1 Λειτουργίες Ελεγκτή (Controller)

Από τη σχεδίαση του συστήματος προκύπτουν 9 βασικές λειτουργίες προς υλοποίηση. Οι υπηρεσίες αυτές είναι:

1. Σύνδεση με τη πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard).
2. Αρχικοποίηση του πρωτοκόλλου επικοινωνίας (MQTT).
3. Σύνδεση και αρχικοποίηση των περιφερειακών εξαρτημάτων (sensors , water pump, LCD).
4. Καταγραφή των παραγόμενων τιμών από τα εξωτερικά εξαρτήματα (sensors).
5. Προβολή των τιμών στην εξωτερική οθόνη LCD.
6. Αποστολή των τιμών στην πλατφόρμα αποθήκευσης μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας MQTT με χρήση του κατάλληλου topic (/v1/devices/me/telemetry).
7. Αναμονή ενημέρωσης για το επόμενο πότισμα στο αντίστοιχο MQTT topic (/v1/devices/me/attributes).
8. Έλεγχος καιρικών συνθηκών και των κατωφλίων τους με σκοπό την ενεργοποίηση της αντλίας νερού.
9. Περιοδικός έλεγχος και ενημέρωση της πλατφόρμας αποθήκευσης για τη κατάσταση της αντλίας νερού.

5.3.2 Αρχιτεκτονική του υλικολογισμικού (firmware) του ελεγκτή.

Όπως προκύπτει από τις λειτουργίες του ελεγκτή στο κεφάλαιο 5.3.1, μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα για το πως πρέπει να σχεδιαστεί το υλικολογισμικό (firmware) του ελεγκτή. Χρησιμοποιώντας τη πληροφορία από το κεφάλαιο 5.3.1 προκύπτει η εξής αρχιτεκτονική.



Σχήμα 2 Αρχιτεκτονική υλικολογισμικού (firmware) ελεγκτή.

5.3.3 Υλοποίηση του υλικολογισμικού (firmware) του ελεγκτή.

Το υλικολογισμικό (firmware) είναι ο τρόπος προγραμματισμού του ελεγκτή με σκοπό να εκτελεί τις διεργασίες που θέλουμε. Στο παρόν υλικολογισμικό (firmware) κάνουμε χρήση της βιβλιοθήκης Arduino όπως και μερικών εξωτερικών βιβλιοθηκών με σκοπό να επιτύχουμε αυτές τις διεργασίες. Το υλικολογισμικό όπως και οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούμε κάνουν χρήση της γλώσσας προγραμματισμού C++ . Το υλικολογισμικό (firmware) του ελεγκτή ακολουθεί τη δομή της βιβλιοθήκης του Arduino και χωρίζεται σε 4 σημαντικά μέρη.

1. Εισαγωγή βιβλιοθηκών και αρχικοποίηση global μεταβλητών.
2. Δημιουργία βοηθητικών μεθόδων (util functions).
3. Χρήση της μεθόδου setup για την αρχικοποίηση των pins, των εξωτερικών εξαρτημάτων και των εξωτερικών συνδέσεων.
4. Χρήση της μεθόδου loop για την επαναλαμβανόμενη ανάγνωση των τιμών των και αισθητήρων και την αποστολή τους στη πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard).

5.3.3.1 Αισθητήρες

Για τις ανάγκες του συστήματος κάνουμε χρήση 5 διαφορετικών αισθητήρων για τη μέτρηση , θερμοκρασίας (temperature sensor), υγρασίας (humidity sensor), υγρασίας εδάφους (soil moisture sensor), βροχής (rain sensor) και υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Όλοι οι αισθητήρες λειτουργούν στη τάση των 3.3V όπως προβλέπεται από τη πλακέτα του ελεγκτή.

Για την ανάγνωση των τιμών που παράγουν οι αισθητήρες χρησιμοποιούμε την ενσωματωμένη μέθοδο της βιβλιοθήκης του Arduino analogRead για τους μη γραμμικούς αισθητήρες (soil moisture, rain, UV) που παράγουν αναλογικές τιμές από 0 έως 4095 όπου είναι και οι δυνατές τιμές που μπορεί να διαβάσει η πλακέτα του ελεγκτή. Στη συνέχεια μετατρέπουμε αυτές τις τιμές σε ποσοστό επί τις εκατό (%), αντιστοιχώντας τις τιμές στο αντίστοιχο εύρος του 0-100 και στη συνέχεια αφαιρώντας τις από το 100. Για τους γραμμικούς αισθητήρες (temperature, humidity) κάνουμε χρήση εξωτερικής βιβλιοθήκης (beegee-tokyo/DHT sensor library for ESPx@^1.19) για την εύκολη ανάγνωση των τιμών από το DHT11 chip όπου και είναι τοποθετημένοι οι δύο αισθητήρες. Η ανάγνωση των τιμών από τους αισθητήρες γίνεται κάθε 5 δευτερόλεπτα.

5.3.3.2 Οθόνη LCD

Για την τοπική προβολή σε πραγματικό χρόνο των παραγόμενων τιμών από τους αισθητήρες κάνουμε χρήση μίας LCD οθόνης 20x4 , αυτό σημαίνει ότι η οθόνη μπορεί να αναπαραστήσει 20 χαρακτήρες σε 4 γραμμές. Η τροφοδοσία της οθόνης γίνεται μέσω της πλακέτας του ελεγκτή στα 5V. Για την προβολή των τιμών στην LCD οθόνη κάνουμε χρήση εξωτερικής βιβλιοθήκης (marcoschwartz/LiquidCrystal_I2C@^1.1.4). Η χρήση της οθόνης προϋποθέτει την αρχικοποίηση της μέσω της εξωτερικής βιβλιοθήκης με τρία ορίσματα τα οποία είναι η δεκαεξαδική διεύθυνση της οθόνης (0x27), οι στήλες της οθόνης (20) και οι γραμμές της (4). Η ανανέωση των τιμών στην LCD οθόνη γίνεται κάθε 5 δευτερόλεπτα όσα και η επόμενη ανάγνωση των τιμών από τους αισθητήρες.

5.3.3.3 Αντλία νερού

Για δυνατότητα ποτίσματος του συστήματος κάνουμε χρήση μίας αντλίας νερού των 5V, η τροφοδοσία της οποίας γίνεται μέσω ενός ενδιάμεσου ηλεκτρονόμου (relay) με σκοπό τη δυναμική ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της από τη πλακέτα του ελεγκτή μέσω του αντίστοιχου pin εξόδου που είναι συνδεδεμένο στην είσοδο του ηλεκτρονόμου (relay). Για την αλλαγή της κατάστασης του ηλεκτρονόμου (relay) κάνουμε χρήση της ενσωματωμένης μεθόδου από τη βιβλιοθήκη του Arduino digitalWrite.

Η διαδικασία ενεργοποίησης της αντλίας νερού έχει τα εξής βήματα:

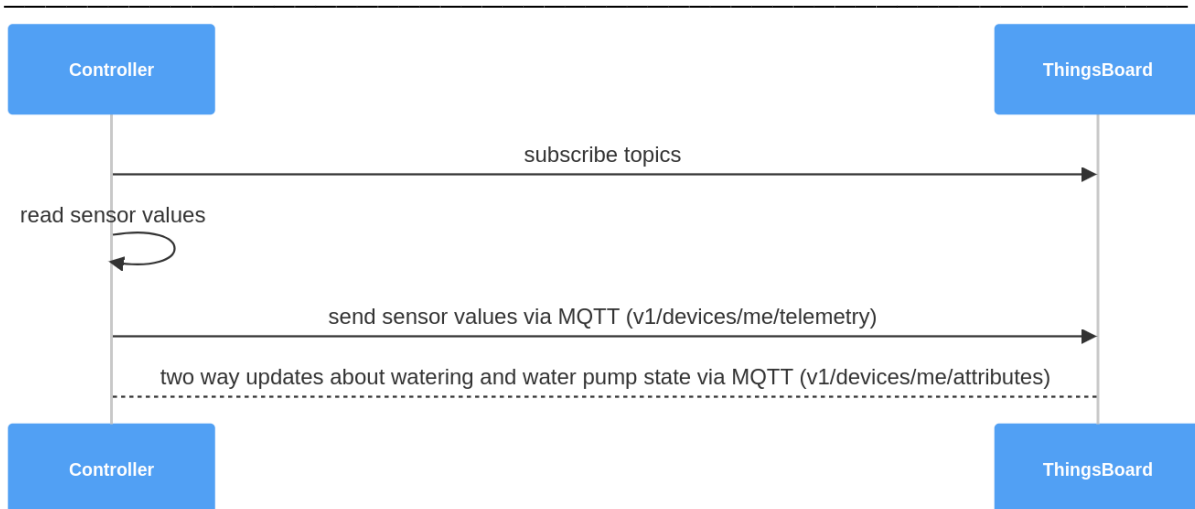
-
1. Λήψη ενημέρωσης από την πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard) μέσω του MQTT πρωτοκόλλου.
 2. Έλεγχος καιρικών συνθηκών και κατωφλίων (thresholds).
 3. Ενεργοποίηση της αντλίας αν ο έλεγχος από το βήμα 2 το επιτρέψει.
 4. Ενημέρωση της πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard) μέσω του MQTT πρωτοκόλλου για την κατάσταση της αντλίας (pump_state: started).

Η διαδικασία απενεργοποίησης της αντλίας νερού έχει τα εξής βήματα:

1. Συνεχής έλεγχος καιρικών συνθηκών και κατωφλίων (thresholds) καθ' όλη τη διάρκεια χρήσης της αντλίας (10 δευτερόλεπτα).
2. Σε περίπτωση που αλλάξουν οι καιρικές συνθήκες ή υπερβούν τα κατώφλια (thresholds) η αντλία απενεργοποιείται και ενημερώνεται η πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard) μέσω του MQTT πρωτοκόλλου για την κατάσταση της αντλίας (pump_state: interrupted).
3. Σε περίπτωση που τελειώσει ο χρόνος ποτίσματος η αντλία απενεργοποιείται και ενημερώνεται η πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard) μέσω του MQTT πρωτοκόλλου για την κατάσταση της αντλίας (pump_state: stopped).

5.3.3.4 Επικοινωνία με τη πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard)

Η επικοινωνία με τη πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard) γίνεται μέσω του πρωτοκόλλου MQTT. Ο ελεγκτής κατά την εκκίνησή του εγκαθιδρύει σύνδεση με τη πλατφόρμα και εγγράφεται στα αντίστοιχα topics για την αποστολή και λήψη πληροφορίας (v1/devices/me/telemetry, v1/devices/me/attributes). Η αποστολή των τιμών των αισθητήρων γίνεται μέσω του topic telemetry κάθε 5 δευτερόλεπτα. Ενώ το topic attributes χρησιμοποιείται για την λήψη και αποστολή πληροφορίας σχετιζόμενη με το πότισμα και τη κατάσταση της αντλίας νερού.



Σχήμα 3 Διάγραμμα επικοινωνίας ελεγκτή και πλατφόρμας

5.4 Πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard)

Για την πλατφόρμα αποθήκευσης επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε την πλατφόρμα του ThingsBoard. Το ThingsBoard είναι ιδανικά σχεδιασμένο για χρήσεις σε IoT έργα (projects) διότι αντιμετωπίζει τα δεδομένα χρονοσειρών ως ζευγάρια κλειδιών-τιμών (key value pairs) με χρονοσήμανση (timestamp). Ένα ζευγάρι κλειδιού-τιμής (key value pair) με χρονοσήμανση (timestamp) αντιπροσωπεύει ένα σημείο δεδομένων (data point) στο χρόνο. Ακόμα η πλατφόρμα του ThingsBoard κάνει χρήση των βάσεων δεδομένων PostgreSQL και Cassandra για την αποθήκευση των δεδομένων των οντοτήτων του ThingsBoard και των δεδομένων χρονοσειρών (timeseries) αντίστοιχα. Επιπλέον η πλατφόρμα του ThingsBoard κάνει χρήση των πρωτοκόλλων MQTT, CoAP, HTTP, LwM2M, SNMP τόσο για επικοινωνία όσο και για ανταλλαγή πληροφορίας. Επιπρόσθετα η πλατφόρμα του ThingsBoard ενσωματώνει της δικιά της διεπαφή χρήστη (user interface) για τη χρήση της η οποία μπορεί να αντικατασταθεί και να επεκταθεί από το RESTful API το οποίο είναι εκείνο που συνδέει τη διεπαφή του χρήστη (user interface) με τις υπηρεσίες της πλατφόρμας.

5.4.1 Λειτουργίες πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard)

Από τη σχεδίαση του συστήματος προκύπτουν 4 λειτουργίες που πρέπει να πληροί η πλατφόρμα αποθήκευσης. Οι λειτουργίες αυτές είναι:

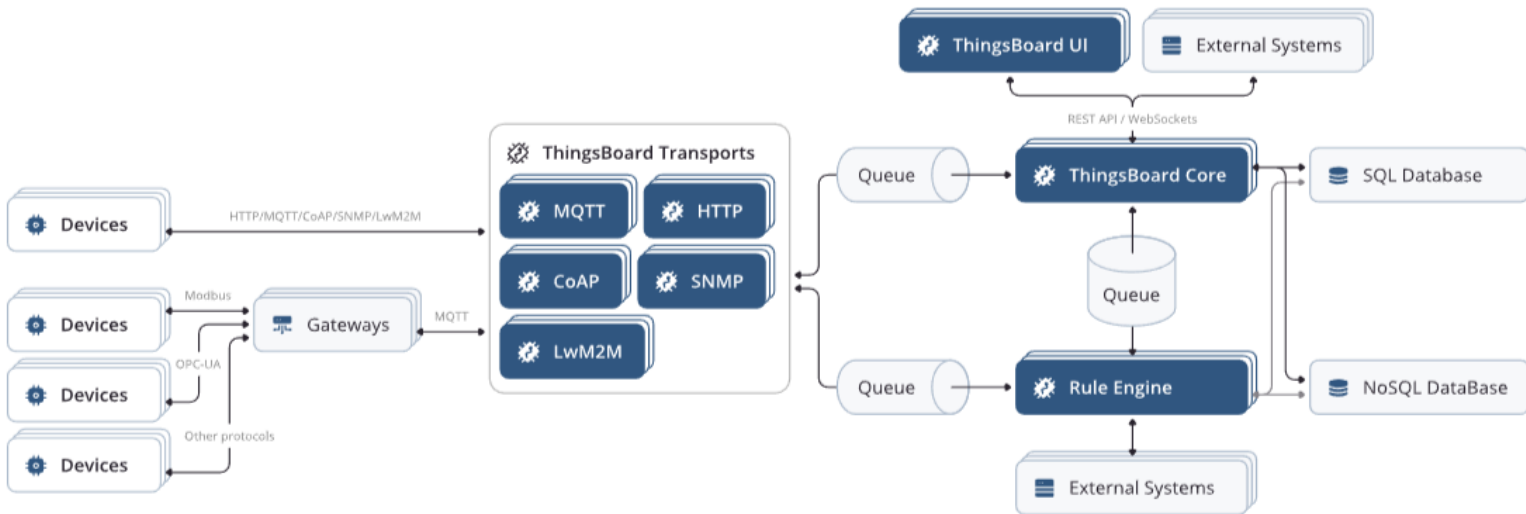
1. Η επικοινωνία της πλατφόρμας με τον ελεγκτή (controller) και την εφαρμογή ενδιάμεσου διακομιστή (middleware).
2. Η αποθήκευση και η ανταλλαγή πληροφορίας με τις συνδεδεμένες οντότητες.
3. Η δημιουργία συναγερμών (alerts) για την προειδοποίηση του χρήστη

-
4. Η διαχείριση της αυθεντικοποίησης, της εξουσιοδότησης και της πρόσβασης των χρηστών στους πόρους και τα δεδομένα.

5.4.2 Αρχιτεκτονική της πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard)

Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας του Thingsboard χωρίζεται σε 4 μεγάλα κομμάτια τα οποία είναι , το κομμάτι των μεταφορών (transports), του κεντρικού πυρήνα (core), της μηχανής κανόνων (rule engine) και της web διεπαφής χρήστη (web UI). Πιο συγκεκριμένα :

- **Μεταφορές (transports):** Το Thingsboard παρέχει APIs για την χρήση των πρωτοκόλλων MQTT, HTTP, CoAP και LwM2M τα οποία είναι διαθέσιμα για επικοινωνία τόσο εξωτερικών εφαρμογών όσο και υλικολογισμικών (firmware) συσκευών. Κάθε ένα από τα API των πρωτοκόλλων παρέχεται από ένα ξεχωριστό στοιχείο (component) διακομιστή. Το κομμάτι των μεταφορών όταν λάβει ένα μήνυμα από κάποια συσκευή ή εφαρμογή αναλύεται και προωθείται στην ουρά μηνυμάτων. Η παράδοση του μηνύματος επιβεβαιώνεται στη συσκευή ή στην εφαρμογή μόνο αφού το αντίστοιχο μήνυμα επιβεβαιωθεί από την ουρά μηνυμάτων.
- **Πυρήνας (core):** Ο πυρήνας του ThingsBoard είναι υπεύθυνος για το χειρισμό των REST API κλήσεων και των WebSocket συνδέσεων. Επίσης είναι υπεύθυνο για την αποθήκευση ενημερωμένων πληροφοριών σχετικά με τις ενεργές περιόδους λειτουργίας (active device sessions) μίας συσκευής και την παρακολούθηση της κατάστασης συνδεσιμότητας μίας συσκευής. Ακόμη ο πυρήνας του ThingsBoard χρησιμοποιεί το ενσωματωμένο σύστημα Actor για την δημιουργήσει ορισμένες από τις κύριες οντότητές του όπως είναι οι tenants και τα devices.
- **Μηχανή Κανόνων (rule engine):** Η μηχανή κανόνων του ThingsBoard είναι η καρδιά του συστήματος και είναι υπεύθυνη για την επεξεργασία των εισερχόμενων μηνυμάτων. Η μηχανή κανόνων επίσης χρησιμοποιεί το ενσωματωμένο σύστημα Actor για να δημιουργήσει αλυσίδες κανόνων (rule chains) και κόμβους κανόνων (rule nodes). Ακόμη η μηχανή κανόνων του ThingsBoard μπορεί να λειτουργεί σε δύο διαφορετικές λειτουργίες, την κοινή λειτουργία (shared mode) και την απομονωμένη λειτουργία (isolated mode). Στην κοινή λειτουργία μπορεί να επεξεργάζεται μηνύματα που ανήκουν σε πολλούς tenants, ενώ στην απομονωμένη λειτουργία μπορεί να διαμορφωθεί για να επεξεργάζεται μηνύματα μόνο για tenants ενός συγκεκριμένου προφίλ.
- **Web διεπαφή χρήστη (web UI):** Το ThingsBoard παρέχει ένα ελαφρύ web UI η οποία κάνει χρήση του Express.js framework. Το συγκεκριμένο web UI είναι stateless και δεν παρέχει πολλές ρυθμίσεις, ωστόσο παρέχει ένα πακέτο εφαρμογών το οποίο κάνει χρήση του REST API και του WebSocket που παρέχονται από τον πυρήνα του ThingsBoard.



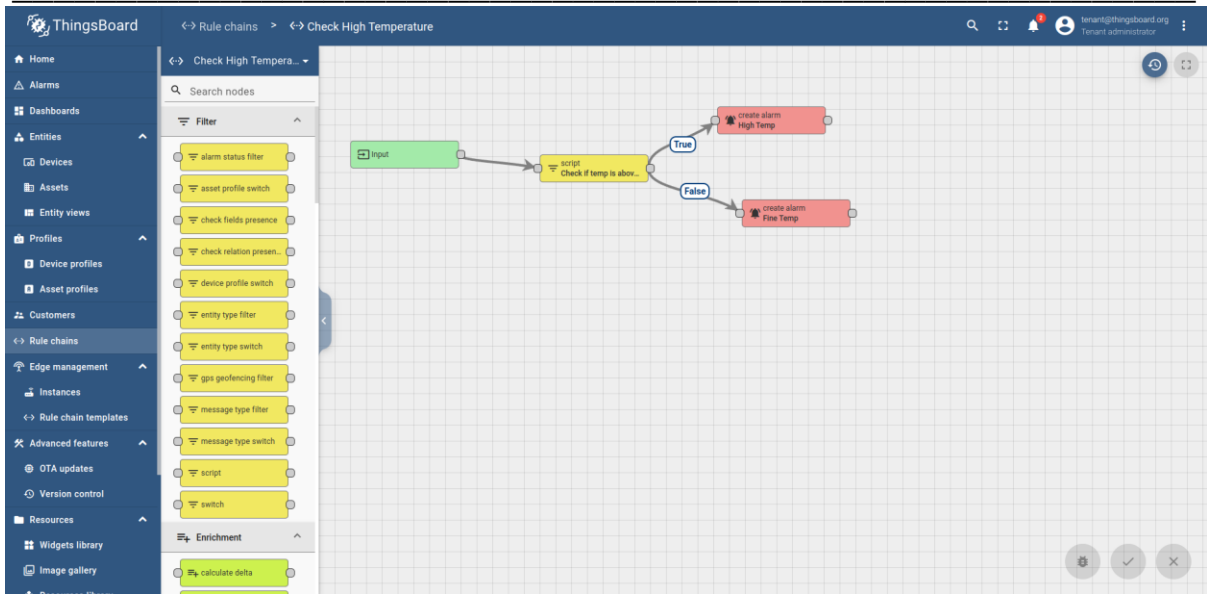
Σχήμα 4 Αρχιτεκτονική πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard)

5.4.3 Υλοποίηση λειτουργιών ThingsBoard

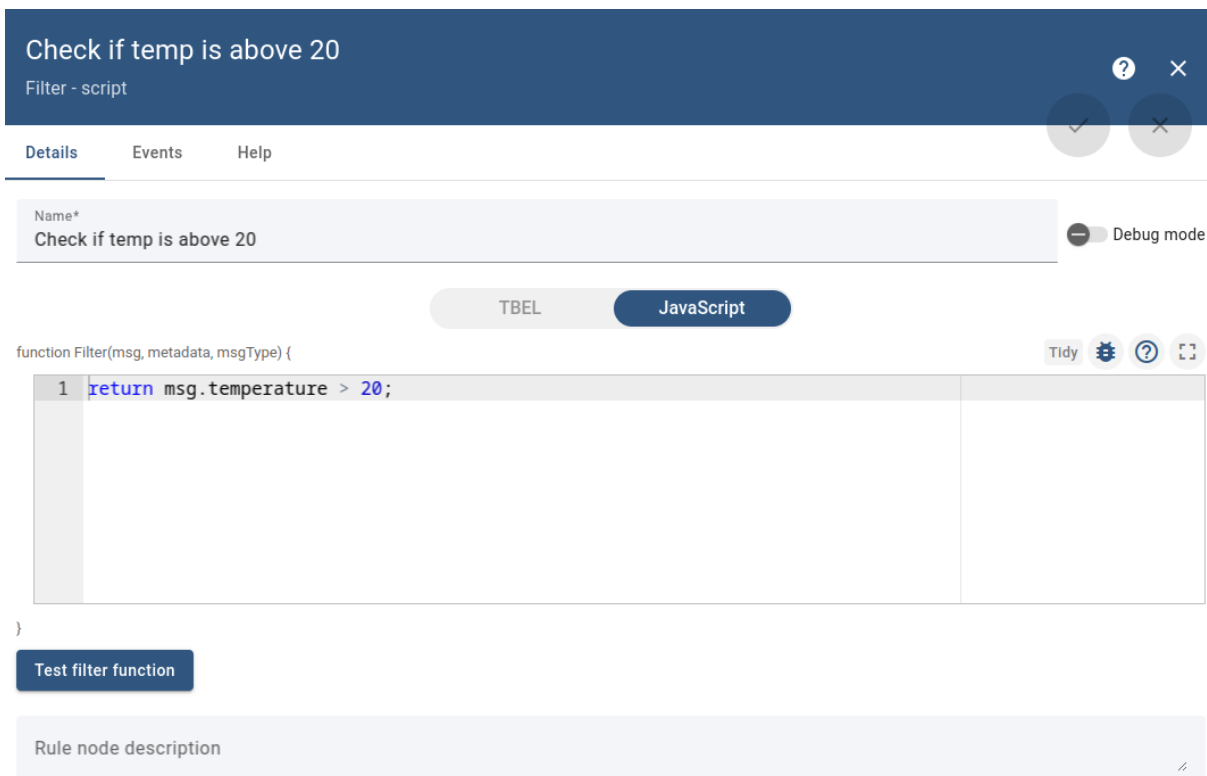
Από τις λειτουργίες της πλατφόρμας αποθήκευσης μπορούμε μέσω της web διεπαφής χρήστη (web UI) να δημιουργήσουμε τη λειτουργία των συναγερμών (alerts) και των χαρακτηριστικών (attributes) που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια για να στείλουμε και να λάβουμε πληροφορία στη συσκευή που σχετίζεται με το πότισμα. Ακόμη η διεπαφή χρήστη μας επιτρέπει τη δημιουργία γραφημάτων για την παρακολούθηση των τιμών που λαμβάνονται από τη συσκευή, τους ενεργούς συναγερμούς (alerts) και την κατάσταση των χαρακτηριστικών (attributes).

5.4.3.1 Δημιουργία συναγερμών (alerts)

Χρησιμοποιώντας τη διεπαφή χρήστη του ThingsBoard μπορούμε να φτιάξουμε αλυσίδες κανόνων (rule chains) που θα ελέγχουν τις τιμές των αισθητήρων που λαμβάνει η πλατφόρμα από τη συσκευή. Οι αλυσίδες αυτές ελέγχουν τα κατώφλια (thresholds) που έχουμε ορίσει για κάθε μέτρηση ξεχωριστά και αν η λαμβανόμενη τιμή ξεπερνάει το ορισμένο κατώφλι (threshold) τότε δημιουργείται ο αντίστοιχος συναγερμός για την κάθε μέτρηση.



Εικόνα 12 Δημιουργία αλυσίδας κανόνων για τον έλεγχο της λαμβανόμενης θερμοκρασίας από τη συσκευή



Εικόνα 13 Έλεγχος λαμβανόμενης τιμής για υπέρβαση ορισμένου κατωφλίου (threshold)

Οι αλυσίδες κανόνων που χρειάζεται να υλοποιήσουμε την ορθή λειτουργία του συστήματος είναι οι εξής :

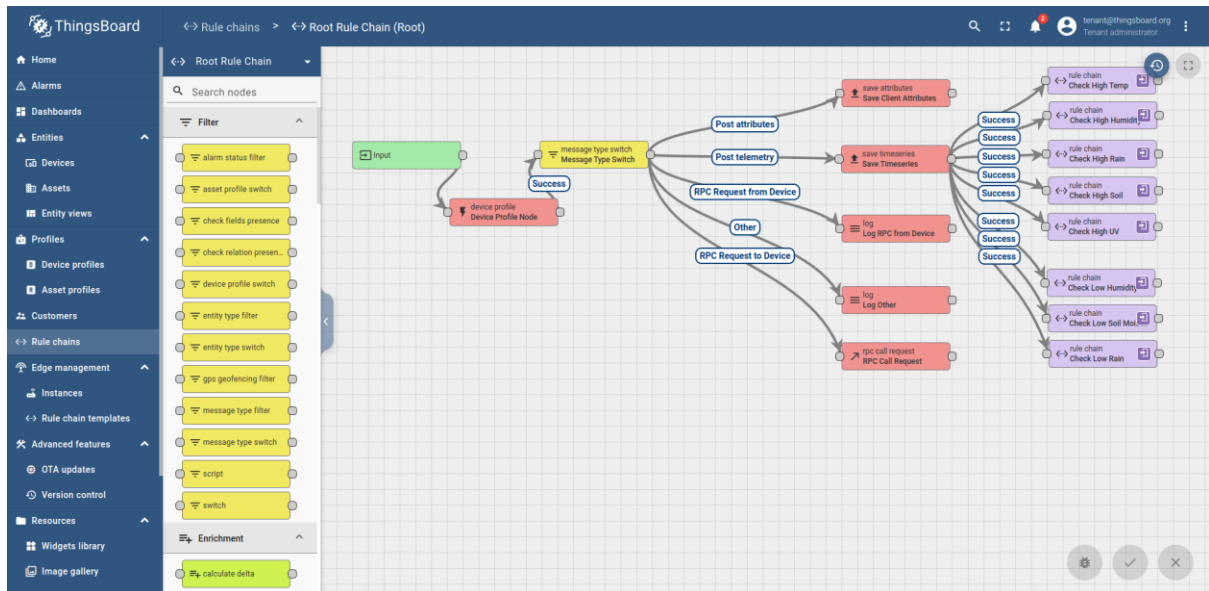
Measurements	Thresholds
--------------	------------

Έξυπνες εφαρμογές γεωργίας ακριβείας στο πλαίσιο του Διαδικτύου των Αντικειμένων

Temperature:	Check High temperature	value > 20
Humidity:	Check High Humidity	value > 60
	Check Low Humidity	value < 40
Rain:	Check High Rain	value > 60
	Check Low Rain	value < 20
Soil Moisture:	Check high soil moisture	value > 75
	Check low soil moisture	value < 50
UV:	Check high UV	value > 7

Πίνακας 1 Πίνακας 1 Ορισμός κατωφλίων (thresholds) για κάθε μέτρηση

Εφόσον δημιουργήσουμε τις επιμέρους αλυσίδες κανόνων (rule chains) για κάθε μέτρηση τότε τις προσθέτουμε στη ριζική αλυσίδα κανόνων (root rule chain). Η ριζική αλυσίδα κανόνων προωθεί την λαμβανόμενη τιμή για έλεγχο στην αντίστοιχη αλυσίδα κανόνων αφού επεξεργαστεί το εισερχόμενο μήνυμα και αποθηκεύσει την τιμή που περιέχει.



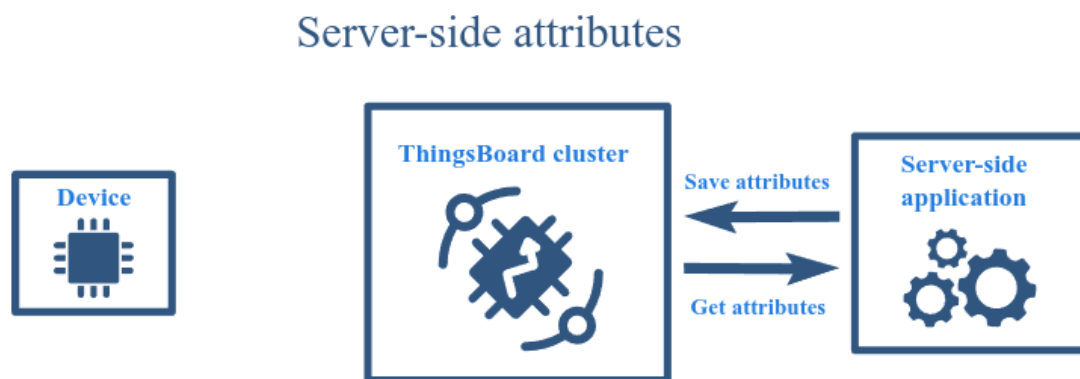
Εικόνα 14 Χρήση των επιμέρους αλυσίδων κανόνων (rule chains) στη ριζική αλυσίδα κανόνων (root rule chain)

5.4.3.2 Δημιουργία χαρακτηριστικών συσκευής (device attributes)

Το ThingsBoard παρέχει τη δυνατότητα εκχώρησης και διαχείρισης προσαρμοσμένων χαρακτηριστικών στις οντότητές του. Αυτά τα χαρακτηριστικά (attributes) αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οπτικοποίηση και επεξεργασία δεδομένων. Τα χαρακτηριστικά (attributes) αντιμετωπίζονται ως ζεύγη κλειδιού-τιμής (key value pairs) και επιτρέπουν την εύκολη και απρόσκοπτη ενσωμάτωσή με σχεδόν οποιαδήποτε συσκευή IoT στην αγορά. Το κλειδί είναι πάντα συμβολοσειρά (string) όπου είναι το όνομα του χαρακτηριστικού (attribute), ενώ η τιμή του χαρακτηριστικού (attribute) μπορεί να είναι string, boolean, double, integer ή JSON.

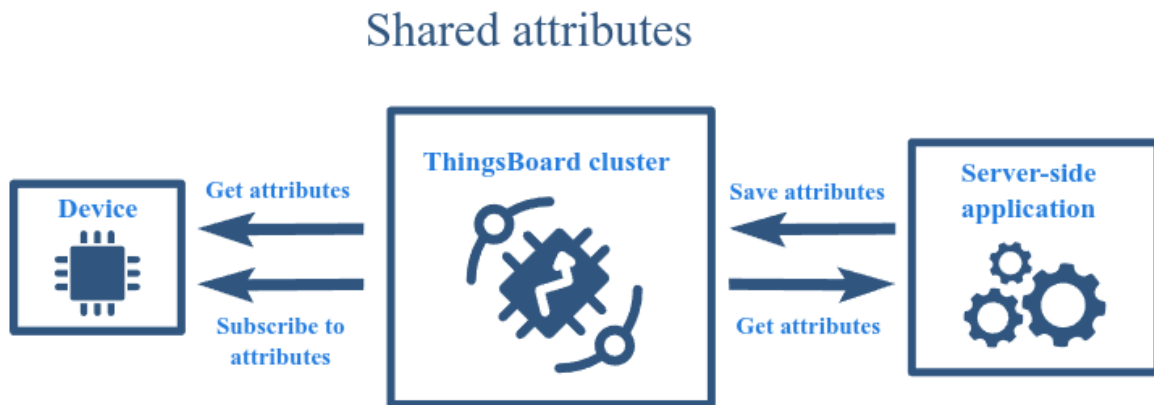
Υπάρχουν τριών ειδών χαρακτηριστικά (attributes) τα οποία είναι τα εξής:

- **Server-side attributes:** Αυτός ο τύπος των χαρακτηριστικών υποστηρίζεται από σχεδόν οποιαδήποτε οντότητα της πλατφόρμας όπως device, asset, customer, tenant, user κτλπ. Τα server-side attributes είναι αυτά που μπορούν να διαμορφωθούν μέσω της διεπαφής χρήστη διαχείρισης (administrator UI) ή μέσω του REST API.



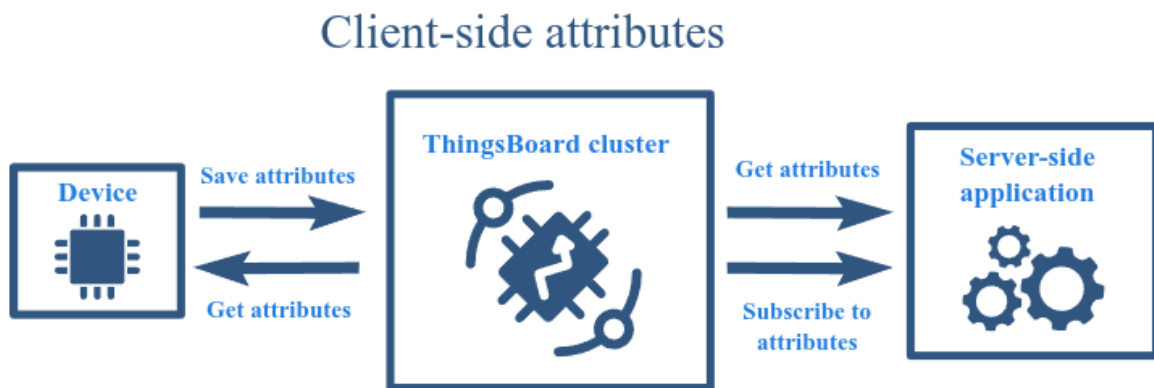
Σχήμα 5 Διάγραμμα χρήσης server-side χαρακτηριστικών

- **Shared attributes:** Αυτός ο τύπος χαρακτηριστικών είναι διαθέσιμος μόνο για συσκευές (devices). Είναι παρόμοια με τα server-side χαρακτηριστικά αλλά με μία σημαντική διαφορά, Το υλικολογισμικό (firmware) μίας συσκευής μπορεί να ζητήσει την τιμή των shared χαρακτηριστικών ή να εγγραφεί στις ενημερώσεις αυτών των χαρακτηριστικών. Οι συσκευές που επικοινωνούν μέσω MQTT ή άλλων πρωτοκόλλων αμφίδρομης επικοινωνίας μπορούν να εγγραφούν για ενημερώσεις αυτών των χαρακτηριστικών και να λαμβάνουν ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο. Οι συσκευές που επικοινωνούν μέσω HTTP ή άλλων πρωτοκόλλων επικοινωνίας μπορούν να ζητάνε περιοδικά την τιμή αυτού του χαρακτηριστικού (polling).



Σχήμα 6 Διάγραμμα χρήσης shared χαρακτηριστικών

- **Client-side attributes:** Αυτός ο τύπος χαρακτηριστικών είναι διαθέσιμος μόνο για συσκευές. Χρησιμοποιείται για την αναφορά διαφόρων ημι-στατικών δεδομένων από τη συσκευή (device) στο ThingsBoard. Τα client-side χαρακτηριστικά είναι παρόμοια με τα shared χαρακτηριστικά, αλλά με μία σημαντική διαφορά, το firmware ενός device μπορεί να στείλει την τιμή αυτών των χαρακτηριστικών από τη συσκευή στη πλατφόρμα.



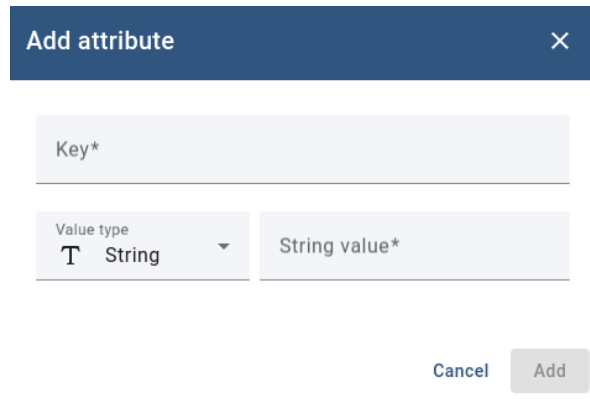
Σχήμα 7 Διάγραμμα χρήσης client-side χαρακτηριστικών

Από τις λειτουργίες του συστήματος χρειάζονται να δημιουργηθούν δύο χαρακτηριστικά για την οντότητα συσκευής (device) που αντιπροσωπεύει την συσκευή του ελεγκτή (controller) στο ThingsBoard.

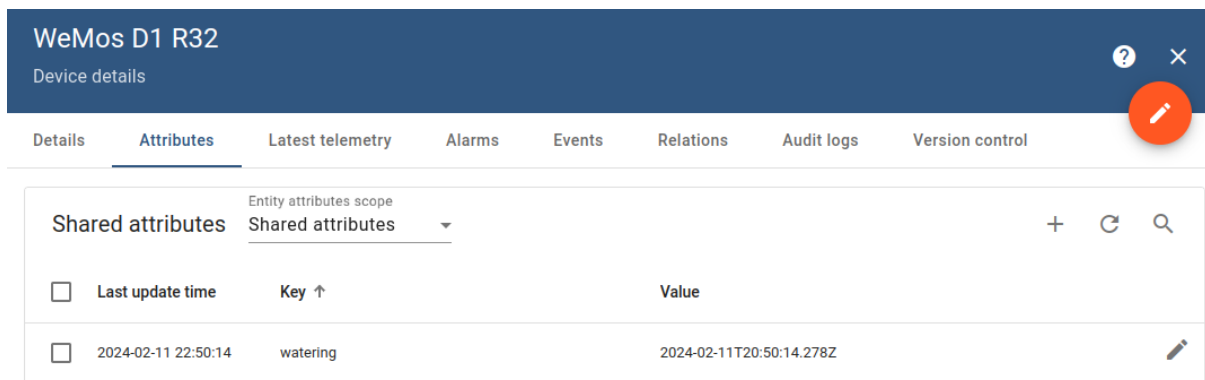
Για τις ανάγκες του συστήματος χρειάζεται να δημιουργήσουμε δύο χαρακτηριστικά (attributes) για την οντότητα συσκευής (device) που αντιπροσωπεύει τη συσκευή του ελεγκτή (controller) στο ThingsBoard. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι το pump_state το οποίο είναι τύπου client-side και μπορεί να πάρει boolean τιμές και το χαρακτηριστικό watering το οποίο είναι τύπου shared και μπορεί να πάρει

string τιμές. Η χρήση για τον οποία προορίζεται το χαρακτηριστικό (attribute) pump_state είναι η ενημέρωση για τη κατάσταση της αντλίας όπου υπολογίζεται και αποστέλλεται από τον ελεγκτή (controller). Η χρήση για την οποία προορίζεται το χαρακτηριστικό (attribute) watering είναι η έναρξη της διαδικασίας ελέγχου των καιρικών συνθηκών από τον ελεγκτή και η έναρξη του ποτίσματος αν αυτό κριθεί απαραίτητο. Το χαρακτηριστικό (attribute) watering ενημερώνεται από τον ενδιάμεσο διακομιστή (middleware server) κατά τη διαδικασία υπολογισμού της πρόβλεψης καιρικών συνθηκών.

Κάνοντας χρήση της web διεπαφής του ThingsBoard δημιουργούμε τα δύο χαρακτηριστικά.



Εικόνα 15 Μενού δημιουργίας χαρακτηριστικών



Last update time	Key	Value
2024-02-11 22:50:14	watering	2024-02-11T20:50:14.278Z

Εικόνα 16 Χρήση του χαρακτηριστικού watering

Entity attributes scope		
Client attributes		
<input type="checkbox"/>	Last update time	Key ↑ Value
<input type="checkbox"/>	2024-02-07 18:54:32	pump_state stopped

Εικόνα 17 Χρήση του χαρακτηριστικού pump_state

5.4.3.3 Δημιουργία ταμπλό (Dashboard)

Ακόμη μέσω της διεπαφής χρήστη δημιουργούμε γραφήματα για την παρακολούθηση των τιμών που λαμβάνονται από τη συσκευή, τους ενεργούς συναγερμούς (alerts) και την κατάσταση των χαρακτηριστικών (attributes).



Εικόνα 18 ThingsBoard dashboard

5.5 Ενδιάμεσος διακομιστής (Middleware Server)

Ο ενδιάμεσος διακομιστής στο σύστημά μας είναι η ενδιάμεση οντότητα που αλληλοεπιδρά με την πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard), τον διακομιστή πρόβλεψης (forecast server) και την

εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend app). Η χρήση ενός ενδιάμεσου διακομιστή μας επιτρέπει να επεξεργαστούμε και να απλουστεύσουμε τόσο την μορφή των δεδομένων προς και από τη πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard), όσο και προς και από το διακομιστή πρόβλεψης (forecast server). Ακόμη η υλοποίηση ενός τέτοιου διακομιστή μας παρέχει τη δυνατότητα να προλαβαίνουμε σφάλματα πριν φτάσουν στην πλατφόρμα αποθήκευσης όπως η λανθασμένη καταχώρηση στοιχείων ενός χρήστη κατά τη διαδικασία του login.

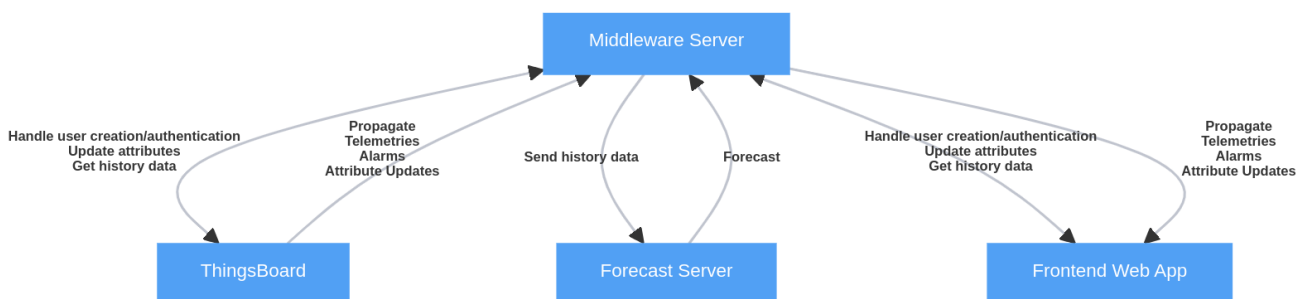
5.5.1 Λειτουργίες του ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server)

Από τη σχεδίαση του συστήματος προκύπτουν 3 λειτουργίες που θα πρέπει να πληροί ο ενδιάμεσος διακομιστής. Οι λειτουργίες αυτές είναι :

1. Η μεταφορά καιρικών δεδομένων, συναγερμών (alerts) και ενημερώσεων των χαρακτηριστικών (attributes) που λαμβάνει η πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard) στην εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend app).
2. Η προώθηση των αιτημάτων αυθεντικοποίησης και δημιουργίας χρήστη στη πλατφόρμα αποθήκευσης.
3. Η επικοινωνία με το διακομιστή πρόβλεψης (forecast server).

5.5.2 Αρχιτεκτονική ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server)

Όπως προκύπτει από τις λειτουργίες του ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server) στο κεφάλαιο 5.5.1, μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα για το πως πρέπει να σχεδιαστεί η δομή του ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server). Χρησιμοποιώντας τη πληροφορία από το κεφάλαιο 5.5.1 προκύπτει η εξής αρχιτεκτονική.



Σχήμα 8 Αρχιτεκτονική ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server)

5.5.3 Υλοποίηση ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server)

Για την υλοποίηση του ενδιαμέσου διακομιστή κάνουμε χρήση του Express.js framework με σκοπό να υλοποιήσουμε τις λειτουργίες του ενδιαμέσου διακομιστή. Η υλοποίηση του ενδιαμέσου διακομιστή περιέχει την επικοινωνία με την πλατφόρμα αποθήκευσης, την επικοινωνία με τον διακομιστή πρόβλεψης (forecast server) και την επικοινωνία με την εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend).

5.5.3.1 Επικοινωνία με την πλατφόρμα αποθήκευσης (ThingsBoard)

Η επικοινωνία με τη πλατφόρμα αποθήκευσης γίνεται με δύο τρόπους , μέσω του REST API της πλατφόρμας αποθήκευσης και μέσω του WebSocket που χρησιμοποιεί το ThingsBoard για να επικοινωνήσει με το τη διεπαφή χρήστη του (web UI). Αρχικά για να επιτύχουμε αυτές τις μεθόδους επικοινωνίας πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα στατικό λογαριασμό ενός Tenant Administrator όπου με τα στοιχεία χρήστη του θα μπορούμε μέσω του login πόρου (endpoint) του REST API του ThingsBoard να λαμβάνουμε ένα JWT token κάθε φορά που ξεκινάει η εφαρμογή του ενδιαμέσου διακομιστή (middleware server), με σκοπό να το χρησιμοποιούμε σε κάθε κλήση και επικοινωνία με τη πλατφόρμα του ThingsBoard για να δηλώνουμε την αυθεντικοποίηση και την εξουσιοδότηση του ενδιαμέσου διακομιστή κατά τη χρήση τόσο του REST API του Thingsboard όσο και του WebSocket.

- **Χρήση ThingsBoard REST API:** Ο ενδιαμέσος διακομιστής για να επικοινωνήσει με το ThingsBoard μέσω του REST API κάνει χρήση των παρακάτω πόρων (endpoints) :

Method	Endpoint	Response
POST	/auth/login body: username: Tenants's username password : Tenant's password	JWT login token, JWT refresh token
POST	/auth/logout headers: X-Authorization : JWT Token	Status code as result
GET	/auth/user headers: X-Authorization : JWT Token	Informations about user
POST	/noauth/activate?sendActivationMail=false headers: X-Authorization : JWT Token body:	Status code as result

	activateToken: User's activation token password : User's password	
POST	/customer headers: X-Authorization : JWT Token body: title: User's email email: User's email	Customer ThingsBoard object
POST	/user headers: X-Authorization : JWT Token body: customerId: Created customer Id entityType: CUSTOMER email: Registration email authority: CUSTOMER_USER firstName: Registration firstname lastName: Registration lastname params: sendActivationMail: true	User ThingsBoard object
GET	/plugins/telemetry/DEVICE/\$entityId/values/telemetrys query: keys=keys endTs=endTimestamp startTs=startTimestamp orderBy=ASC limit=99999 agg=NONE	Specific range of history data
POST	/plugins/telemetry/DEVICE/\$deviceId/attributes/SHARED _SCOPE body: watering=nextWateringTimestamp headers: X-Authorization : JWT Token	Status code as result

Πίνακας 2 Χρήση πόρων του ThingsBoard REST API

Οι παραπάνω πόροι χρησιμοποιούνται από τον ενδιάμεσο διακομιστή (middleware server) για τις λειτουργίες της αυθεντικοποίησης, της δημιουργίας χρήστη, της ανάκτησης ιστορικών καιρικών δεδομένων και της ενημέρωσης των χαρακτηριστικών της οντότητας συσκευής (device) που αναπαριστά τη συσκευή του ελεγκτή στη πλατφόρμα αποθήκευσης. Ακόμη το αποτέλεσμα που επιστρέφει ο πόρος `/plugins/telemetry/DEVICE/$entityId/values/temeletries` τροποποιείται ανάλογα για τη χρήση του προορίζεται (frontend ή forecast server).

- **Χρήση ThingsBoard WebSocket:** Ο ενδιάμεσος διακομιστής για να επικοινωνήσει με το ThingsBoard μέσω του WebSocket κάνει χρήση της σύνδεσης:

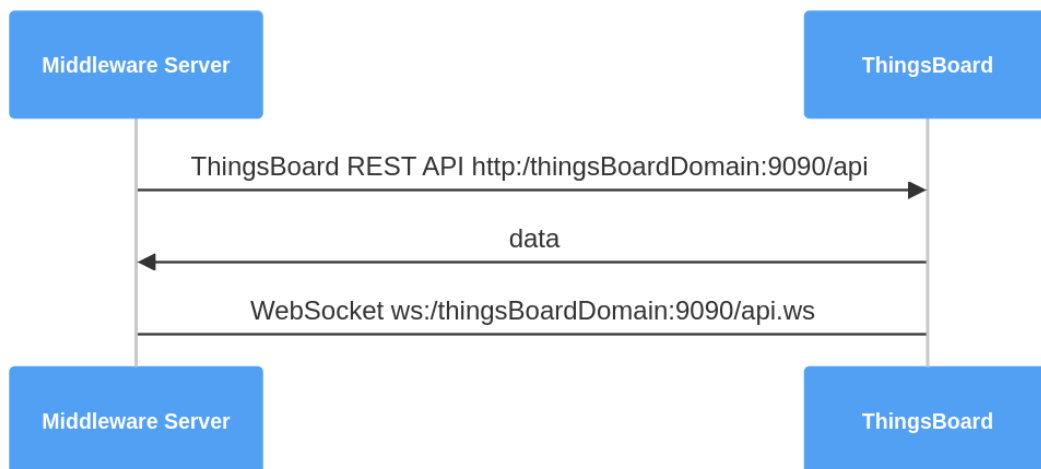
`ws://thingsBoardDomain:9090/api.ws`

Κατά τη δημιουργία της WebSocket σύνδεσης μεταξύ του ενδιάμεσου διακομιστή (middleware server) και της πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard), ενδιάμεσος διακομιστής χρειάζεται να στείλει κάποιες συγκεκριμένες εντολές (commands) προκειμένου η πλατφόρμα αποθήκευσης να τον ενημερώνει αλλαγές. Οι εντολές αυτές είναι οι εξής:

Command ID	Type
cmdId: 1	type: TIMESERIES
cmdId: 2	type: ALARM_DATA
cmdId: 3	type: ENTITY_DATA

Πίνακας 3 Χρήση εντολών (commands) του ThingsBoard WebSocket

Οι παραπάνω εντολές χρησιμοποιούνται από τον ενδιάμεσο διακομιστή (middleware server) για την ενημέρωσή του σε πραγματικό χρόνο για τα τελευταία καιρικά δεδομένα, την ύπαρξη ακραίων καιρικών συνθηκών μέσω συναγερμών (alarms) και για την κατάσταση της αντλίας νερού.



Σχήμα 9 Διάγραμμα επικοινωνίας ενδιάμεσου διακομιστή και ThingsBoard

5.5.3.2 Επικοινωνία με το διακομιστή πρόβλεψης (forecast server)

Η επικοινωνία με το διακομιστή πρόβλεψης (forecast server) γίνεται μέσω REST API. Ο ενδιαμέσος διακομιστής επικοινωνεί με τον διακομιστή πρόβλεψης προωθώντας του ιστορικά καιρικά δεδομένα και ως απάντηση λαμβάνει προβλέψεις με βάση αυτά τα ιστορικά δεδομένα. Ο ενδιαμέσος διακομιστής προκειμένου να επιτύχει επικοινωνία με τον διακομιστή πρόβλεψης κάνει χρήση του παρακάτω πόρου.

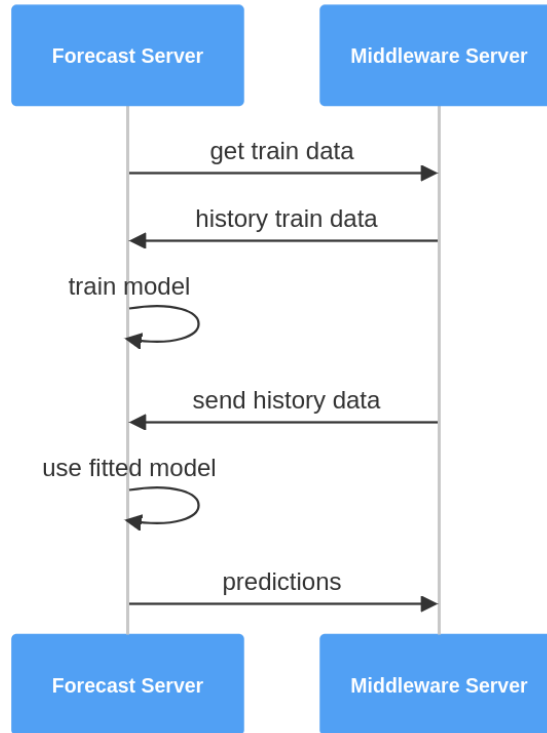
Method	Endpoint	Response
POST	/predict data: formattedData: formattedHistoryData	Predictions based on history data

Πίνακας 4 Χρήση πόρων του Forecast Server REST API

Επιπλέον ο διακομιστής πρόβλεψης προκειμένου να επιτύχει την εκπαίδευση του μοντέλου του κάνει χρήση του παρακάτω πόρου.

Method	Endpoint	Response
GET	/trainData query: startTs: startTimestamp endTs: endTimestamp	History formatted data ready to use

Πίνακας 5 Χρήση πόρων του Middleware Server REST API από τον Forecast Server



Σχήμα 10 Διάγραμμα επικοινωνίας διακομιστή πρόβλεψης και ενδιάμεσου διακομιστή

5.5.3.3 Επικοινωνία με την εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend web app)

Η επικοινωνία με την εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend web app) γίνεται τόσο με τη χρήση REST API όσο και με τη χρήση WebSokcet. Ο ενδιάμεσος διακομιστής πρέπει να επικοινωνήσει με την εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη προκειμένου να της προωθήσει τα πιο πρόσφατα καιρικά δεδομένα, τους ενεργοποιημένους συναγερμούς και τη κατάσταση στην οποία βρίσκεται η αντλία νερού προκειμένου ο χρήστης να γνωρίζει τη κατάσταση που επικρατεί στο χώρο τοποθέτησης (καλλιέργεια) του ελεγκτή (controller). Ακόμη ο ενδιάμεσος διακομιστής προωθεί τα αιτήματα εισόδου και δημιουργίας χρήστη από την εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη στη πλατφόρμα αποθήκευσης προκειμένου να διαπιστωθεί η αυθεντικοποίηση και η εξουσιοδότηση ενός χρήστη στο σύστημα.

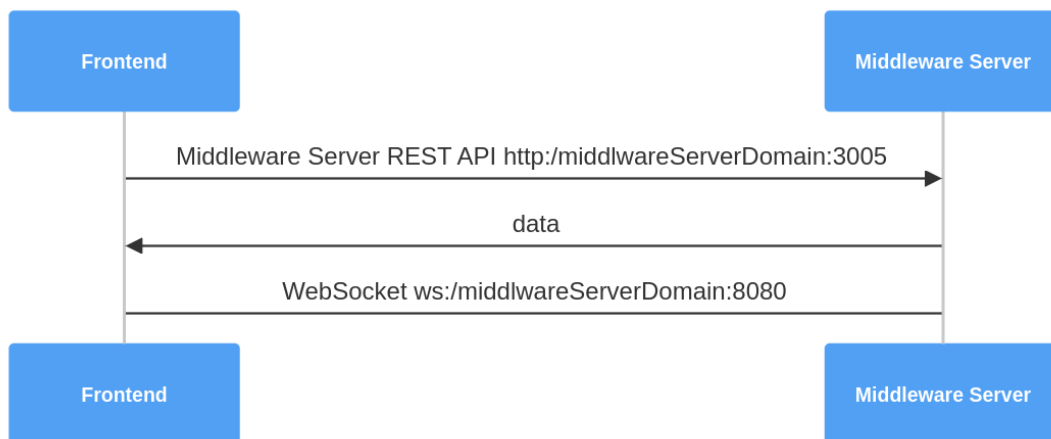
- **Χρήση Middleware Server REST API:** Η εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend) προκειμένου να επικοινωνήσει με τον ενδιάμεσο διακομιστή (middleware server) κάνει χρήση των παρακάτω πόρων.

Method	Endpoint	Response
POST	/login body: username: userUsername	JWT Token JWT Refresh Token

	password : userPassword	
POST	/createUser body: email: registrationEmail firstName: registrationFirstName lastName: registrationLastName	Status code as response
POST	/logout body: accessToken: JWT Token	Status code as response
POST	/activateUser body: activateToken: activateToken password: userCreatedPassword	Status code as response
GET	/user query: accessToken: JWT Token	ThingsBoard user data object
GET	/history query: startTs: startTimestamp endTs: endTimestamp	Weather history data for specific range
GET	/forecast query: startTs: startTimestamp endTs: endTimestamp	Forecast data for specific range
GET	/dashboardForecast query: startTs: startTimestamp endTs: endTimestamp	Forecast data for specific range
POST	/updateAttr	Status code as response

Πίνακας 6 Χρήση πόρων του Middleware Server REST API από το Frontend

- **Χρήση Middleware WebSocket:** Η εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη για να επικοινωνήσει με το ενδιάμεσο διακομιστή μέσω του WebSocket κάνει χρήση της σύνδεσης:
ws://middlewareServerDomain:9090/



Σχήμα 11 Διάγραμμα επικοινωνίας εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη και ενδιάμεσου διακομιστή

5.6 Διακομιστής πρόβλεψης (forecast server)

Ο διακομιστής πρόβλεψης είναι η οντότητα όπου παράγει προβλέψεις με βάση τα δεδομένα που λαμβάνει. Ο διακομιστής πρόβλεψης διαχειρίζεται την χρήση του μοντέλου πρόβλεψης και είναι υπεύθυνος τόσο για την εκπαίδευση του μοντέλου όσο και για την λειτουργία του. Ακόμη ο διακομιστής πρόβλεψης κάνει χρήση της υπηρεσίας MLflow προκειμένου να αποφευχθεί η εσωτερική διαχείριση του κύκλου ζωής του μοντέλου.

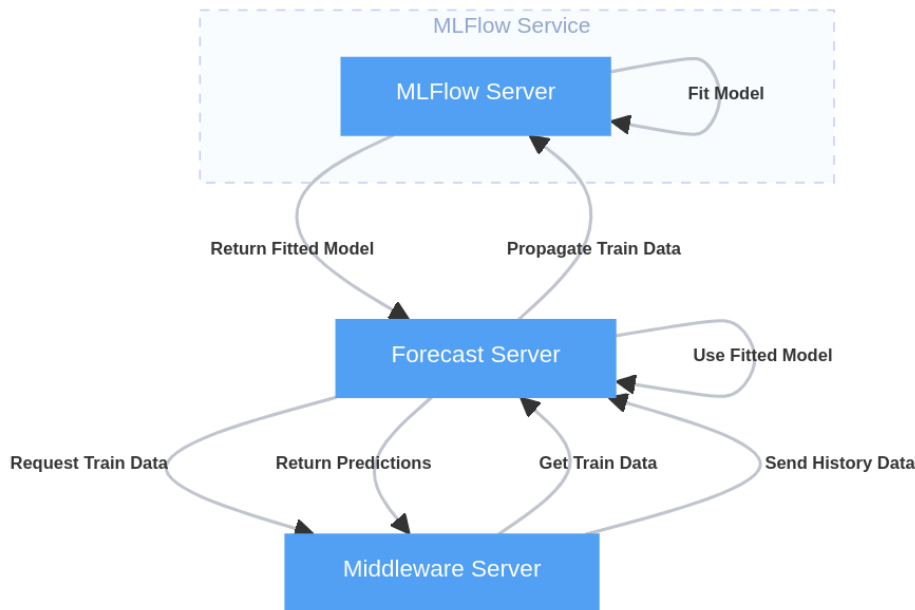
5.6.1 Λειτουργίες διακομιστή πρόβλεψης (forecast server)

Από τη σχεδίαση του συστήματος προκύπτουν 3 λειτουργίες που θα πρέπει να πληροί ο διακομιστής πρόβλεψης. Οι λειτουργίες αυτές είναι:

1. Παραλαβή των δεδομένων εκπαίδευσης του μοντέλου από τον ενδιάμεσο διακομιστή.
2. Δημιουργία και εκπαίδευση του μοντέλου μέσω της υπηρεσίας MLflow.
3. Παροχή προβλέψεων με τη χρήση του εκπαιδευμένου μοντέλου.

5.6.2 Αρχιτεκτονική διακομιστή πρόβλεψης (forecast server)

Όπως προκύπτει από τις λειτουργίες του διακομιστή πρόβλεψης (forecast server) στο κεφάλαιο 5.6.1, μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα για το πως πρέπει να σχεδιαστεί η δομή του διακομιστή πρόβλεψης (forecast server). Χρησιμοποιώντας τη πληροφορία από το κεφάλαιο 5.6.1 προκύπτει η εξής αρχιτεκτονική.



Σχήμα 12 Αρχιτεκτονική διακομιστή πρόβλεψης (forecast server)

5.6.3 Υλοποίηση διακομιστή πρόβλεψης (forecast server)

Για την υλοποίηση του διακομιστή πρόβλεψης κάνουμε χρήση της γλώσσας Python3, του framework Flask και της υπηρεσίας MLflow. Ο διακομιστής πρόβλεψης αποτελείται από κάποια επιμέρους κομμάτια όπως είναι η δημιουργία και η εκπαίδευση του μοντέλου, η χρήση του μοντέλου πρόβλεψης για τη δημιουργία προβλέψεων πάνω σε δεδομένα που λαμβάνει ο διακομιστής πρόβλεψης και η επικοινωνία τόσο με τον ενδιάμεσο διακομιστή (middleware server) όσο και με την υπηρεσία MLflow.

5.6.3.1 Επικοινωνία με τον ενδιάμεσο διακομιστή

Η επικοινωνία με τον ενδιάμεσο διακομιστή επιτυγχάνεται με τη χρήση του REST API του ενδιάμεσου διακομιστή μέσω του πόρου /trainData και με τη χρήση του REST API του διακομιστή πρόβλεψης μέσω του πόρου /predict. Η επικοινωνία του διακομιστή πρόβλεψης με τον ενδιάμεσο διακομιστή μέσω του πόρου /trainData είναι υψίστης σημασίας για το λόγο ότι τα δεδομένα που θα παραλάβει ο διακομιστής πρόβλεψης θα τα χρησιμοποιήσει για την εκπαίδευση του μοντέλου κατά την εκκίνησή του. Στη συνέχεια εφόσον πραγματοποιηθεί η εκπαίδευση του μοντέλου ο ενδιάμεσος διακομιστής μπορεί να ζητάει από τον διακομιστή πρόβλεψης να του υπολογίζει προβλέψεις μέσω του πόρου /predict. Το σχήμα 5.10 περιγράφει επακριβώς την επικοινωνία του διακομιστή πρόβλεψης και του ενδιάμεσου διακομιστή.

5.6.3.2 Επικοινωνία με την υπηρεσία MLflow

Η υπηρεσία MLflow μας παρέχει έναν HTTP διακομιστή παρακολούθησης (tracking server) ο οποίος έχει πολλαπλά σημεία πρόσβασης μέσω του δικού του REST API για την παρακολούθηση των εκτελέσεων πειραμάτων (runs/experiments). Ο διακομιστής παρακολούθησης (tracking server) μπορεί να παρακολουθήσει την πορεία ενός μοντέλου και να διαχειριστεί όλο το κύκλο ζωής του μέχρι το μοντέλο να είναι έτοιμο για χρήση, αυτό προϋποθέτει κάποια βήματα όπως είναι η έναρξη του διακομιστή παρακολούθησης (tracking server), η σύνδεση σε αυτόν μέσω του αντίστοιχου url και όλη η εκτέλεση της διαδικασίας εκπαίδευσης που θα παρακολουθήσει ο διακομιστής παρακολούθησης. Ακόμη η υπηρεσία MLflow μας παρέχει έτοιμα εργαλεία και ταμπλό (dashboards) για την προβολή και την παρακολούθηση εκτελέσεων και πειραμάτων (runs/experiments) τα οποία παρακολουθεί ο διακομιστής παρακολούθησης.

5.6.3.3 Μοντέλο πρόβλεψης

Ως μοντέλο πρόβλεψης κάνουμε χρήση ενός LSTM μοντέλου. Το LSTM είναι ένα είδος αναδρομικού νευρωνικού δικτύου σχεδιασμένο να διαχειρίζεται σειρές δεδομένων και ακολουθίες. Η δημιουργία του μοντέλου περιγράφεται από των παρακάτω κώδικα.

```
1 def create_and_compile_lstm_model(input_shape):
2     model = Sequential()
3     model.add(LSTM(4, input_shape=input_shape))
4     model.add(Dense(1))
5     model.compile(loss='mean_squared_error', optimizer='adam')
6     return model
```

Εικόνα 19 Κώδικας δημιουργίας μοντέλου πρόβλεψης

Πιο αναλυτικά το μοντέλο είναι σειριακό το οποίο σημαίνει ότι οι στρώσεις προστίθενται η μία πίσω από την άλλη. Έχει ένα επίπεδο LSTM με 4 μονάδες στη μνήμη και σχήμα εισόδου ορίζεται από τον χρήστη. Ακόμα προσθέτουμε ένα πλήρως συνδεδεμένο επίπεδο με μία μονάδα εξόδου, αυτό το επίπεδο προσφέρει μία ενιαία έξοδο, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη πρόβλεψη ή κάποια άλλη εργασία που απαιτεί μονό αποτέλεσμα. Επιπλέον ορίζουμε τη συνάρτηση κόστους ως το μέσο τετραγωνικό

σφάλμα και κάνουμε χρήση του βελτιστοποιητή Adam. Ο βελτιστοποιητής Adam είναι ένας αποτελεσματικός αλγόριθμος βελτιστοποίησης για την εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων.

Στη συνέχεια μετά την δημιουργία του μοντέλου και των συνόλων δεδομένων (datasets) μπορούμε να εκπαιδεύσουμε το μοντέλο. Η εκπαίδευση του μοντέλου περιγράφεται από των παρακάτω κώδικα.

```
1 def train_and_predict(model, trainX, testX, trainY):
2     model.fit(trainX, trainY, epochs=10, batch_size=1, verbose=2)
3     trainPredict = model.predict(trainX)
4     testPredict = model.predict(testX)
5     return trainPredict, testPredict
6
```

Εικόνα 20 Κώδικας εκπαίδευσης μοντέλου πρόβλεψης

Πιο αναλυτικά εκπαιδεύουμε το μοντέλο χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από τα υπολογισμένα σύνολα δεδομένων (datasets), το επιτελούμε για 10 εποχές (epochs) με μέγεθος παρτίδας 1 και καθορίζουμε το επίπεδο πληροφόρησης κατά την εκπαίδευση σε 2. Εφόσον ολοκληρωθεί η εκπαίδευση του μοντέλου είμαστε σε θέση να το χρησιμοποιήσουμε για την πρόβλεψη τιμών κάθε φορά που το ζητάει ο ενδιάμεσος διακομιστής (middleware server) μέσω του πόρου /predict. Να σημειωθεί ότι για κάθε μέτρηση δημιουργείται διαφορετικό instance του παρόντος μοντέλου.

5.7 Εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend web app)

Η εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend web app) είναι η οντότητα με την οποία ο χρήστης έρχεται σε επαφή με το σύστημα. Μέση από την εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend web app) ένας χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει σε πραγματικό χρόνο τις καιρικές συνθήκες του σημείου που έχει τοποθετήσει τον ελεγκτή (καλλιέργεια), να ενημερωθεί για τις συνθήκες που επικράτησαν τις τελευταίες μέρες στο σημείο τοποθέτησης του ελεγκτή και να ενημερωθεί για τις συνθήκες που θα επικρατήσουν στο σημείο τοποθέτησης του ελεγκτή για τις επόμενες 24 ώρες.

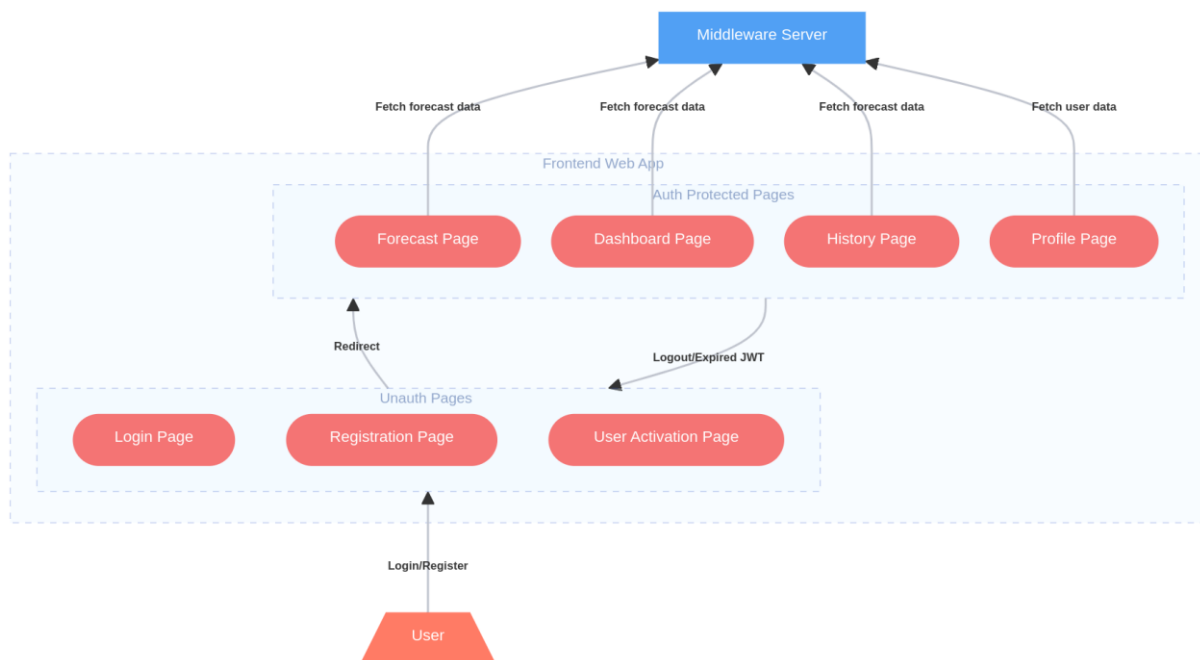
5.7.1 Λειτουργίες εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app)

Από τη σχεδίαση του συστήματος προκύπτουν 4 λειτουργίες που θα πρέπει να πληροί η εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη. Οι λειτουργίες αυτές είναι :

1. Προβολή καιρικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
2. Προβολή καιρικών δεδομένων των πρόσφατων ημερών.
3. Προβολή καιρικών δεδομένων των επόμενων 24 ωρών.
4. Προβολή πληροφοριών χρήστη.
5. Αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση χρήστη για την είσοδο στο σύστημα μέσω της εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη.

5.7.2 Αρχιτεκτονική εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app)

Όπως προκύπτει από τις λειτουργίες της εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app) στο κεφάλαιο 5.7.1, μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα για το πως πρέπει να σχεδιαστεί η δομή της εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app). Χρησιμοποιώντας τη πληροφορία από το κεφάλαιο 5.7.1 προκύπτει η εξής αρχιτεκτονική.



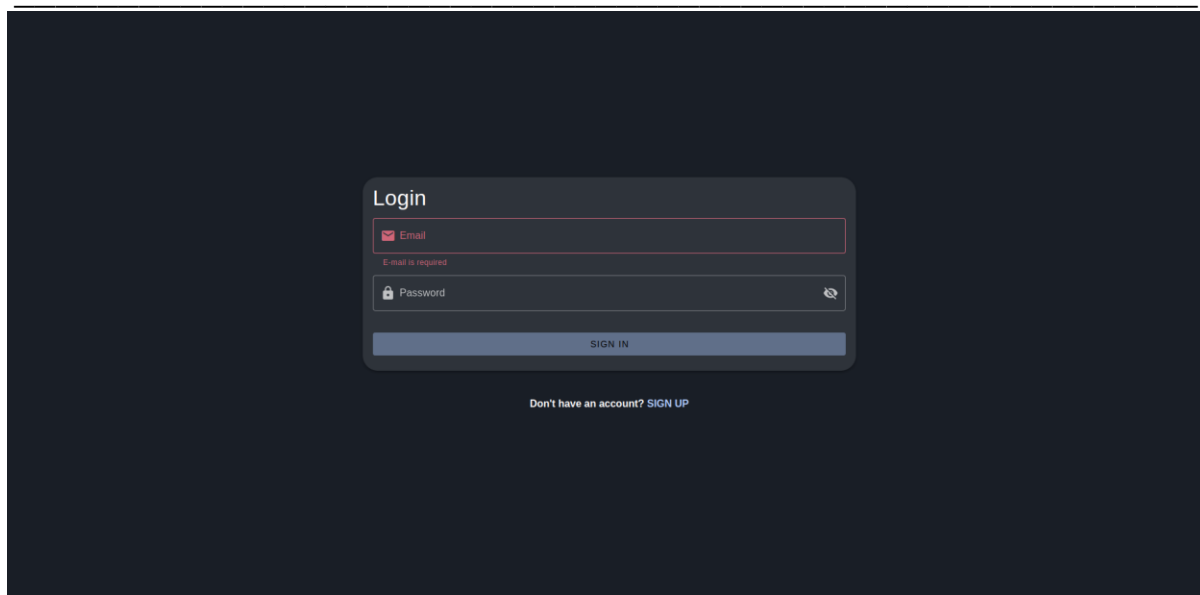
Σχήμα 13 Αρχιτεκτονική εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (web frontend app)

5.7.3 Υλοποίηση εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app)

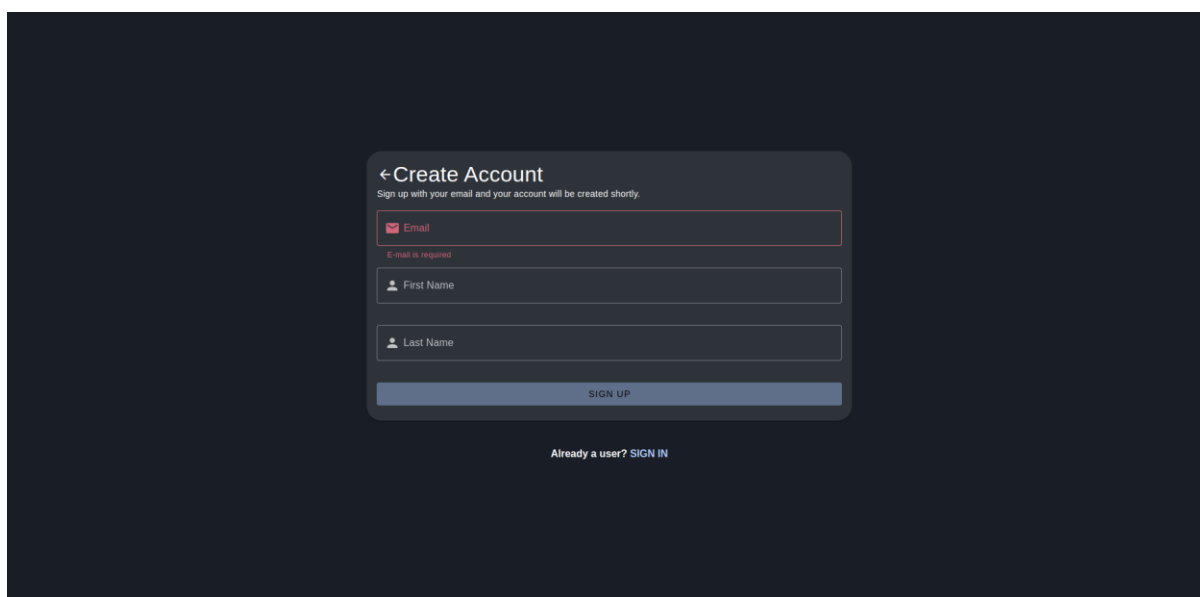
Για την υλοποίηση της εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app) κάνουμε χρήση του Vue3 framework το οποίο είναι ένα Javascript framework και του Vuetify3 framework το οποίο είναι ένα CSS framework. Η χρήση του Vue3 μας παρέχει εύκολη υλοποίηση σελίδων (pages), στοιχείων (components) και αντίστοιχα εύκολη υλοποίηση των λειτουργιών που θα πρέπει να έχουν εσωτερικά. Το Vuetify3 μας παρέχει τόσο έτοιμα στοιχεία (components) γραμμένα σε Vue3 όσο και CSS κλάσεις για να αλλάξουμε τον τρόπο προβολής αυτών ή δικών μας στοιχείων (components). Ακόμη με τη χρήση του Vuetify3 framework μπορούμε εύκολα να διαμορφώσουμε την εμφάνιση της εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app) ανάλογα τη συσκευή και την οθόνη στην οποία χρησιμοποιείται. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται responsive layout και στη συγκεκριμένη εφαρμογή εφαρμόζεται για δύο τύπους συσκευών , τα κινητά τηλέφωνα (smartphones) και υπολογιστές (desktops).

5.7.3.1 Αυθεντικοποίηση, εξουσιοδότηση και δημιουργία χρήστη

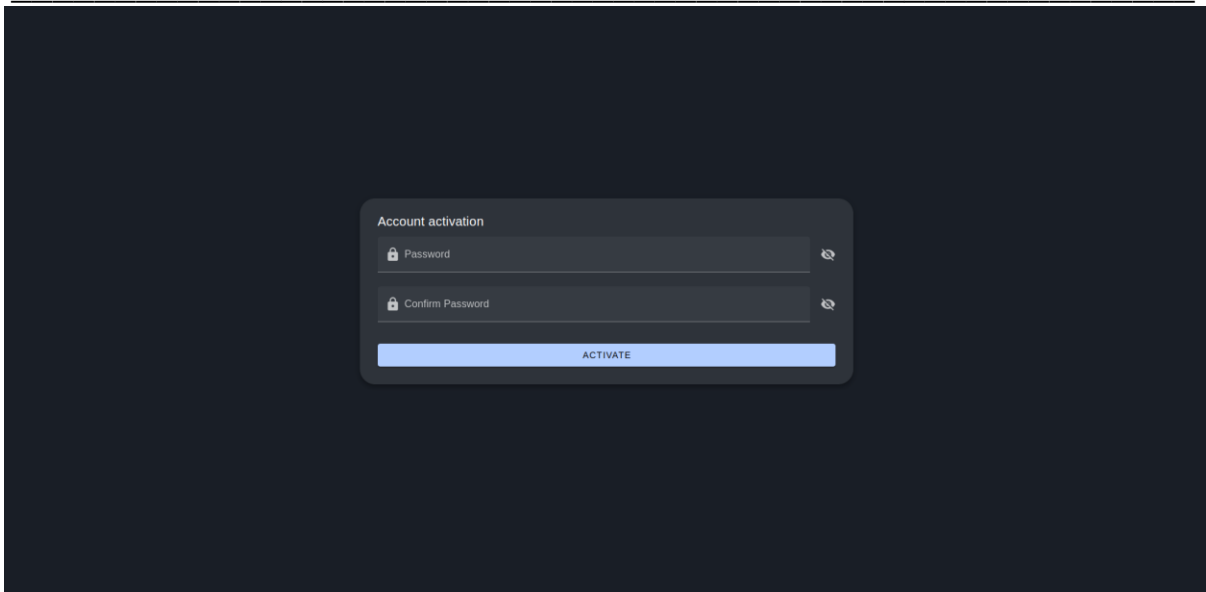
Το περιεχόμενο και οι σελίδες της εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις εξουσιοδοτημένες σελίδες και τις μη εξουσιοδοτημένες σελίδες. Αν κάποιος χρήστης χωρίς να πληροί τα κριτήρια εξουσιοδότησης προσπαθήσει να μεταφερθεί σε μία σελίδα εξουσιοδότησης τότε θα ανακατευθυνθεί στη σελίδα εισαγωγής στοιχείων χρήστη (login page). Η αυθεντικοποίηση και η εξουσιοδότηση ενός χρήστη γίνεται με τη χρήση JWT token. Ένας χρήστης προκειμένου να αποκτήσει πρόσβαση στις εξουσιοδοτημένες σελίδες της εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη (frontend web app) θα πρέπει να εισάγει τα στοιχεία σύνδεσης του στη φόρμα εισαγωγής στοιχείων στη σελίδα login. Αν τα στοιχεία είναι σωστά τότε θα του επιστραφεί από τον ενδιάμεσο διακομιστή ένα ζευγάρι από JWT tokens τα οποία θα αποθηκευτούν στον φυλλομετρητή (browser) του χρήστη και θα ανακατευθυνθεί στην αρχική σελίδα της εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη όπου και είναι η σελίδα των ταμπλό (dashboards). Αν ο χρήστης έχει αποθηκευμένα σε ισχύ στον φυλλομετρητή του JWT tokens τότε μπορεί να παραλείψει το κομμάτι της αυθεντικοποίησης και να περιηγηθεί στην εφαρμογή. Αν ο χρήστης δε διαθέτει στοιχεία σύνδεσης τότε πρέπει να κάνει εγγραφή στο σύστημα μέσω της σελίδας registration όπου θα δώσει τα εξής στοιχεία, email , όνομα , επώνυμο. Στη συνέχεια θα λάβει ένα email στη διεύθυνση όπου καταχώρησε το οποίο θα περιέχει έναν σύνδεσμο προς τη σελίδα δημιουργίας κωδικού της εμπρόσθιας εφαρμογής χρήστη. Μετά τη δημιουργία του κωδικού αν η διαδικασία είναι επιτυχής τότε να ανακατευθυνθεί στην αρχική σελίδα της εφαρμογής (dashboard). Αν ο χρήστης επιλέξει να εξέλθει από την εφαρμογή χρησιμοποιώντας το κουμπί logout τότε θα ανακατευθυνθεί στην σελίδα εισαγωγής στοιχείων χρήστη (login) και όλα τα αποθηκευμένα JWT tokens του θα διαγραφούν.



Εικόνα 21 Σελίδα εισαγωγής στοιχείων χρήστη (login page)



Εικόνα 22 Σελίδα εγγραφής χρήστη (registration page)

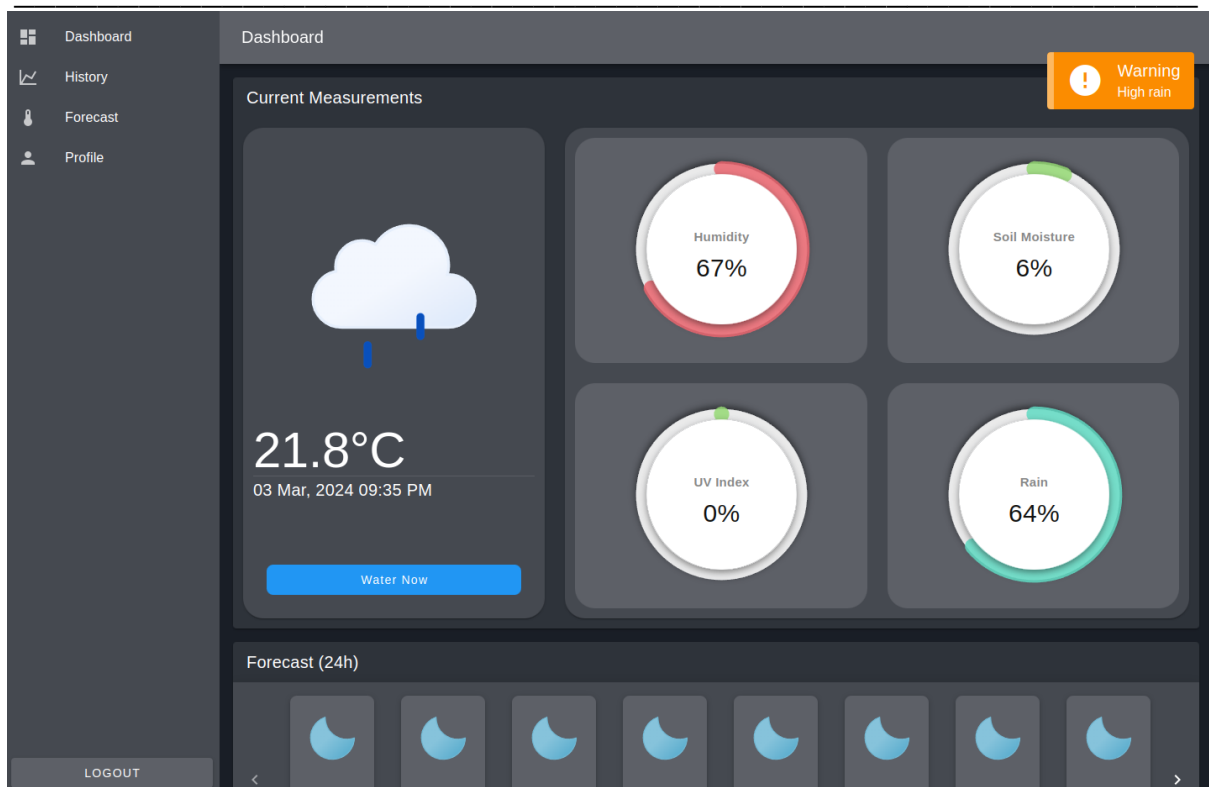


Εικόνα 23 Σελίδα δημιουργίας κωδικού χρήστη (password creation page)

5.7.3.2 Προβολή καιρικών συνθηκών

Η προβολή των καιρικών συνθηκών στην εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend web app) αφορά τριών ειδών καιρικά δεδομένα, τα οποία είναι, τα ζωντανά δεδομένα τα οποία ανανεώνονται σε ζωντανό χρόνο, τα ιστορικά δεδομένα τα οποία περιγράφουν τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στο παρελθόν και τα δεδομένα πρόβλεψης τα οποία περιγράφουν τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατήσουν τις επόμενες ώρες. Για κάθε ένα τύπο δεδομένων η εφαρμογή περιέχει μία αντίστοιχη σελίδα (page) για το καθένα. Οι σελίδες (pages) αυτές είναι οι εξής:

- **Σελίδα ταμπλό (dashboard):** Η σελίδα ταμπλό (dashboard) περιέχει τόσο την απεικόνιση των ζωντανών δεδομένων όσο και την απεικόνιση των καιρικών συνθηκών που θα επικρατήσουν στο άμεσο μέλλον (24 ώρες). Η σελίδα ταμπλό (dashboard) για την απεικόνιση των ζωντανών καιρικών συνθηκών κάνει χρήση της βιβλιοθήκης ApexCharts για την προβολή των μετρήσεων σε γραφήματα μετρητή (gauge). Ακόμη για την προβολή των προβλεπόμενων καιρικών συνθηκών κάνει χρήση ενός horizontal scroller ο οποίος περιέχει μικρές κάρτες με την προβλεπόμενη θερμοκρασία, αν ο χρήστης θέλει να δει τις προβλεπόμενες τιμές για όλες τις μετρήσεις μπορεί να κάνει κλικ στη κάρτα που επιθυμεί, τότε θα ανοίξει ένα στοιχείο (component) dialog το οποίο περιέχει με λεπτομέρεια τις προβλεπόμενες μετρήσεις. Επίσης η σελίδα ταμπλό (dashboard) περιέχει στοιχεία (components) τα οποία απεικονίζουν τους ανοιχτούς συναγερμούς (alerts) και την κατάσταση της αντλίας. Τέλος η σελίδα ταμπλό (dashboard) περιέχει ένα κουμπί για άμεση ενεργοποίηση της αντλίας.

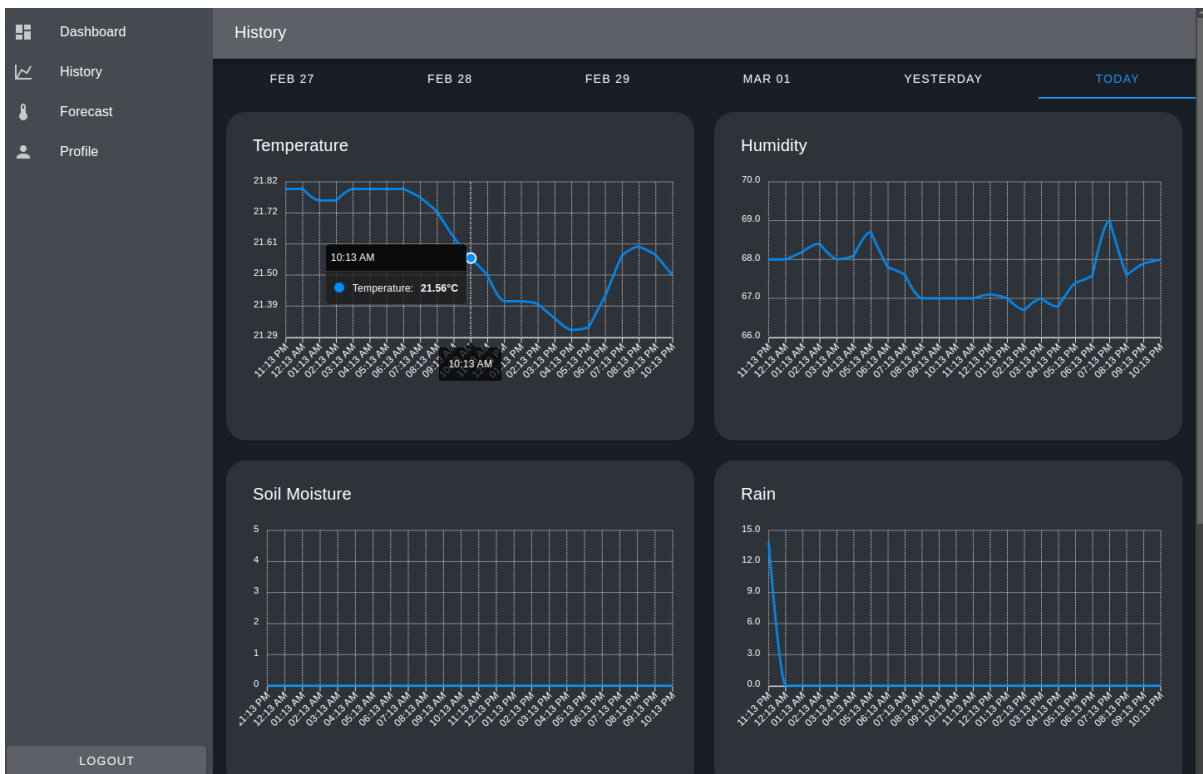


Εικόνα 24 Σελίδα ταμπλό (dashboard) με ανοιχτό συναγερμό



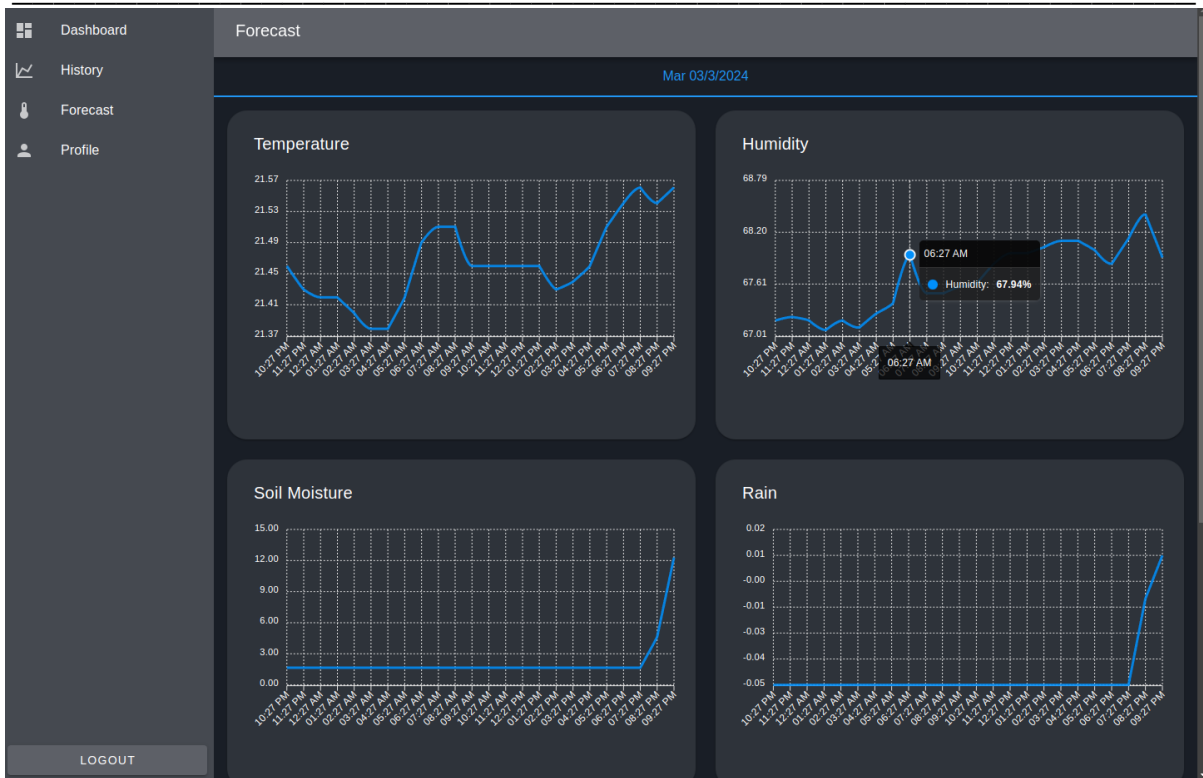
Εικόνα 25 Σελίδα ταμπλό (dashboard), προβολή forecast details dialog

- **Σελίδα ιστορικών δεδομένων (history):** Η σελίδα ιστορικών δεδομένων περιέχει την απεικόνιση σε γραφήματα (charts) των καιρικών δεδομένων που κατέγραψε το υλικό (hardware) του ελεγκτή (controller) μέχρι και 6 μέρες στο παρελθόν. Η σελίδα αποτελείται από έναν επιλογέα ημέρας (tab menu) και μία σειρά από γραφήματα τα οποία αντιστοιχούν στην κάθε μία μέτρηση. Ακόμα τα γραφήματα των μετρήσεων είναι διαδραστικά και ο χρήστης με την κίνηση του κέρσορα πάνω από το κάθε γράφημα μπορεί να δει με λεπτομέρεια την ώρα και την τιμή της μέτρησης.



Εικόνα 26 Σελίδα ιστορικών δεδομένων (history)

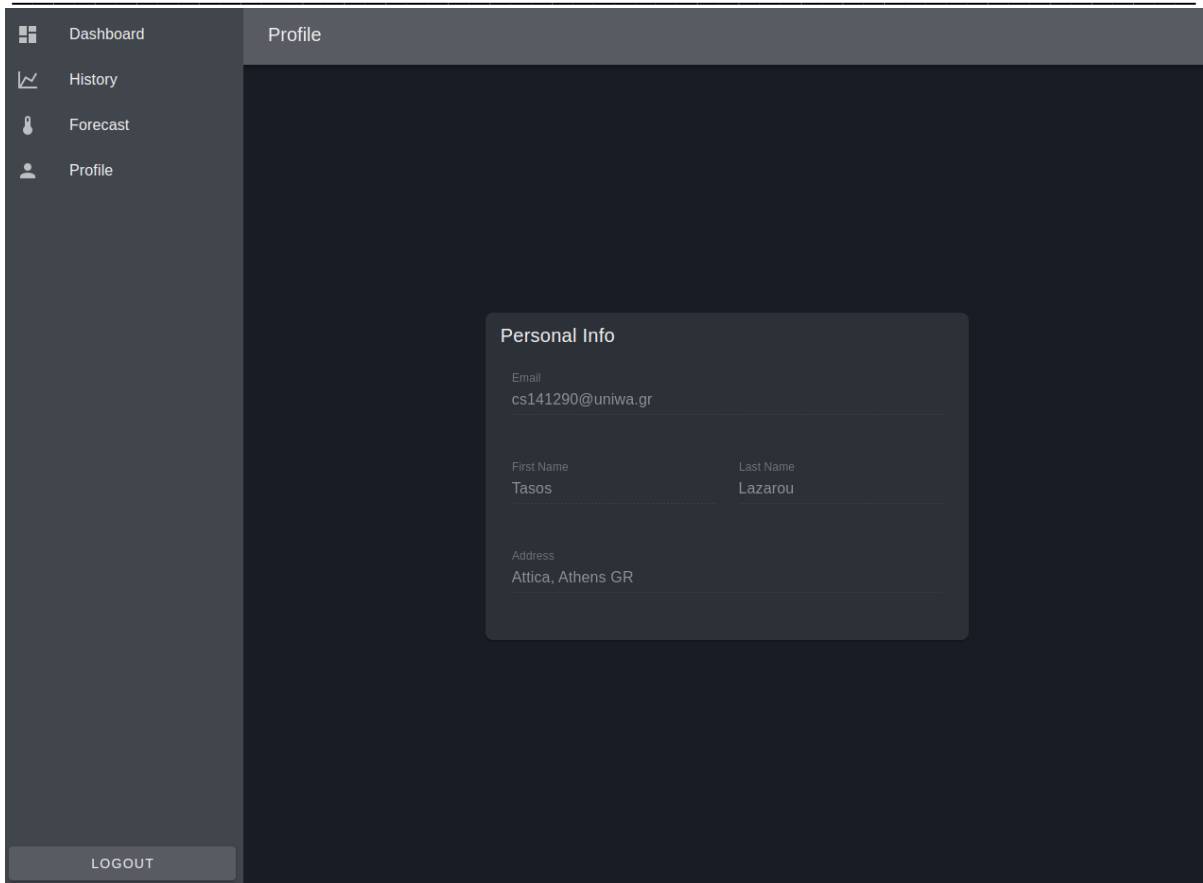
- **Σελίδα προβλεπόμενων δεδομένων (forecast):** Η σελίδα προβλεπόμενων δεδομένων περιέχει την απεικόνιση σε γραφήματα (charts) των καιρικών δεδομένων που υπολογίστηκαν από το μοντέλο πρόβλεψης με βάση τις μετρήσεις που κατέγραψε το υλικό (hardware) του ελεγκτή (controller) τις τελευταίες 24 ώρες. Η σελίδα αποτελείται από έναν επικεφαλίδα με τη μέρα στην οποία αντιστοιχούν οι προβλεπόμενες τιμές και μία σειρά από γραφήματα τα οποία αντιστοιχούν στην κάθε μία μέτρηση. Ακόμα τα γραφήματα των μετρήσεων είναι διαδραστικά και ο χρήστης με την κίνηση του κέρσορα πάνω από το κάθε γράφημα μπορεί να δει με λεπτομέρεια την ώρα και την τιμή της μέτρησης.



Εικόνα 27 Σελίδα προβλεπόμενων δεδομένων (forecast)

5.7.3.3 Προβολή πληροφοριών χρήστη

Η προβολή των πληροφοριών χρήστη στην εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (frontend web app) αφορά την προβολή των πληροφοριών που συμπλήρωσε στη φόρμα εγγραφής ο χρήστης κατά την εγγραφή του στο σύστημα. Η σελίδα πληροφοριών χρήστη περιέχει ένα στοιχείο (component) κάρτας το οποίο περιέχει όλη τη πληροφορία του χρήστη.



Εικόνα 28 Σελίδα πληροφοριών χρήστη (profile)

5.8 Docker

Το Docker είναι μία πλατφόρμα container ανοιχτού κώδικα (open source) που δίνει τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να δημιουργούν, να αναπτύσσουν, να εκτελούν και να διαχειρίζονται εφαρμογές σε διάφορα περιβάλλοντα πολύ αποτελεσματικά. Το Docker χρησιμοποιεί images και containers. Το Docker image αποτελεί ένα αρχείο μόνο για ανάγνωση (read-only) που περιλαμβάνει τις απαραίτητες οδηγίες για τη δημιουργία ενός container. Ο container με τη σειρά του είναι ένα live instance ενός image που εκτελείται από την πλατφόρμα του Docker. Στο πρακτικό μέρος της παρούσας διπλωματικής κάνουμε χρήση της πλατφόρμας Docker στις οντότητες της πλατφόρμας αποθήκευσης (ThingsBoard), στον ενδιάμεσο διακομιστή (Middleware Server) και στην εμπρόσθια εφαρμογή χρήστη (Frontend App). Ο σκοπός χρήσης του Docker στην παρούσα διπλωματική είναι να αποσυμπλέξει το τοπικό περιβάλλον ανάπτυξης των οντοτήτων, ώστε να καθίσταται δυνατή η εκτέλεσή και η ανάπτυξή τους σε οποιοδήποτε άλλο περιβάλλον.

Ο κώδικας για την υλοποίηση του παραπάνω συστήματος βρίσκεται στο αποθετήριο GitHub. Ακόμα εκτός από τον κώδικα υλοποίησης της κάθε οντότητας υπάρχουν οδηγίες για την εγκατάσταση (setup) και την εκτέλεση της κάθε οντότητας είτε μέσω terminal είτε μέσω Docker Container.

Σύνδεσμος αποθετηρίου: <https://github.com/tasos77/master-thesis>

Κεφάλαιο 6ο: ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Οι επεκτάσεις των εφαρμογών και των συστημάτων στο χώρο της τεχνολογίας είναι ένα συχνό φαινόμενο δεδομένου ότι οι απαιτήσεις και οι ανάγκες που έχουμε από μία εφαρμογή ή ένα σύστημα όλο και πληθαίνουν για αυτό το λόγο οι εφαρμογές και τα συστήματα πρέπει συνεχώς να αναπτύσσονται. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκε το υπάρχον έξυπνο σύστημα εξοικονόμησης υδάτινων πόρων ως το Ελάχιστο Βιώσιμο Προϊόν (MVP) στην κατηγορία των συστημάτων IoT. Για την ανάπτυξη του έξυπνου συστήματος εξοικονόμησης υδάτινων πόρων έγινε σχεδίαση και πρόβλεψη για μελλοντική επέκταση του συστήματος με επιπλέον λειτουργίες. Κατά την ανάπτυξη του έξυπνου συστήματος επιλέχθηκαν οι βασικότερες λειτουργίες ώστε το σύστημα να αποτελεί από μόνο του ένα αξιοποιήσιμο εργαλείο για αγρότες που θέλουν να επιβλέψουν την καλλιέργειά τους. Κατά τη σχεδίαση των βασικών λειτουργιών του συστήματος προέκυψαν διάφορες χρήσιμες λειτουργίες και επεκτάσεις που θα μπορούσαν να ενταχθούν στο σύστημα μας με σκοπό την αναβάθμισή του πέρα από ένα σύστημα επίβλεψης.

6.1 Επεκτάσεις υλικού (hardware)

Ένα από τα βασικότερα κομμάτια του παρόντος συστήματος είναι ο υλικό του. Στο παρόν σύστημα κάναμε χρήση απλών συσκευών από τον ελεγκτή μέχρι τους αισθητήρες. Γι' αυτό το λόγο μία επέκταση που αφορά το υλικό του συστήματος θα μπορούσε να ήταν η προσθήκη επιπλέον αισθητήρων όπως ένας αισθητήρας βροχόπτωσης, έναν αισθητήρα κεραυνών, έναν αισθητήρα μέτρησης ταχύτητας ανέμου, έναν αισθητήρα κατεύθυνσης ανέμου και έναν αισθητήρα χιονόπτωσης. Με αυτές τις επεκτάσεις στο υλικό (hardware) του συστήματος ένας αγρότης θα είναι σε θέση να έχει μία πιο πλήρη και σαφής εικόνα για τις συνθήκες που επικρατούν στη καλλιέργειά το οποίο μπορεί να τον ωθήσει να προβεί σε ενέργειες. Ακόμη πέρα από τους αισθητήρες μία επέκταση στο υλικό ενός τέτοιου έξυπνου συστήματος είναι η προσθήκη επιπλέον τρόπων επικοινωνίας όπως το LoRa ή το 4G. Με αυτήν την επέκταση η εγκατάσταση του υλικού του συστήματος μπορεί να γίνει σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις. Επιπλέον μια λειτουργία που αφορά το υλικολογισμικό (firmware) του ελεγκτή θα μπορούσε να είναι ή λειτουργία ύπνου (sleep mode) το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την περιοδική χρήση του ελεγκτή το οποίο μπορεί να οδηγήσει στην περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας από τους πόρους τους οποίους τροφοδοτείται ο ελεγκτής. Τέλος μία ακόμη λειτουργία θα μπορούσε να ήταν η προσθήκη κρυπτογράφησης στα δεδομένα που στέλνει ο ελεγκτής με σκοπό τη διασφάλιση της ακεραιότητάς τους.

6.2 Επεκτάσεις ειδοποιήσεων χρήστη

Η ειδοποίηση του χρήστη στο σύστημα μας είναι ζωτικής σημασίας για το λόγο ότι οι ειδοποιήσεις παραπέμπουν σε ακραίες καιρικές συνθήκες, αυτό αυτομάτως σημαίνει ότι η μη έγκαιρη προειδοποίηση του χρήστη μπορεί να προβεί μοιραία για την κατάσταση της καλλιέργειας. Μία λειτουργία που θα μπορούσε να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα είναι η προσθήκη ειδοποιήσεων από τη πλατφόρμα αποθήκευσης του συστήματος, με Email που δεν απαιτεί την χρήση της εμπρόσθιας εφαρμογής του συστήματος (frontend) προκειμένου ο χρήστης να δει κάποιον από τους ενεργούς συναγερμούς (alerts). Ακόμη αυτή η λειτουργία θα μπορούσε να επεκταθεί και στην ειδοποίηση μέσω SMS για να μην απαιτείται από το χρήστη να είναι συνεχώς συνδεδεμένος στο Internet. Τέλος η λειτουργία των ειδοποιήσεων εκτός από τους ενεργούς συναγερμούς του συστήματος θα μπορούσε να περιέχει ακόμη και προειδοποιήσεις για τα ακραία καιρικά φαινόμενα τα οποία θα επικρατήσουν τις επόμενες ώρες σύμφωνα με τις προβλέψεις του συστήματος.

6.3 Επεκτάσεις διακομιστή πρόβλεψης

Ο διακομιστής πρόβλεψης αποτελεί μία σημαντική οντότητα του έξυπνου συστήματος διότι χρησιμοποιώντας το μοντέλο πρόβλεψης περιέχει όλη την ευφυΐα του συστήματος όπου βασίζονται και οι περισσότερες λειτουργίες όπως είναι η εξοικονόμηση των υδάτινων πόρων. Για το λόγο αυτό μία λειτουργία που θα μπορούσε να προστεθεί είναι η χρήση διαφορετικών μοντέλων πρόβλεψης όπου το καθένα θα παράγει διαφορετικές προβλέψεις σύμφωνα με τις συνθήκες υπό τις οποίες χρειάζεται να γίνει η πρόβλεψη. Για το λόγο αυτό ο ενδιάμεσος διακομιστής θα χρειαστεί να στέλνει μαζί με τα ιστορικά δεδομένα όπου πάνω σε αυτά θα εφαρμοστεί η διαδικασία της πρόβλεψης και μετα-δεδομένα (metadata) που θα περιγράφουν τις ανάγκες της πρόβλεψης.

6.4 Προσθήκη Redis cache

Η γρήγορη απόκριση ενός συστήματος παίζει καθοριστικό ρόλο στην υιοθέτησή του από τους χρήστες. Μετρήσεις δείχνουν ότι ο αποδεκτός χρόνος απόκρισης μίας εφαρμογής είναι τα 200 मिलिदευτερόλεπτα (milliseconds) ή αν πρόκειται για διαδικτυακές εφαρμογές μπορεί να ανέλθει στο 1 δευτερόλεπτο (second). Για να επιτύχουμε τέτοιους χρόνους απόκρισης του συστήματος θα πρέπει να μειώσουμε όσο μπορούμε τις κλήσεις μας προς τη βάση δεδομένων του ThingsBoard όπου με την αύξηση των δεδομένων και των συσκευών θα γίνονται όλο και πιο αργές. Για το λόγο αυτό μπορούμε να προσθέσουμε μία βάση μνήμης όπως είναι η Redis όπου επεκτείνοντας κατάλληλα τις λειτουργίες του ενδιάμεσου διακομιστή θα μπορούσαμε να αποθηκεύουμε εκεί τα ιστορικά καιρικά δεδομένα και τα δεδομένα πρόβλεψης για μία ή περισσότερες ημέρες. Ακόμη μπορούμε να επεκτείνουμε τη λειτουργία του ενδιάμεσου διακομιστή για να ανανεώνει τα δεδομένα στη βάση μνήμης όταν αυτό κριθεί

απαραίτητο. Με αυτή τη προσθήκη μειώνουμε το χρόνο απόκρισης του συστήματος και παράλληλα μειώνουμε την κίνηση που χρειάζεται να διαχειριστεί η πλατφόρμα του ThingsBoard.

6.5 Επεκτάσεις εμπρόσθιας εφαρμογής (frontend)

Οι εφαρμογές διεπαφής χρήστη αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι στην εμπειρία του χρήστη όταν χρησιμοποιεί μία εφαρμογή, όχι μόνο για τις λειτουργίες που του επιτρέπουν αλλά και για το τρόπο που μπορεί να τις παραμετροποιήσει για να ταιριάζουν στις δικές του ανάγκες. Μία λειτουργία που θα μπορούσαμε να προσθέσουμε στην εφαρμογή χρήστη είναι η προσθήκη μενού επιλογών που σχετίζονται με την εφαρμογή χρήστη, όπως είναι η επιλογή μονάδων των τιμών που προβάλλονται στην οθόνη του χρήστη. Ο χρήστης θα είναι σε θέση να επιλέξει μονάδα μέτρησης για όσες μετρήσεις υπάρχουν παραπάνω από μία μονάδα μέτρησης όπως είναι η θερμοκρασία. Ακόμη μία λειτουργία που θα μπορούσε να προστεθεί στην εφαρμογή χρήστη είναι η επιλογή θέματος (light/dark) με σκοπό η εφαρμογή να γίνει πιο οικεία στο χρήστη. Τέλος ο χρήστης θα μπορούσε να επιλέγει τις τιμές των κατωφλίων που θα χρησιμοποιεί το σύστημα το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη προσαρμογή του συστήματος στην εκάστοτε χρήση.

Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα

Οι τεχνικές και οι μέθοδοι γεωργίας τα τελευταία χρόνια προσπαθούν να αποκλίνουν από τις συμβατικές μεθόδους γεωργίας. Οι επικρατέστεροι λόγοι για αυτό το φαινόμενο τόσο είναι η έλλειψη αποδοτικότητας των συμβατικών μεθόδων γεωργίας όσο και τα ακραία καιρικά φαινόμενα που φέρνει η κλιματική αλλαγή όλο και περισσότερο με το πέρασμα των χρόνων. Σε συνδυασμό οι δύο αυτοί λόγοι στρέφουν όλο και περισσότερους αγρότες να στην αναζήτηση τόσο εναλλακτικών μεθόδων γεωργίας όσο και μοντέρνων μεθόδων γεωργίας προκειμένου να εξοικονομήσουν όλο και περισσότερους πόρους κατά τη διαδικασία της καλλιέργειας. Για να επιτευχθεί αυτό η διαδικασία της πρόβλεψης των καιρικών συνθηκών γίνεται όλο και πιο αναγκαία. Μία βασική έλλειψη που υπάρχει ωστόσο στις συμβατικές και στις εναλλακτικές μεθόδους γεωργίας είναι η χρήση IoT συστημάτων τα οποία μπορούν να καλύψουν ιδιαίτερες απαιτήσεις στο χώρο της καλλιέργειας, όπως η επίβλεψη και η πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών που επικρατούν σε μία καλλιέργεια. Προκειμένου να επιλυθεί η έλλειψη τέτοιων συστημάτων στο χώρο της γεωργίας αποφασίσαμε να κάνουμε μία σφαιρική προσέγγιση των παραπάνω προβλημάτων αναπτύσσοντας ένα έξυπνο σύστημα για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων μίας καλλιέργειας. Η ανάπτυξη του έξυπνου συστήματος επικεντρώθηκε τόσο στην επίβλεψη και την προειδοποίηση του χρήστη (αγρότη) όσο και στην πρόβλεψη των καιρικών φαινομένων που θα επικρατήσουν στο άμεσο μέλλον. Σύμφωνα με τις τυποποιημένες μεθοδολογίες υλοποίησης ενός ολοκληρωμένου συστήματος καταφέραμε την ταχεία ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος που πληροί τις ελάχιστες απαιτούμενες λειτουργίες ώστε να είναι άμεσα διαθέσιμο προς χρήση. Κεντρικοί στόχοι του έξυπνου συστήματος ήταν η επίβλεψη των συνθηκών μίας καλλιέργειας, η προειδοποίηση του χρήστη σε περίπτωση ακραίων καιρικών συνθηκών και η πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών που θα επικρατήσουν στο άμεσο μέλλον με σκοπό να αποφευχθεί η άσκοπη κατανάλωση πόρων όπως αυτή του νερού ποτίσματος. Τέλος ένα ακόμη σημείο ενδιαφέροντος ήταν η ανάπτυξη του έξυπνου συστήματος με τεχνολογίες και πρακτικές που παρέχουν στον χρήστη εύκολη πρόσβαση από όλες τις σύγχρονες συσκευές με δυνατότητα διασύνδεσης στο Διαδίκτυο. Συνοψίζοντας καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η επιτυχημένη επίλυση των προβλημάτων στο χώρο της γεωργίας όπως αυτών που προέρχονται από τη κλιματική αλλαγή αποτελεί απαραίτητη και περίπλοκη διαδικασία καθώς πρέπει να βασιστούμε στις υπάρχουσες γνώσεις αντιμετώπισης τέτοιων προβλημάτων εφαρμόζοντάς τες μέσω της χρήσης της τεχνολογίας. Με αυτό το τρόπο είναι εφικτή η υλοποίηση ενός συστήματος που θα αντιμετωπίζει αυτά τα προβλήματα αποδοτικότερα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1) Resource Light , History of Agriculture: A Timeline.

https://www.crestcapital.com/tax/history_of_agriculture

(τελευταία πρόσβαση 4. 9. 23.).

2) What is sustainable agriculture. (Δημοσίευση 15 Μαρτίου, 2022)

<https://www.ucsusa.org/resources/what-sustainable-agriculture>

(τελευταία πρόσβαση 5. 9. 23.).

4) Sustainable Vs. Conventional Agriculture

<https://you.stonybrook.edu/environment/sustainable-vs-conventional-agriculture/>

(τελευταία πρόσβαση 8. 9. 23.).

5) Weather Forecasting (Δημοσίευση 27 Ιανουαρίου 2023)

<https://www.jiva.ag/blog/role-of-weather-forecasting-in-farming#:~:text=The%20principal%20benefit%20of%20predicting,vulnerability%20to%20extreme%20environmental%20impact.>

(τελευταία πρόσβαση 9. 9. 23.).

6) Characteristics of Internet of Things (Δημοσίευση 12 Μαΐου 2023)

<https://www.geeksforgeeks.org/characteristics-of-internet-of-things/>

(τελευταία πρόσβαση 11. 9. 23.).

7) What technologies are used in IoT – technology behind Internet of Things (Τελευταία ενημέρωση 04 Μαΐου 2020)

<https://www.avsystem.com/blog/iot/iot-technology/>

(τελευταία πρόσβαση 11. 9. 23.).

8) Cropin, Internet of Things in Agriculture.

<https://www.cropin.com/iot-in-agriculture#:~:text=IOT%20TECHNOLOGIES%20IN%20AGRICULTURE,from%20anywhere%20without%20any%20hassle>

(τελευταία πρόσβαση 11. 9. 23.).

10) United Nation, Climate Action, What Is Climate Change

<https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>

(τελευταία πρόσβαση 12. 9. 23.).

11) Union of Concerned Scientists, Climate Change and Agriculture.

<https://www.ucsusa.org/resources/climate-change-and-agriculture>

(τελευταία πρόσβαση 12. 9. 23.).

12) What Are the Effects of Climate Change (Δημοσίευση 24 Οκτωβρίου, 2022)

<https://www.nrdc.org/stories/what-are-effects-climate-change#agriculture>

(τελευταία πρόσβαση 14. 9. 23.).

13) IoT and climate change, IoT use cases that help save the environment (Δημοσίευση 19 Απριλίου, 2023)

<https://freeway.com/iot-and-climate-change-iot-use-cases-that-help-save-the-environment/#:~:text=IoT%20for%20climate%20change%20and,change%20and%20take%20preventive%20measures>

(τελευταία πρόσβαση 17. 9. 23.).

14) Artificial Intelligence by Ed Bums

<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence> (τελευταία

πρόσβαση 18. 9. 23.).

15) What is Artificial Intelligence? How Does AI Work? (Δημοσίευση 27 Ιουλίου, 2023)

<https://builtin.com/artificial-intelligence> (τελευταία πρόσβαση 18. 9. 23.).

16) Artificial Intellifence: What it is and how it is used (Δημοσίευση 24 Απριλίου, 2023)

<https://www.investopedia.com/terms/a/artificial-intelligence-ai.asp> (τελευταία πρόσβαση 18.

9. 23.).

17) AI Act (Δημοσίευση 6 Μαρτίου 2024)

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai> (τελευταία

πρόσβαση 23. 3. 24.)

18) EU AI Act: first regulation on artificial intelligence (Δημοσίευση 8 Ιουνίου 2023)

<https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence> (τελευταία πρόσβαση 23. 3. 24)

19) ThingsBoard Docs <https://thingsboard.io/docs/> (τελευταία πρόσβαση 2. 3. 24.)