

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



Π.Μ.Σ. ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ  
ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Συστήματος "Εξυπνων  
Αγροτικών Καλλιεργειών" (Smart Agriculture) στο  
Μελλοντικό Διαδίκτυο των Αντικειμένων**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΓΙΩΡΓΟΣ  
ΑΜ : 11055

**Επιβλέπων :** Κυριαζής Δημοσθένης  
Επίκουρος Καθηγητής

Πειραιάς, Ιούλιος 2016

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
Π.Μ.Σ. ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ  
ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΚΤΥΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

## Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Συστήματος "Έξυπνων Αγροτικών Καλλιεργειών" (Smart Agriculture) στο Μελλοντικό Διαδίκτυο των Αντικειμένων

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΓΙΩΡΓΟΣ  
ΑΜ : 11055

Επιβλέπων : Κυριαζής Δημοσθένης  
Επίκουρος Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την ...<sup>η</sup> Ιουλίου 2016.

(Υπογραφή)

.....  
Δημοσθένης Κυριαζής  
Καθηγητής Παν. Πειραιώς

(Υπογραφή)

.....  
Καθηγητής Παν. Πειραιώς.

(Υπογραφή)

.....  
Καθηγητής Παν. Πειραιώς

Πειραιάς, Ιούλιος 2016

*(Υπογραφή)*

.....

**Γεωργίου Γιώργος**

© 2016 – All rights reserved

---

## Περίληψη

Ο σκοπός αυτής εδώ της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος το οποίο θα δίνει στον χρήστη την δυνατότητα παρακολούθησης των κλιματικών δεδομένων της καλλιέργειάς του, θα τον ειδοποιεί για σημαντικές εξελίξεις αλλά και θα αυτοματοποιεί ορισμένες λειτουργίες όπως το αυτόματο πότισμα. Το σύστημα θα αποτελείται από μια εφαρμογή που τρέχει σε λειτουργικό σύστημα Android και με την οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης. Παράλληλα περιλαμβάνει και την ανάπτυξη ενός «έξυπνου συστήματος» παρακολούθησης των κλιματικών δεδομένων της καλλιέργειας, το οποίο τρέχει στο παρασκήνιο (server) και έχει ως σκοπό την λήψη αποφάσεων, ανάλογα με τα δεδομένα που του στέλνουν οι αυτόματοι μετεωρολογικοί σταθμοί που βρίσκονται εγκατεστημένοι κοντά στην καλλιέργεια, αλλά και τις επιλογές του χρήστη.

Η ανάπτυξη αυτού του συστήματος μπορεί να αναλυθεί σε τρία μέρη. Πρώτο μέρος είναι η Βάση Δεδομένων στην οποία εισάγονται τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται από τους αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς ( Για λόγους ευκολίας χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα dataset). Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει την ανάπτυξη ενός εξυπηρετητή (server) ο οποίος θα τρέχει στο παρασκήνιο και θα εξυπηρετεί στα εξής: 1<sup>ο</sup> θα αποκρίνεται στις «κλήσεις» του χρήστη (Android client) μέσω Web Services, 2<sup>ο</sup> θα ειδοποιεί τον χρήστη σε περίπτωση κάποιου σημαντικού γεγονότος και 3<sup>ο</sup> θα λαμβάνει αυτόματες αποφάσεις για ενέργειες πάνω στην καλλιέργεια (έγινε προσπάθεια αυτοματοποίησης της άρδευσης αυτής). Στο τρίτο μέρος βρίσκεται η ανάπτυξη της εφαρμογής η οποία θα τρέχει πάνω σε λειτουργικό Android.

Το σύστημα αυτό προσπαθεί δώσει λύσεις στον χρήστη (γεωργό) πάνω σε θέματα που αφορούν την παρακολούθηση των κλιματικών δεδομένων της καλλιέργειας, αυτοματισμού ορισμένων λειτουργιών, καθώς και ιχνηλασιμότητας ασθενειών (συνδυάζοντας συγκεκριμένους αλγορίθμους) που ενδέχεται να απειλήσουν τα φυτά.

Η υιοθέτηση έξυπνων γεωργικών πρακτικών (smart agriculture) μπορούν να βοηθήσουν στην μείωση του κόστους καλλιέργειας, στην βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων, στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων καθώς και στην ελάττωση των παρενεργειών πάνω στο περιβάλλον και τους υδάτινους πόρους.

**Λέξεις Κλειδιά:** Διαδίκτυο των Αντικειμένων, Έξυπνες Καλλιέργειες, Android

---

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

---

## Abstract

The aim of this thesis was the development of an information system which gives the user the ability to monitor the climatic data of his cultivation, it will notify him about important developments and it will automate some operations, such as irrigation. That system consists of a native Android application with which the user interacts. At the same time it includes the development of a "smart system" monitoring climate crop data, which runs in the background (server) and has the purpose of making decisions according to the data that receives from the automatic weather stations, which are located close to the crop, combined with some thresholds that are set by the user.

This system could be decomposed in three parts. The first one would be the database, in which climate data are stored after they've been collected from the data nodes (for convenience, already existing datasets have been used). Second part includes the development of a system which runs in the background (server) and does the following : 1<sup>st</sup> It responds to client's calls (Android Application) through web services. 2<sup>nd</sup> It will notify the client in case of an important event. 3<sup>rd</sup> It will decide (based on algorithms) about actions to be taken (In this case I tried to automate the irrigation system). On the third part, a native Android application was developed.

Such a system is trying to help the users (farmers), to monitor the climate of the cultivation, to automate some functions, and trace diseases that threaten the cultivation as well.

Adoption of smart agriculture practices may help improve the quality of the produced fruits, decrease the farming costs, save the natural resources (water), and diminish the harm on nature and the aquatic resources.

**Keywords:** Internet of Things, Smart Agriculture, Android

---

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



---

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κυριαζή για την βοήθεια του και την υπομονή του, όλο το διάστημα που μεσολάβησε από την πρώτη συνάντησή μας μέχρι την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Χωρίς την βοήθειά του, δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου αλλά και όποιον άλλον με τον τρόπο του με βοήθησε κ με στήριξε καθ'όλη την διάρκεια ολοκλήρωσης του μεταπτυχιακού προγράμματος.

---

---

## Πίνακας περιεχομένων

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>8</b>
1.1	Έξυπνες Αγροτικές Καλλιέργειες και το Διαδίκτυο των Αντικειμένων.....	8
1.1.1	<i>Το Διαδίκτυο των Αντικειμένων.....</i>	<i>9</i>
1.1.2	<i>Οι Έξυπνες Καλλιέργειες.....</i>	<i>12</i>
1.2	Αντικείμενο διπλωματικής.....	13
1.2.1	<i>Συνεισφορά.....</i>	<i>15</i>
1.3	Οργάνωση κειμένου.....	16
<b>2</b>	<b>Σχετικές υλοποιήσεις “Έξυπνων Καλλιεργειών”.....</b>	<b>18</b>
2.1	Προγραμματισμός άρδευσης με χειροκίνητες μετρήσεις.....	21
2.2	Προγραμματισμός άρδευσης με την χρήση εφαρμογής (Smart Irrigation System).....	22
<b>3</b>	<b>Η λύση που προτείνεται για την υλοποίηση των «Έξυπνων Καλλιεργειών».....</b>	<b>25</b>
3.1	Η λύση που προτείνεται.....	25
3.1.1	<i>Κόμβος Αισθητήρων Κλιματικών Δεδομένων.....</i>	<i>29</i>
3.1.2	<i>Μηχανισμοί Αυτοματισμού (ηλεκτρικές βάνες).....</i>	<i>30</i>
3.1.3	<i>Πύλη σύνδεσης στο διαδίκτυο (Gateway).....</i>	<i>30</i>
3.1.4	<i>Βάση Δεδομένων.....</i>	<i>31</i>
3.1.5	<i>Εξυπηρετητής (Server).....</i>	<i>31</i>
3.1.6	<i>Εφαρμογή Android.....</i>	<i>32</i>
3.2	Πως αναμένεται να βοηθήσει η εφαρμογή και τα προβλήματα που θα λύσει.....	33
3.3	Πως θα εφαρμοστεί η λύση.....	34
<b>4</b>	<b>Περιγραφή Υλοποίησης.....</b>	<b>36</b>
4.1	Τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν.....	37
4.1.1	<i>Εφαρμογή Android.....</i>	<i>37</i>
4.1.2	<i>Εξυπηρετητής (server).....</i>	<i>39</i>
4.1.3	<i>Βάση Δεδομένων.....</i>	<i>41</i>
4.2	Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση.....	41
4.3	Διαδικασία Ανάπτυξης – Ιστορικό Βημάτων.....	43

---

4.4	Προβλήματα που συναντήθηκαν πως ξεπεράστηκαν .....	46
<b>5</b>	<b>Τεχνική Ανάλυση του Συστήματος .....</b>	<b>47</b>
5.1	Γενική Λειτουργία του Συστήματος – Ροή Πληροφοριών .....	48
5.2	Τεχνική Ανάλυση της Βάσης Δεδομένων .....	50
5.3	Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης.....	52
5.3.1	<i>Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης – Android Application.....</i>	<i>53</i>
5.3.2	<i>Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης – Εξυπηρετητής / Λήψη Αποφάσεων.....</i>	<i>54</i>
5.4	Οι Λειτουργίες του Εξυπηρετητή .....	56
5.4.1	<i>Οι Διαδικτυακές Υπηρεσίες (Web Services) .....</i>	<i>57</i>
5.4.2	<i>Οι Έλεγχοι που τρέχουν στον εξυπηρετητή .....</i>	<i>63</i>
5.5	Οι Λειτουργίες της Android Εφαρμογής .....	66
<b>6</b>	<b>Παρουσίαση της Εφαρμογής .....</b>	<b>68</b>
6.1	Απεικόνιση Λειτουργιών .....	68
<b>7</b>	<b>Επίλογος .....</b>	<b>79</b>
7.1	Σύνοψη και συμπεράσματα.....	80
7.2	Μελλοντικές επεκτάσεις .....	81
7.2.1	<i>Μοντέλα πρόβλεψης καιρού .....</i>	<i>81</i>
7.2.2	<i>Μοντέλα πρόβλεψης προσβολής των καλλιέργειών από ασθένειες.....</i>	<i>82</i>
7.2.3	<i>Μετρητές κατανάλωσης νερού.....</i>	<i>82</i>
7.2.4	<i>Προσαρμοσμένα μοντέλα καλλιέργειας .....</i>	<i>83</i>
7.2.5	<i>Αυτοματοποίηση και άλλων μηχανισμών.....</i>	<i>83</i>
<b>8</b>	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>84</b>

---

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 2.1- Οθόνες εφαρμογής Smart Irrigation .....	23
Εικόνα 3.1- Φυσικά μέρη του συστήματος .....	29
Εικόνα 4.1 - Αρχιτεκτονική του συστήματος Android .....	38
Εικόνα 4.2 - Τα εργαλεία ανάπτυξης - Android Studio/Netbeans/XAMPP-MySQL/Postman	42
Εικόνα 4.3 - Οθόνη Login .....	44
Εικόνα 4.4 - Τα αγροτεμάχια με τα οποία αλληλεπιδρά η εφαρμογή .....	44
Εικόνα 4.5 - Απεικόνιση αγροτεμαχίου στον χάρτη .....	44
Εικόνα 4.6 - Ιστορικό ειδοποιήσεων .....	44
Εικόνα 4.7 - Ιστορικό κλιματικών δεδομένων .....	44
Εικόνα 4.8 - Προγραμματισμός αυτόματου ποτίσματος .....	44
Εικόνα 4.9 - Όρια ειδοποιήσεων .....	45
Εικόνα 4.10 - Όρια εκκίνησης αυτόματου ποτίσματος .....	45
Εικόνα 5.1- Ροή Πληροφορίας μέσα στο Σύστημα .....	49
Εικόνα 5.2 - Εννοιολογικό Σχήμα της Βάσης Δεδομένων .....	51
Εικόνα 5.3 - Διάγραμμα Χρήσης - Android Application .....	54
Εικόνα 5.4 - Διάγραμμα Χρήσης - Εξυπηρετητής / Σύστημα Αποφάσεων .....	55
Εικόνα 6.1 - Splash Screen   Εικόνα Εισαγωγής .....	69
Εικόνα 6.2 - Login Screen .....	69
Εικόνα 6.3 - Login Screen .....	70
Εικόνα 6.4 - Field Screen .....	71
Εικόνα 6.5 - Help Screen .....	72
Εικόνα 6.6 - Notifications Screen .....	72
Εικόνα 6.7 - Field Overview Screen .....	73
Εικόνα 6.8 - Overview Screen .....	74
Εικόνα 6.9 - Spinner .....	74
Εικόνα 6.10 - Settings .....	75
Εικόνα 6.11 – Settings .....	76
Εικόνα 6.12 - Irrigation Screen .....	77
Εικόνα 6.13 - Irrigation Screen .....	77

---

Εικόνα 6.14 - Irrigation Screen .....	78
---------------------------------------	----

---

---

# 1

## *Εισαγωγή*

### *1.1 Έξυπνες Αγροτικές Καλλιέργειες και το Διαδίκτυο των Αντικειμένων*

Η ψηφιακή επανάσταση η οποία ξεκίνησε στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα έφερε σαρωτικές και ραγδαίες αλλαγές όχι μόνο στους τομείς των επιστημών και της βιομηχανίας αλλά κ σε όλες τις κοινωνικό-οικονομικές πτυχές των ζώων των ανθρώπων, μετασχηματίζοντας τον τρόπο που αυτοί επικοινωνούν, σκέφτονται, συμπεριφέρονται, και εργάζονται. Άλλαξε τον τρόπο που εφαρμόζονται οι οικονομικές και επιχειρηματικές πρακτικές, καθώς και τον τρόπο λειτουργίας όχι μόνο των εμπορικών οργανισμών αλλά κ των ίδιων των κρατών. Η νέα εποχή της πληροφορίας, της οποίας μόλις περάσαμε το κατώφλι, έχει ως κέντρο της τα ψηφιακά συστήματα και τις απορρέουσες από αυτά τεχνολογίες όπως είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τα κινητά τηλέφωνα, οι μικροηλεκτρονικές συσκευές και φυσικά το διαδίκτυο. Με το πέρασμα των χρόνων και την εξέλιξη των τεχνολογιών βελτιώθηκε η ισχύς των υπολογιστικών συσκευών, μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος τους και επιπροσθέτως αυξήθηκε η δυνατότητα συνδεσιμότητάς τους, αυξάνοντας έτσι και τις δυνατότητές μας για εφαρμογές που μέχρι πρόσφατα ήταν ουτοπικές. Φυσική



---

εξέλιξη όλων αυτών είναι η δικτύωση οποιασδήποτε ηλεκτρονικής συσκευής ή φυσικού αντικειμένου, με αποτέλεσμα την δυνατότητα παρακολούθησης της κατάστασής τους, καθώς και την δυνατότητα αλληλεπίδρασης με αυτά αν είναι δυνατόν. Με άλλα λόγια αυτό είναι το μελλοντικό Δίκτυο των Αντικειμένων.

Ο πρωτογενής τομέας και μάλιστα ο γεωργικός δεν θα μπορούσε να μείνει ανεπηρέαστος από αυτές τις εξελίξεις. Οι νέες τεχνολογίες έδωσαν την δυνατότητα να σχεδιαστούν, να αναπτυχθούν και να εφαρμοστούν πρωτοποριακές μέθοδοι στις αγροτικές καλλιέργειες, βοηθώντας έτσι στην περεταίρω ανάπτυξη του τομέα. Ενδεικτικά μερικές από τις τεχνολογίες πληροφορικής που εφαρμόζονται έως τώρα στην γεωργία είναι : συστήματα αυτοματισμού, ασύρματες τεχνολογίες, τεχνολογίες GPS, γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα, συστήματα παρακολούθησης και διαχείρισης των προϊόντων (e-commerce), smart phones, βάσεις διαχείρισης γνώσεων κτλ. Αυτές οι τεχνολογίες βοηθούν τους καλλιεργητές να κάνουν καιρικές προβλέψεις βασισμένες στις παρατηρήσεις των κλιματικών δεδομένων, να τηρήσουν αρχείο το οποίο αφορά τις αποδόσεις και την συμπεριφορά των καλλιεργειών τους, να επικοινωνήσουν μεταξύ τους αλλά και με την αγορά αμεσότερα και γρηγορότερα, να προβλέψουν πιθανούς κινδύνους που απειλούν τους καρπούς τους αλλά και να αυτοματοποιήσουν ορισμένες καλλιεργητικές πρακτικές όπου αυτό είναι δυνατόν.

### ***1.1.1 Το Διαδίκτυο των Αντικειμένων***

Το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet of Things), αν και σχετικά νεοεισαχθείς όρος έχει αρχίσει να ακούγεται ολοένα και περισσότερο. Είναι μια έννοια η οποία δεν έχει μόνο την προοπτική να επηρεάσει τον τρόπο που ζούμε αλλά και τον τρόπο που δουλεύουμε. Υπάρχουν πολλές περίπλοκες ερμηνείες για το Διαδίκτυο των Αντικειμένων και είναι πράγματι δύσκολο να καταλήξουμε σε έναν ακριβή ορισμό, παρόλα αυτά θα επιχειρήσουμε να κάνουμε μια ερμηνευτική προσέγγιση.

Το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (ΔτΑ) είναι ένα δίκτυο αντικειμένων, τα οποία έχουν την δυνατότητα με οποιονδήποτε τρόπο να συνδεθούν στο διαδίκτυο, και σε συνεργασία με διαδικτυακές υπηρεσίες (Web Services) να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους. Βασικές τεχνολογίες που βοηθούν στην πραγμάτωση του ΔτΑ είναι οι ψηφιακοί αισθητήρες συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο, συσκευές αυτοματισμού, κινητά τηλέφωνα

---

κτλ. Η βασικά ιδέα του ΔτΑ είναι ότι κάθε φυσική οντότητα του κόσμου μας μπορεί να μετατραπεί σε έναν υπολογιστή συνδεδεμένο στο διαδίκτυο. Για να είμαστε ακριβείς τα φυσικά αντικείμενα δεν μετατρέπονται σε υπολογιστές αλλά ενσωματώνουν μικρο-υπολογιστές οι οποίοι μπορούν να τα βοηθήσουν να χαρακτηριστούν ως τέτοια. Μόλις γίνει αυτό, μπορούν να χαρακτηριστούν ως “Έξυπνες Αντικείμενα” λόγω του ότι μπορούν να συμπεριφέρονται πιο έξυπνα από άλλα αντικείμενα τα οποία δεν έχουν δυνατότητα διασύνδεσης. Για να θεωρήσουμε ότι ένα σύστημα υπάγεται στο ΔτΑ (όπως είναι αυτό το οποίο θα προσεγγίσουμε στην συνέχεια της εργασίας αυτής) θα πρέπει να πληροί τις εξής τρεις προϋποθέσεις:

1. **Να είναι διασυνδεδεμένο** – με τον φυσικό κόσμο γύρω του, να μπορεί να αντλεί πληροφορίες από αυτόν και να είναι σε θέση να τις μεταφέρει μέσω του διαδικτύου
2. **Να κάνει υπολογισμούς** – βάσει των δεδομένων των οποίων λαμβάνει και να τους δίνει την δυνατότητα χρησιμοποίησης από άλλα συστήματα
3. **Να επικοινωνεί** – με το δίκτυο, με άλλα αντικείμενα ή και με τον χρήστη αν αυτό είναι απαραίτητο

Οι προκλήσεις οι οποίες προκύπτουν για το Διαδίκτυο των Αντικειμένων είναι αρκετές. Πρώτα από όλα όσον αφορά την αποδοτικότητα ενός τέτοιου διαδικτύου τα έξυπνα αντικείμενα τα οποία το αποτελούν θα πρέπει να δαπανούν όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια ώστε να είναι αποτελεσματικά στην λειτουργία τους. Έτσι υπάρχει όλο και περισσότερο η ανάγκη για αυτή την προϋπόθεση καθώς ο αριθμός των έξυπνων συσκευών μεγαλώνει με τον καιρό. Επίσης προκύπτει το ζήτημα του μεγέθους αυτών των συσκευών καθώς μπορεί μερικές φορές να είναι μικρότερες οντότητες οι οποίες λειτουργούν υποστηρικτικά σε κάποιο άλλο σύστημα όπως είναι το κινητό τηλέφωνο για παράδειγμα.

Άλλο ένα κεντρικό πρόβλημα, το οποίο είναι διαχρονικό στην σχεδίαση ψηφιακών συστημάτων, είναι αυτό της ασφάλειας (security) και της ιδιωτικότητας (privacy) των δεδομένων. Οι έξυπνες συσκευές έχουν ως κύριο σκοπό την συγκέντρωση, μεταφορά και αποθήκευση των δεδομένων που λαμβάνουν από το μικροπεριβάλλον τους. Από την στιγμή που όλο και περισσότερα αντικείμενα διασυνδέονται στο ΔτΑ και μάλιστα αντικείμενα τα οποία μπορεί να αφορούν λειτουργίες σημαντικών συστημάτων (όπως ιατρικά συστήματα), αναπόφευκτα θα

---

αυξάνεται και οι φόβοι κακόβουλων επιθέσεων. Υπάρχει έτσι γενικότερη ανησυχία για αυτές τις έξυπνες συσκευές οι οποίες παθητικά και συνεχώς συγκεντρώνουν δεδομένα κάθε είδους που μπορεί να αφορούν την ιδιωτικότητα των χρηστών. Εξάλλου η φύση του ΔτΑ και η δυνατότητά του για διασύνδεση το κάνει ιδιαίτερα ευάλωτο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Τα έξυπνα αντικείμενα είναι ιδιαίτερος ευπαθή σε επιθέσεις όταν για την διασύνδεσή τους απαιτείται σύνδεση μέσω ασύρματων δικτύων. Η χαμηλή υπολογιστική τους ισχύς τα φέρνει σε μειονεκτική θέση ως προς το ζήτημα της ασφάλειας.

Καθώς ακόμα το ΔτΑ βρίσκεται στα πρώτα στάδια ανάπτυξής του αρχίζει να προκύπτει το θέμα των πρωτοκόλλων διασύνδεσης. Το πρόβλημα αυτό είναι έντονο καθώς οι εταιρείες μέσα στην ένταση του ανταγωνισμού για την κατάκτηση της παρθένας αγοράς που δημιουργείται, προσπαθούν να επιβάλουν η κάθε μία το δικό της. Έτσι κινδυνεύουμε να φθάσουμε σε ένα ωκεανό τεχνολογιών που πολλές φορές είναι μη συμβατές μεταξύ τους. Καθώς η συζήτηση ανάμεσα στα πρωτόκολλα ακόμα είναι σε εξέλιξη μερικά από αυτά τα οποία ξεχωρίζουν έως τώρα είναι τα εξής:

- **MQTT** : ένα πρωτόκολλο το οποίο συλλέγει δεδομένα από τα έξυπνα αντικείμενα και τα στέλνει στον server
- **XMPP** : πρωτόκολλο το οποίο είναι καλύτερο στην διασύνδεση έξυπνων συσκευών με τους χρήστες
- **DDS** : ένα γρήγορο πρωτόκολλο για την ενσωμάτωση του σε σκεπτόμενες συσκευές
- **AMQP** : ένα πρωτόκολλο ευρετηρίασης το οποίο συνδέει servers μεταξύ τους.

Αυτά είναι τα κύρια πρωτόκολλα το κάθε ένα από τα οποία έχει τουλάχιστον άλλες δέκα υλοποιήσεις. Είναι κατανοητό να υπάρχει σύγχυση στην διάκριση μεταξύ τους καθώς οι λειτουργίες είναι πολλές φορές παρόμοιες αν τις αναλύσουμε σε υψηλότερο επίπεδο.

Παρόλα αυτά υπάρχουν αμέτρητες προοπτικές οι οποίες ξεπηδούν από το ΔτΑ. Μερικές από τις υλοποιήσεις που φαίνονται πιο πολύ υποσχόμενες όχι μόνο από επιχειρηματικής όψης αλλά και από άποψη βελτίωσης των ζωών μας είναι : Τα έξυπνα σπίτια, οι προσωπικές κινητές συσκευές, διαδικασία των αγορών (καταναλωτές), υγειονομική περίθαλψη, παρακολούθηση περιβάλλοντος, έξυπνες

---

πόλεις, έξυπνες αγροτικές καλλιέργειες, αυτόνομα οχήματα, μέσα μαζικής μεταφοράς, επίπεδα ρύπων στις πόλεις κτλ.

### **1.1.2 Οι Έξυπνες Καλλιέργειες**

Οι προκλήσεις που επέβαλαν την γρηγορότερη ενσωμάτωση τέτοιου είδους εφαρμογών δεν είναι πάντα μόνο οικονομικής φύσεως. Οι κλιματικές αλλαγές που έχουν παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια φέρνουν νέες δυσκολίες όχι μόνο στην τοπική γεωργία αλλά και στην παγκόσμια. Προσθέτως ο παγκόσμιος Οργανισμών Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) εκτιμά ότι το 2050 ο πληθυσμός της γης θα έχει αυξημένες ανάγκες για παραγωγή γεωργικών προϊόντων κατά 70%. Δεν πρέπει να ξεχνάμε επίσης ότι και ο αγροτικός τομέας συμβάλει στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος καθώς σύμφωνα με μελέτες παράγει το ένα τέταρτο των αερίων τα οποία είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Ένας τρόπος για να αντιμετωπιστούν αυτά τα ζητήματα και να αυξηθεί η ποιότητα και η ποσότητα της αγροτικής παραγωγής, είναι η ενσωμάτωση τεχνολογιών οι οποίες μπορούν να δώσουν “νοημοσύνη” στις καλλιέργειες, δημιουργώντας έτσι καλλιέργειες γνωστές και ως “Έξυπνες Καλλιέργειες” (Climate-Smart Agriculture). Είναι κάτι το οποίο έχει αρχίσει ήδη να εφαρμόζεται καθώς μεγάλοι όγκοι δεδομένων συλλέγονται με σκοπό να προβλέψουν τα προβλήματα που μπορούν να προκύψουν κατά την εξέλιξη της καλλιέργειας. Μερικοί χαρακτηριστικοί τύποι δεδομένων για τις αγροτικές καλλιέργειες είναι τα κλιματικά δεδομένα, δεδομένα για την σύσταση του εδάφους, ποιοτικά δεδομένα για την κατάσταση των καρπών κτλ.

Οι “Έξυπνες Καλλιέργειες” σε πιο απλά λόγια είναι μια μέθοδος ολοκληρωμένης προσέγγισης, η οποία προσπαθεί να δώσει λύσεις στα αλληλένδετα προβλήματα αυτά της ποιότητας των τροφών που παράγουμε και των κλιματικών αλλαγών, και αποσκοπεί σε τρεις διακριτούς στόχους :

- Βιώσιμη αύξηση της αγροτικής παραγωγής, που να υποστηρίζει δίκαια την αύξηση των γεωργικών εισοδημάτων, την ασφάλεια των τροφών και την εξέλιξή τους
- Την δημιουργία και προσαρμογή γεωργικών συστημάτων και συστημάτων ασφάλειας τροφίμων, ανάλογα με την κλιματικές εξελίξεις

- 
- Μείωση των εκπομπών βλαβερών αερίων τα οποία ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αυτοί οι στόχοι θα πρέπει να μελετούνται σε πολλαπλά επίπεδα, από τις μικρές έως τις μεγάλες καλλιέργειες, από τοπικό επίπεδο σε παγκόσμιο, από βραχυπρόθεσμα έως μακροπρόθεσμα λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις ιδιαιτερότητες και τις προτεραιότητες κάθε τύπου.

Συνοψίζοντας μέχρι τώρα, είναι αντιληπτό ότι το Διαδίκτυο των Αντικειμένων είναι βασικός παράγοντας για την επίτευξη των “Εξυπνων Καλλιεργειών”. Στην περίπτωση την οποία θα εξετάσουμε, τύποι τεχνολογίας υλικού οι οποίες αφορούν το Διαδίκτυο των Αντικειμένων θα μπορούσαν να είναι : αισθητήρες κλιματικών δεδομένων, αισθητήρες της σύστασης αλλά και της κατάστασης του εδάφους, αυτοματοποιημένες συσκευές και κινητές συσκευές (smartphones).

Έχει σημασία μεγάλη να εξηγήσουμε ότι οι “Εξυπνες Καλλιέργειες” δεν είναι μια νέα μέθοδος γεωργίας ή μια σειρά άλλων πρακτικών. Είναι απλά μια διαφορετική προσέγγιση που έχει ως οδηγό πλέον τις αναγκαίες προσαρμογές που πρέπει να γίνουν στις καλλιέργειες ώστε αυτές να παράγουν ασφαλή προϊόντα αφήνοντας πίσω το μικρότερο δυνατό οικολογικό αποτύπωμα.

## ***1.2 Αντικείμενο διπλωματικής***

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος “Εξυπνων Αγροτικών Καλλιεργειών” το οποίο θα βασίζεται πάνω σε τεχνολογίες του Διαδικτύου των Αντικειμένων.

Σε πρώτο πλάνο τα προβλήματα που προσπαθεί να αντιμετωπίσει η εφαρμογή είναι εκείνο της άμεσης και ακριβής πληροφόρησης του χρήστη για την πορεία της καλλιέργειας και για τα κλιματικά δεδομένα που επικρατούν σε αυτήν, την πρόβλεψη των πιθανοτήτων προσβολής αυτής από ασθένειες, την εμφάνιση έκτατων καιρικών φαινομένων, την κατάσταση του εδάφους και την αυτοματοποίηση του συστήματος άρδευσης. Όλα αυτά σε ευρύτερο πλαίσιο επιτυγχάνουν του τρεις στόχους των “Εξυπνων Καλλιεργειών” που αναφέρθηκαν παραπάνω και περιγραμματατικά αφορούν κυρίως την βιώσιμη ανάπτυξη της γεωργικής παραγωγής, την προσαρμογή του

---

γεωργικού συστήματος σύμφωνα με τις κλιματικές εξελίξεις και την μείωση ρύπων και σπατάλης των φυσικών πόρων.

Σε αυτό το σημείο οφείλω να διευκρινίσω ότι αν και στο θεματικό πλαίσιο του τίτλου της εργασίας βρίσκεται το “Διαδίκτυο των Αντικειμένων”, δεν υπάρχουν βλέψεις για δημιουργία ή ενσωμάτωση στο σύστημα λειτουργικών αισθητήρων ή αυτόματων συσκευών ποτίσματος. Αντίθετα ο σκοπός της εργασίας βρίσκεται στην δημιουργία του συστήματος το οποίο βρίσκεται πίσω από τις φυσικές αυτές συσκευές και αυτοματοποιεί όλες εκείνες τις διαδικασίες οι οποίες συμβάλουν στην πραγμάτωση των “Εξυπνων Καλλιιεργειών”.

Πιο αναλυτικά το σύστημα αυτό θα αποτελείται από τρία τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι η βάση δεδομένων, το δεύτερο ο εξυπηρετητής (server), και το τρίτο η εφαρμογή με την οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης και θα τρέχει σε περιβάλλον Android. Ο ρόλος της βάσης δεδομένων είναι σαφής και δεν θα τον αναλύσουμε περισσότερο προς το παρόν. Το μόνο που θα πρέπει να σημειωθεί είναι ότι οι μετρήσεις των κλιματικών δεδομένων τα οποία θα εισάγονται σε αυτήν είναι έτοιμες και δεν προέρχονται άμεσα από φυσικές συσκευές. Ο server, ο οποίος είναι η καρδιά του συστήματος, θα έχει τους εξής σκοπούς στα πλαίσια λειτουργίας του:

- Συλλέγει τα δεδομένα και τα αποθηκεύει στην βάση δεδομένων.
- Επεξεργάζεται τα μετεωρολογικά δεδομένα.
- Απαντά στις κλήσεις του πελάτη (client – εφαρμογή Android)
- Τρέχει υπηρεσίες οι οποίες ελέγχουν συνεχώς τα όρια που τους έχει θέσει ο χρήστης
- Τρέχουν υπηρεσίες οι οποίες ελέγχουν την κατάσταση της καλλιέργειας
- Ενημερώνει τον χρήστη αυτόματα για τυχόν σημαντικές εξελίξεις στην κατάσταση της καλλιέργειας
- Εκκινεί αυτόματα την τεχνίτη άρδευση αν επαληθεύονται οι ανάλογες συνθήκες
- Αποθηκεύει στο ιστορικό σημαντικά γεγονότα και ενέργειες

Τέλος η εφαρμογή Android με την οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης θα αποτελείται από ένα γραφικό περιβάλλον περίπου οχτώ οθονών. Ο ρόλος της είναι να

---

ενημερώνει τον χρήστη σε πραγματικό χρόνο, αν αυτός εκκινήσει την εφαρμογή, για τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην καλλιέργεια εκείνην την στιγμή αλλά και για την κατάσταση του αυτόματου ποτίσματος και αν αυτό είναι ενεργό. Ακόμα και αν δεν βρίσκεται σε πρώτο πλάνο, τρέχει ως υπηρεσία παρασκηνίου η οποία περιμένει κάποια επείγουσα ενημέρωση από τον εξυπηρετητή και στην συνέχεια ειδοποιεί τον χρήστη. Ο χρήστης μπορεί επιπλέον μέσω του γραφικού περιβάλλοντος να εκκινήσει το αυτόματο πότισμα σε πραγματικό χρόνο ή να προγραμματίσει κάθε πότε επιθυμεί να αρδεύονται αυτόματα οι καλλιέργειές του. Σε άλλες οθόνες βρίσκονται η απεικόνιση των αγρών πάνω στον χάρτη, το ιστορικό των πιο σημαντικών ειδοποιήσεων (notifications) προς τον χρήστη, το ιστορικό των αυτόματων και των χειροκίνητων ενεργειών, διαγράμματα μετεωρολογικών δεδομένων και το ιστορικό αυτών.

Περιγραμματακά οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή όλων των κομματιών του συστήματος περιλαμβάνουν : για την δημιουργία του server θα χρησιμοποιηθεί η γλώσσα προγραμματισμού Java και όποιες βιβλιοθήκες κριθούν αναγκαίες για την υλοποίησή του. Οι επικοινωνίες του server με οποιαδήποτε εξωτερική εφαρμογή θα γίνεται μέσω Web Services (Restful) οι οποίες θα τρέχουν πάνω σε Glassfish server. Η εφαρμογή που θα χρησιμοποιεί ο client όπως αναφέραμε θα δημιουργηθεί με το Android SDK toolkit. Τέλος η βάση δεδομένων θα χρησιμοποιήσει την MySQL.

### **1.2.1 Συνεισφορά**

Η συνεισφορά της παρούσας διπλωματικής συνοψίζεται στα εξής:

1. Μελετήθηκε η σχετική βιβλιογραφία που αφορούσε τα θεματικά παιδιά των “Εξυπνων Καλλιεργειών” και του “Διαδικτύου των Αντικειμένων”
2. Αναλύθηκαν τα προβλήματα των αγροτικών καλλιεργειών και έγινε μια προσέγγιση να βρεθούν λύσεις στα πλαίσια των “Εξυπνων Καλλιεργειών”
3. Ερευνήθηκαν σχετικές λύσεις, έγινε αναζήτηση παρόμοιων συστημάτων και αναλύθηκε η αρχιτεκτονική και η λειτουργικότητά τους

- 
4. Καταγράφηκαν οι προτεινόμενες λύσεις και επιλέχθηκαν οι κατάλληλες για την περίπτωσή μας σύμφωνα με τις ανάγκες του προβλήματός μας και ορίστηκαν τα πλαίσια στα οποία θα λειτουργεί
  5. Έγινε σχεδιασμός του συστήματος, της επιχειρησιακής λογικής, των λειτουργιών του server, της εφαρμογής Android, της βάσης δεδομένων
  6. Επιλέχθηκαν οι τεχνολογίες οι οποίες ήταν απαραίτητες για την δημιουργία των μερών του συστήματος και έγινε η τεκμηρίωση
  7. Υλοποιήθηκαν τα μέρη του συστήματος με την εξής σειρά :
    - Βάση Δεδομένων
    - Εξυπηρετητής Server
    - Εφαρμογή Android
  8. Αξιολογήθηκε κατά πόσο η εφαρμογή πέτυχε τους στόχους που είχε θέσει
  9. Αξιολογήθηκε κατά πόσο η εφαρμογή βοήθησε στην προσέγγιση των “Εξυπνων Καλλιεργειών”
  10. Έγινε σύγκριση με τα υπόλοιπα συστήματα που μελετήθηκαν στην αρχή
  11. Μελετήθηκαν ποιες θα μπορούσαν να είναι οι βελτιώσεις του συστήματος και ποιες οι μελλοντικές τους εφαρμογές

### **1.3 Οργάνωση κειμένου**

Σχετικά με την δομή εργασίας αυτή συνοψίζεται ως εξής:

Το δεύτερο κεφάλαιο ξεκινά με την παρουσίαση σχετικών λύσεων στο κομμάτι των “Εξυπνων Καλλιεργειών”, αναλύει τα κύρια προβλήματα των καλλιεργητών και περισσότερο εστιάζει στο πρόβλημα της αποδοτικής άρδευσης αυτών και στην ορθολογική χρήση των υδάτινων πόρων δίνοντας παράλληλα μερικά παραδείγματα από παρόμοιες λύσεις. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η λύση που προτείνεται, σε ποια πλαίσια θα λειτουργεί και πως θα εφαρμοστεί η λύση που προτείνουμε. Στο τέταρτο κεφάλαιο απαριθμούνται οι τεχνολογίες οι οποίες είναι αναγκαίες να χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση του συστήματος, εξηγείται πως θα γίνει η υλοποίηση, τεκμηριώνονται καθώς επίσης περιγράφεται, η διαδικασία ανάπτυξης, τα εργαλεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν και παρουσιάζονται τα αρχικά σχέδια για την



---

υλοποίηση του συστήματος. Στην συνέχεια στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται ο αρχικός σχεδιασμός της εφαρμογής και οι πρώτες σκέψεις που έγιναν για την υλοποίησή της. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το σύστημα όπως τελικά αυτό υλοποιήθηκε, γίνεται περιγραφή της λειτουργικότητάς του, της αρχιτεκτονικής τους και εξηγούνται οι οθόνες της εφαρμογής με την οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης. Στο έβδομο κεφάλαιο προσπαθεί να γίνει μια παρουσίαση των αποτελεσμάτων της εργασίας και εμφανίζονται συγκριτικά αποτελέσματα από παρόμοιες εφαρμογές. Το όγδοο κεφάλαιο περιλαμβάνει τον επίλογο ο οποίος συνοψίζει την συνεισφορά της εργασίας και απαριθμεί τα συμπεράσματα.

---

# 2

## *Σχετικές υλοποιήσεις “Εξυπνων Καλλιεργειών”*

Η παρούσα εργασία προσπαθεί να δημιουργήσει ένα συστήματα διαχείρισης “έξυπνων καλλιεργειών”, το οποίο θα περιλαμβάνει εφαρμογές παρακολούθησης της κατάστασης των καλλιεργειών σε πραγματικό χρόνο, θα ενημερώνει τον χρήστη αυτόματα για σημαντικές κλιματικές εξελίξεις ή άλλα θέματα και θα εκκινεί αυτόματα το σύστημα άρδευσης όποτε αυτό κριθεί απαραίτητο από τους αλγόριθμους που τρέχουν στο παρασκήνιο και παρακολουθούν τα ανάλογα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες.

Παρόλο που η προσέγγιση αυτή είναι αρκετά πρωτοποριακή καθώς συνδυάζει τις “Εξυπνες Καλλιέργειες” με το “Διαδίκτυο των Αντικειμένων” άλλες προσπάθειες που έχουν γίνει μέχρι τώρα για υλοποίηση “Εξυπνων Καλλιεργειών” έχουν ανταπεξέλθει με πολύ καλά αποτελέσματα. Πρέπει να αναφέρουμε για άλλη μια φορά ότι με τον όρο “Εξυπνες Καλλιέργειες” δεν αναφερόμαστε σε κάποια μεθοδολογία καλλιέργειας η οποία ενσωματώνει οπωσδήποτε τεχνολογίες πληροφορικής ή ψηφιακές τεχνολογίες. Αναφέρεται σε έναν νέο τρόπο προσέγγισης των καλλιεργειών, οποίος βασίζεται στους τρεις πυλώνες : μείωση του οικολογικού αποτυπώματος που αφήνει πίσω η καλλιέργεια, παραγωγή ποιοτικών προϊόντων και τέλος βιώσιμη αγροτική παραγωγή. Όπως γίνεται λοιπόν αντιληπτό αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί και χωρίς την βοήθεια ψηφιακών τεχνολογιών. Οι σχετικές

---

υλοποιήσεις που θα περιγράψουμε παρακάτω δεν έχουν κάποια καθόλου σχέση ή έχουν λίγη με το “Διαδίκτυο των Αντικειμένων”, παρόλα αυτά καταφέρνουν να έχουν αξιόλογα αποτελέσματα κατά την εφαρμογή τους στις καλλιέργειες.

Η παρούσα εργασία στα πλαίσια ανάπτυξης του συστήματος για “Έξυπνες Καλλιέργειες” πάνω στο “Διαδίκτυο των Αντικειμένων”, είχε μεταξύ άλλων ως στόχο την αυτοματοποίηση της τεχνητής άρδευσης της καλλιέργειας με σκοπό την ορθολογικότερη και αποτελεσματικότερη χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων (νερό). Έτσι έγινε προσπάθεια να εισαχθεί μια λύση κατά την οποία ο ανθρώπινος παράγοντας παίζει μηδαμινό ή πολύ μικρό ρόλο για τις ενέργειες που απαιτούνται για την άρδευση των καλλιεργειών του. Σε παράλληλα επίπεδα κινούνται και οι δύο επόμενες προτάσεις, που θα περιγράψουμε παρακάτω, για ορθότερη χρήση των φυσικών πόρων. Σε κάθε περίπτωση προσφέρουν μια καλύτερη προσέγγιση στο πρόβλημα των καλλιεργειών που έχουν να κάνουν με την έγκαιρη και αποδοτική άρδυσή τους, αλλά και την αποφυγή του φαινομένου της υπέρ-άρδευσης το οποίο δεν βλάπτει μόνο τον υδροφόρο ορίζοντα αλλά και υποβαθμίζει και την ποιότητα των εδαφών απομακρύνοντας από αυτά πολλά θρεπτικά συστατικά, τα οποία είναι απαραίτητα για την υγιή ανάπτυξη των φυτών.

Αν και στις συγκεκριμένες περιπτώσεις θα εξετάσουμε μόνο την διαδικασία της τεχνητής άρδευσης και πως μπορεί αυτή να βελτιστοποιηθεί, δεν πρέπει να ξεχάσουμε ότι οι παρατηρήσεις των μετεωρολογικών δεδομένων μπορούν να μας φανούν χρήσιμες στην ερμηνεία πολλών φαινομένων που αφορούν την καλλιέργεια, ή και την πρόβλεψη ακόμα ασθενειών που την απειλούν. Αυτό μπορεί να γίνει με την βοήθεια κατάλληλων αλγορίθμων οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι κάθε φορά στον ανάλογο τύπο καλλιέργειας που εξετάζουμε αλλά και στο μικροκλίμα της περιοχής και τις εδαφικές συνθήκες που επικρατούν. Οι εκροές από αυτούς του αλγορίθμους μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη ασθενειών που προσβάλουν τις καλλιέργειες, την έγκαιρη λίπανση των φυτών, οι οποίες ενέργειες έχουν ως επακόλουθο την βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας των καρπών, αλλά και την μείωση των βλαβερών εκροών προς το περιβάλλον (έγκαιρη πρόβλεψη σημαίνει και μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων για την καταπολέμηση των ασθενειών).

Για να συνοψίσουμε τα κύρια προβλήματα που προκύπτουν από την ελλιπή πληροφόρηση των καλλιεργητών όπως έχουμε αναφέρει σε πολλά σημεία μέχρι τώρα είναι τα εξής:

- 
- Κακή διαχείριση των υδάτινων πόρων, η οποία οδηγεί σε μακροπρόθεσμες συνέπειες (κατά συνέπεια αυτές δεν είναι εμφανείς άμεσα) όπως η μείωση των αποθεμάτων του υδροφόρου ορίζοντα και η διάβρωση των εδαφών
  - Αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, η οποία οδηγεί επίσης στην μόλυνση του εδάφους, στην επιβάρυνση των υδάτινων πόρων αλλά και στην αύξηση των εκπομπών αερίων που επιδρούν αρνητικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου
  - Μειωμένη ποιότητα παραγωγής καθώς οι καρποί είναι επιβαρημένοι με χημικές ουσίες, οι οποίες έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των καταναλωτών (αν όχι άμεσα, τουλάχιστον στο μέλλον)
  - Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις όπου έχουν ακολουθηθεί λάθος πρακτικές λόγω της ελλιπής πληροφόρησης μπορεί να υπάρξει και μειωμένη παραγωγή καρπών
  - Η αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων κάνει τους πληθυσμούς των βλαβερών εντόμων πιο ανθεκτικούς απέναντι σε αυτά με αποτέλεσμα να απαιτούνται όλο και περισσότερες και πιο βαριές επεμβάσεις για την καταπολέμησή τους.
  - Παρομοίως και με την υποβάθμιση των εδαφών, απαιτείται όλο και περισσότερες ποσότητες λιπασμάτων καθώς και υδάτινων πόρων καθώς δεν είναι δυνατόν να συγκρατηθούν τα θρεπτικά συστατικά.
  - Όλα αυτά έχουν αντίκτυπο και στην πανίδα του οικοσυστήματος αλλά και του υπεδάφους η οποία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην γονιμοποίηση των φυτών και στην υγεία τους
  - Όλα αυτά έχουν φυσικά και οικονομικό αρνητικό αντίκτυπο. Οι μεν, μη δικαιολογημένες φαρμακευτικές επεμβάσεις και η υπέρμετρη χρήση των υδάτινων πόρων οδηγούν σε περιττά έξοδα, και η δε μειωμένη παραγωγή σε μικρότερα έσοδα.

Παρακάτω παρουσιάζουμε δύο διαφορετικές μεθόδους άρδευσης που ακολουθούνται μέχρι τώρα. Θα περιγράψουμε τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται

---

το πρόγραμμα για άρδευση των καλλιεργειών, ποια η αποτελεσματικότητά τους και ποιες οι αδυναμίες και οι ελλείψεις της κάθε μεθόδου.

## ***2.1 Προγραμματισμός άρδευσης με χειροκίνητες μετρήσεις***

Αυτός ο τρόπος άρδευσης είναι αρκετά απλοϊκός και βασίζεται σε μετρήσεις οι οποίες λαμβάνονται χειροκίνητα, δηλαδή με απευθείας εξέταση των οργάνων μέτρησης από του καλλιεργητές. Οι μετρήσεις οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στο συμπέρασμα για το αν μια καλλιέργεια χρειάζεται να αρδευτεί ή όχι είναι συνήθως η υγρασία εδάφους, η οποία λαμβάνεται από τα υγρασιόμετρα, η θερμοκρασία εδάφους αλλά και η θερμοκρασία του αέρα. Ο καλλιεργητής πρέπει να βρίσκεται κοντά στην καλλιέργεια ώστε να μπορεί να πληροφορηθεί από τα όργανα μέτρησης τις κλιματικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν στην καλλιέργεια. Στην συνέχεια βασιζόμενος σε αυτές τις πληροφορίες και λαμβάνοντας υπόψη του τις προσωπικές εμπειρίες κάνει μια εκτίμηση για την άρδευση της καλλιέργειας. Δηλαδή αποφασίζει πότε θα ξεκινήσει αυτή, τι ένταση θα έχει, πόσο χρόνο θα διαρκέσει, πότε θα σταματήσει και κάτω από ποιες προϋποθέσεις. Ο καλλιεργητής σε αυτήν την περίπτωση είναι σε θέση να έχει μια άμεση εικόνα για την κατάσταση της καλλιέργειας. Οι παρατηρήσεις του είναι προσωρινές και δεν μπορεί να κρατήσει ιστορικό για αυτές εκτός αν το κάνει χειροκίνητα δηλαδή κρατάει σημειώσεις σε κάποιο αρχείο. Η αναδρομή σε παλαιότερες μετρήσεις είναι αργή και σε κάθε περίπτωση ο συνδυασμός των πληροφοριών θα γίνεται με δυσκολία καθώς αυτό θα απαιτεί την αυστηρή τήρηση ενός αρχείου.

Η διαδικασία της άρδευσης της καλλιέργειας σε αυτήν την περίπτωση έχει πολλαπλά προβλήματα. Το πρώτο είναι ότι αυτή στηρίζεται στις προσωπικές παρατηρήσεις του καλλιεργητή οι οποίες θα μπορούσαν πολύ εύκολα να είναι υποκειμενικές ή και εντελώς λανθασμένες. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αλόγιστη χρήση υδάτινων πόρων με αποτέλεσμα τις αρνητικές επιπτώσεις που περιγράψαμε παραπάνω ή στην ελλιπή άρδευση αυτών με αποτέλεσμα τον αρνητικό αντίκτυπο στην απόδοση της καλλιέργειας.

Στο δικό μας σύστημα το πρόβλημα της τήρησης του αρχείου των κλιματικών παρατηρήσεων λύνεται με την αποθήκευση αυτών σε μια βάση δεδομένων αμέσως μετά την λήψη των μετρήσεων. Η αναδρομή σε αυτές είναι πιο εύκολη πια και μπορεί

---

να γίνει από οποιοδήποτε σημείο, αρκεί ο καλλιεργητής να έχει πρόσβαση σε μια κινητή συσκευή η οποία είναι συνδεδεμένη στο διαδίκτυο. Εκτός αυτού οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις μπορούν να εμφανιστούν και συνδυαστικά βοηθώντας έτσι στην εξαγωγή πιο ασφαλών συμπερασμάτων. Επίσης δεν απαιτείται η φυσικά παρουσία του καλλιεργητή καθώς όλες οι διαδικασίες μπορούν να εκτελεστούν αυτόματα άμεσα ή προγραμματισμένα μέσω της εφαρμογής, εξοικονομώντας έτσι χρόνο που μπορεί να φανεί χρήσιμος ως προς τις έγκαιρες προβλέψεις και αποφάσεις. Εκτός της χειροκίνητης εκκίνησης της τεχνητής άρδευσης είναι δυνατόν να αυτοματοποιηθεί όλη αυτή η διαδικασία ρυθμίζοντας κατάλληλα το σύστημα. Υπολογίζοντας από πριν τις ιδανικές συνθήκες που πρέπει να επικρατούν στο μικροπεριβάλλον για την ανάπτυξη των φυτών, ο καλλιεργητής μπορεί να θέσει κατώτατα όρια σε αυτές, τα οποία μόλις επαληθευθούν από τις υπηρεσίες οι οποίες τρέχουν στο παρασκήνιο να δώσουν την εντολή για εκκίνηση της τεχνητής άρδευσης. Πάντως και στις δύο περιπτώσεις οι αποφάσεις μπορούν να βασιστούν αποκλειστικά στην παρατήρηση των κλιματικών δεδομένων.

## ***2.2 Προγραμματισμός άρδευσης με την χρήση εφαρμογής (Smart Irrigation System)***

Ένας άλλος τρόπος για να λυθεί το πρόβλημα της ορθολογικής χρήσης των υδάτινων πόρων δίνεται από την εφαρμογή που θα περιγράψουμε στην συνέχεια. Είναι μια εφαρμογή η οποία τρέχει σε κινητές συσκευές και βασίζεται στην λήψη αποφάσεων μέσω υπολογιστών για την πιο αποτελεσματική χρήση των υδάτινων πόρων και την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών από το έδαφος. Η λήψη αποφάσεων βασίζεται σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του εδάφους της καλλιέργειας, στον τύπο της καλλιέργειας και στα τοπικά μετεωρολογικά δεδομένα. Πρόκειται για ένα αρκετά πολύπλοκο σύστημα το οποίο όμως έχει δώσει λύσεις σε πολλούς επαγγελματίες καλλιεργητές αλλά και ερασιτέχνες.

Παρακάτω παρουσιάζεται σε εικόνες η εφαρμογή, ώστε να γίνει πιο κατανοητή η λειτουργία της.



Εικόνα 2.1- Οθόνες εφαρμογής Smart Irrigation

Οι οθόνες αυτές παρουσιάζουν την εφαρμογή από την εκκίνηση της έως την ενημέρωση του χρήστη για την ιδανική διάρκεια και συχνότητα των ποτισμάτων. Στην πρώτη οθόνη ο χρήστης επιλέγει στον χάρτη το σημείο στον οποίο βρίσκεται η καλλιέργειά του. Στην δεύτερη οθόνη παρουσιάζεται μια λίστα με τις καλλιέργειες οι οποίες έχουν καταχωρηθεί στην εφαρμογή. Στην τρίτη οθόνη παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι καλλιέργειες οι οποίες βρίσκονται στο ίδιο σημείο. Στο κάτω μέρος της οθόνης βρίσκεται ένα κουμπί το οποίο πατώντας το ο χρήστης οδηγείται σε μια νέα οθόνη η οποία του εμφανίζει τον υπολογισμό που έκανε η εφαρμογή για τον τρόπο ιδανικής άρδευσης των αγροτεμαχίων. Η εφαρμογή ενημερώνει τον χρήστη για την διάρκεια και τον κύκλο της άρδευσης και τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Στην πέμπτη και τελευταία οθόνη παρουσιάζεται στον χρήστη η καιρική πρόβλεψη των επόμενων ημερών και αφήνει στην κρίση αν πρέπει να προσχωρήσει στην άρδευση ή όχι.

Η εφαρμογή αυτή βασίζεται σε αλγορίθμους οι οποίοι υπολογίζουν την ιδανική συχνότητα και διάρκεια άρδευσης των καλλιεργειών παίρνοντας ως παραμέτρους την δυνατότητα συγκράτησης νερού από το έδαφος, το ποσοστό απορρόφησης από τα φυτά και τις τοπικές κλιματικές και εδαφικές συνθήκες. Οι καλλιέργειες απαιτούν την διατήρηση της υγρασίας του εδάφους ανάμεσα σε συγκεκριμένη διακύμανση, η οποία θα επιτρέψει την αποτελεσματική απορρόφηση νερού και θρεπτικών συστατικών από το φυτό αλλά και θα εμποδίσει τα θρεπτικά συστατικά, τα οποία είναι απαραίτητα για το φυτό, να παρασυρθούν πιο βαθιά στο έδαφος, μακριά από τις ρίζες. Αν και τα ανώτατα όρια υγρασίας του εδάφους είναι εύκολο να οριστούν τα κατώτατα όρια

---

είναι εξαιρετικά δύσκολο καθώς ο υπολογισμός τους βασίζεται στα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Η δυσκολία που προκύπτει σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι ο καλλιεργητής δεν είναι σε θέση να γνωρίζει από μόνος του ποια είναι η σύσταση του εδάφους στο οποίο καλλιεργεί, καθώς επίσης δεν μπορεί να γνωρίζει ποια είναι η υγρασία του εδάφους του αν δεν έχει συγκεκριμένες ενδείξεις από όργανα μέτρησης. Σε αντίθεση στην δικιά μας εφαρμογή οι αποφάσεις λαμβάνονται απευθείας χωρίς την ανάγκη για χρησιμοποίηση πολύπλοκων αλγορίθμων και αυτό λόγω της άμεσης διαθεσιμότητας των κλιματικών και εδαφικών δεδομένων. Η εφαρμογή είναι σε θέση οποιαδήποτε στιγμή να γνωρίζει την υγρασία που επικρατεί στο έδαφος αλλά και στο μικροκλίμα της περιοχής που βρίσκεται η καλλιέργεια και αναλόγως να πάρει την απαραίτητη απόφαση. Επιπλέον είναι σε θέση να εκκινήσει την διαδικασία αυτόματης άρδευσης χωρίς καμία παρεμβολή από τον χρήστη της εφαρμογής (αν αυτό το έχει επιτρέψει) και να διατηρεί συνεχώς τα ιδανικά επίπεδα υγρασίας στο έδαφος. Η εφαρμογή smart irrigation δεν είναι μια εφαρμογή η οποία βασίζεται στο Internet of Things για αυτό και απαιτεί οι ενέργειες για εκκίνηση και διακοπή της άρδευσης να γίνονται από τον καλλιεργητή κάθε φορά που αυτό απαιτείται. Άλλη σημαντική διαφορά είναι ότι η λήψη αποφάσεων δεν βασίζεται σε κλιματικά δεδομένα τα οποία επικρατούν στο μικροπεριβάλλον της περιοχής που βρίσκεται η καλλιέργεια αλλά σε δεδομένα τα οποία λαμβάνονται από μετεωρολογικούς σταθμούς οι οποίοι βρίσκονται στον ευρύτερο χώρο. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε λανθασμένες εκτιμήσεις για την διάρκεια και την ανάγκη της άρδευσης. Για παράδειγμα, μια ξαφνική μπόρα ίσως να μείωνε την ανάγκη άρδευσης για μερικά εικοσιτετράωρα ή και εβδομάδες ακόμη. Στην εφαρμογή μας όπως περιγράψαμε και νωρίτερα οι αποφάσεις λαμβάνονται βασιζόμενες στις άμεσες συνθήκες που επικρατούν και αυτό επιτρέπει μεγαλύτερη ακρίβεια στην διαδικασία της άρδευσης των εδαφών.



---

# 3

## *Η λύση που προτείνεται για την υλοποίηση των «Έξυπνων Καλλιεργείων»*

### *3.1 Η λύση που προτείνεται*

Όπως περιγράψαμε και προηγουμένως οι Έξυπνες Καλλιέργειες είναι ένας καινοτόμος τρόπος προσέγγισης απέναντι στις συμβατικές μεθόδους καλλιέργειας που ξέρουμε έως τώρα, με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας και ποσότητας των παραγόμενων καρπών, της μείωσης του οικολογικού αποτυπώματος από τις πρακτικές που εφαρμόζονται στην καλλιέργεια, και την προσαρμογή της καλλιέργειας στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες. Για να επιτευχτεί αυτός ο στόχος, απαιτείται ένας πιο αυστηρός και επιμελής έλεγχος των μετεωρολογικών δεδομένων που επικρατούν στην καλλιέργεια, της κατάστασης της ίδιας της καλλιέργειας αλλά και της σύστασης του υπεδάφους της. Μια τέτοια ενέργεια θα βοηθήσει στην εξαγωγή πιο ασφαλών συμπερασμάτων για την κατάσταση του μικρο-περιβάλλοντος, τα οποία με την σειρά τους θα οδηγήσουν να παρθούν αποφάσεις για το ποιες αλλαγές χρειάζονται να γίνουν ώστε η καλλιέργειά τους να χαρακτηριστεί ως “έξυπνη”.

---

Λύσεις σε αυτές τις απαιτήσεις είναι πλέον δυνατό να δώσουν οι νέες ψηφιακές τεχνολογίες και μαζί με αυτές η εφαρμογή του Διαδικτύου των Αντικειμένων (ΔtΑ). Η δυνατότητα μετατροπής των αντικειμένων σε έξυπνες συσκευές και η παρακολούθηση της κατάστασής τους απομακρυσμένα, διευκολύνει τους καλλιεργητές στο να έχουν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την κατάσταση των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν στις καλλιέργειές τους άμεσα, γρήγορα και με συνέπεια. Επίσης η δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο αυτομάτων ηλεκτρονικών συσκευών (στην συγκεκριμένη εργασία θα αναφερθούμε παρακάτω στις ηλεκτροβάνες) και η ικανότητα αλληλεπίδρασης με αυτές, συνεπάγεται την ικανότητα απομακρυσμένου ελέγχου. Αλλά οι δυνατότητες του συστήματος δεν σταματάνε μόνο εκεί. Εφαρμόζοντας του κατάλληλους αλγορίθμους ελέγχου της καλλιέργειας, πολλές ενέργειες θα μπορούσαν να αυτοματοποιηθούν δημιουργώντας έτσι ένα αυτόνομο σύστημα το οποίο ελέγχει συνεχώς την κατάστασή της και επεμβαίνει αναλόγως.

Αφού έγινε μια μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας γύρω από τις “Έξυπνες Καλλιέργειες”, το “Διαδίκτυο των Αντικειμένων” αλλά και τους τρόπους καλλιέργειας και γενικότερα τις απαιτήσεις των καλλιεργειών (ώστε αυτές να παράγουν όσο το δυνατό πιο πολλούς και πιο ποιοτικούς καρπούς) καταλήξαμε στην λύση ενός έξυπνου συστήματος παρακολούθησης της εξέλιξης της καλλιέργειας, το οποίο δίνει την δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη αλλά μπορεί να σταθεί και αυτόνομα. Το σύστημα το οποίο προτείνουμε ως λύση αποτελείται από έναν συνδυασμό υλικού, το οποίο έχει δυνατότητες να υπαχθεί στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων, και λογισμικού το οποίο αποτελείται από αλγορίθμους οι οποίοι αναλαμβάνουν την παρακολούθηση της καλλιέργειας, προβαίνουν σε λήψεις αποφάσεων ανάλογα με την πορεία της, ενημερώνουν τον καλλιεργητή για σημαντικές εξελίξεις και διαχειρίζονται αυτόματες λειτουργίες (όπως είναι η άρδευση). Να σημειώσουμε εδώ ότι με το πέρασμα του χρόνου και την εμφάνιση και νέων ψηφιακών τεχνολογιών τα όρια αλληλεπίδρασης με τον εξωτερικό κόσμο αρχίζουν να συγκλίνουν. Έτσι και με τις καλλιέργειες μπορούμε να πούμε ότι μπορεί να υπάρξει ένα σύστημα αισθητήρων μέσα σε αυτές, το οποίο μπορεί να παρακολουθήσει σχεδόν τα πάντα, από τα κλιματικά δεδομένα μέχρι δεδομένα για την σύσταση του εδάφους, το μέγεθος των καρπών, την υγρασία των φύλλων κτλ. Το μοναδικό όριο πια είναι το κόστος απόκτησης αυτού του εξοπλισμού ο οποίος μπορεί

---

να στοιχίζει από λίγα ευρώ έως δεκάδες χιλιάδες και θα πρέπει να εξεταστεί η απόσβεσή του σε μακροπρόθεσμα πλαίσια.

Η λύση που προτείνεται παρακάτω αφορά ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης έξυπνων καλλιεργειών. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει από την μία πλευρά το υλικό κομμάτι που βρίσκεται μέσα στις καλλιέργειες, το οποίο αποτελείται από τους μετεωρολογικούς αισθητήρες και τους αυτόματους μηχανισμούς (ηλεκτροβάνες) και από την άλλη πλευρά περιλαμβάνει όλο εκείνο το σύστημα το οποίο αλληλεπιδρά μαζί του και καθορίζει αυτόματα τον τρόπο λειτουργίας των πρώτων συσκευών. Το σύστημα αυτό αποτελείται από την Βάση Δεδομένων, τον Εξυπηρετητή και μια εφαρμογή η οποία τρέχει σε λειτουργικό Android. Η υλοποίηση του υλικού κομματιού δεν περιλαμβάνεται στους σκοπούς αυτής της εργασίας, αν και πρόκειται για την αναπόσπαστο μέρος του συστήματος το οποίο αναλύουμε. Παρόλα αυτά πρέπει να αναφερθούν οι λειτουργίες και αυτού του κομματιού για λόγους συνοχής της παρουσίασης και καλύτερης κατανόησης του σκοπού του λογισμικού μέρους του συστήματος, με του οποίου την κατασκευή θα ασχοληθούμε. Εξάλλου μια πιθανή εφαρμογή της λύσης που προτείνουμε στον πραγματικό κόσμο θα συμπεριλάμβανε την κατασκευή και των δύο τμημάτων.

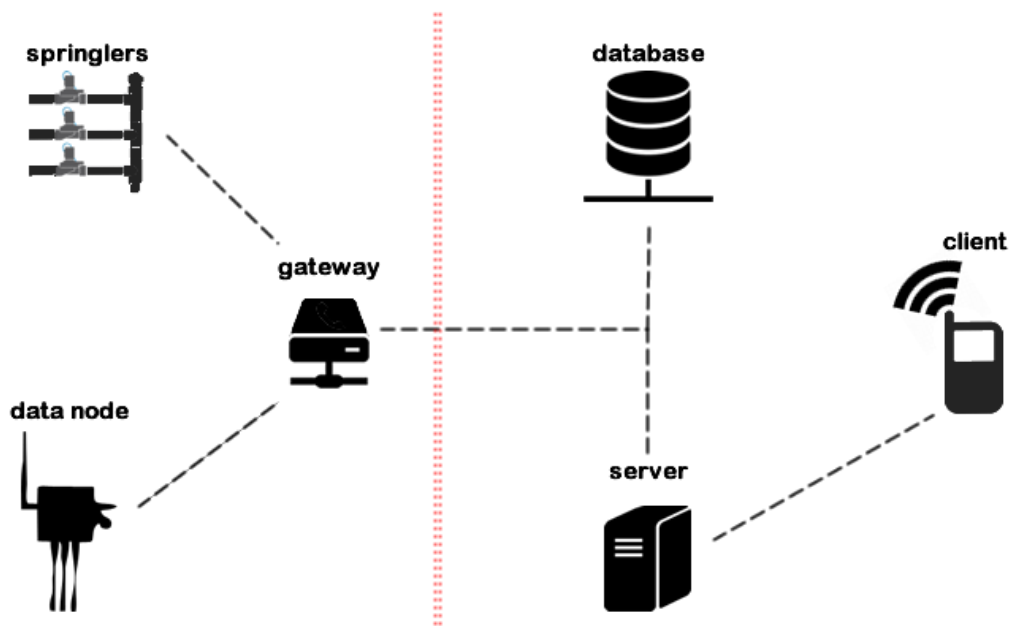
Το σύστημα αρχικά θα πρέπει να λαμβάνει μετρήσεις για τα κλιματικά δεδομένα που επικρατούν στην καλλιέργεια. Στην συνέχεια αυτά τα δεδομένα στέλνονται μέσω του διαδικτύου για αποθήκευση στην βάση δεδομένων. Η αποστολή τους μπορεί να γίνει με την κλήση web service. Αν χρησιμοποιηθεί αυτή η τεχνολογία κατά την μεταφορά και αποθήκευση παρεμβάλλεται ο εξυπηρετητής (server). Η βάση δεδομένων θα αναλαμβάνει την αποθήκευση των κλιματικών δεδομένων αλλά και γενικότερα όλων των δεδομένων τα οποία αφορούν την λειτουργία του συστήματος. Ο σκοπός του εξυπηρετητή είναι να συντονίζει τις λειτουργίες όλου του συστήματος. Θα αναλαμβάνει την αποθήκευση των δεδομένων, την αποστολή εντολών προς τους αυτόματους μηχανισμούς όποτε κριθεί απαραίτητο, την αποστολή δεδομένων προς τον χρήστη (Android client), θα κάνει συνεχείς ελέγχους για να συγκρίνει αν ξεπεράστηκαν τα όρια των κλιματικών τιμών, θα στέλνει αυτόματες ειδοποιήσεις προς τον χρήστη και γενικά θα τρέχει μια σειρά από αλγόριθμους οι οποίοι έχουν ως εισροή μια σειρά δεδομένων όπως τα κλιματικά, την κατάσταση του εδάφους και τα όρια του χρήστη και θα κάνει τους υπολογισμούς για το πότε πρέπει να αρδευτεί η καλλιέργεια. Τέλος για την αλληλεπίδραση του χρήστη (καλλιεργητής) με το

---

σύστημα θα υπάρξει μια εφαρμογή η οποία θα τρέχει σε Android. Από την εφαρμογή αυτή ο χρήστης μπορεί να ενημερώνεται για τα μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία επικρατούν εκείνη την στιγμή στην καλλιέργειά του, να δει το ιστορικό των κλιματικών δεδομένων, να εκκινήσει χειροκίνητα σε πραγματικό χρόνο την αυτόματη άρδευση να προγραμματίσει την αυτόματη άρδευση των χωραφιών του και να αλλάξει χειροκίνητα τα όρια υγρασία του εδάφους (αν αυτά επαληθευθούν ο εξυπηρετητής θα στείλει εντολή να ξεκινήσει η άρδευση). Επίσης η εφαρμογή αυτή όταν δεν είναι ανοιχτή τρέχει στο παρασκήνιο αναμένοντας ειδοποιήσεις από τον εξυπηρετητή σε περίπτωση κάποια σημαντικής αλλαγής που συνέβη στην καλλιέργεια ή κάποιας αυτόματης ενέργειας που έγινε και θα έπρεπε να την γνωρίζει το χρήστης. Η εφαρμογή θα έχει πλήρη έλεγχο του αυτόματου συστήματος άρδευσης και θα είναι σε θέση να ορίσει τα όρια κατά τα οποία αυτή θα ενεργοποιείται και θα απενεργοποιείται (αυτό είναι η υγρασία εδάφους). Ακόμα θα μπορεί να επιλέγει με ποιον τρόπο θα θέλει να εκκινεί αυτό, είτε αυτόματα είτε βάσει του προγράμματος άρδευσης το οποίο και αυτό έχει καθοριστεί από τον καλλιεργητή. Εκτός από το ιστορικό των μετεωρολογικών δεδομένων ο χρήστης θα μπορεί να ενημερώνεται και για το ιστορικό των ειδοποιήσεων που του έχουν σταλεί στο κινητό είτε αυτές αφορούν απλές ειδοποιήσεις ενημέρωσης είτε ειδοποιήσεις για ενέργειες που έγιναν.

Αρχικά θα αναφερθούν περιγραμματακά τα φυσικά μέρη και οι ηλεκτρονικές συσκευές τα οποία προτείνονται για την υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος ή χρειάζονται για να αλληλεπιδράσει ο χρήστης μαζί του και στην συνέχεια θα αναλυθεί η ακριβής λειτουργία τους, ποιες τεχνολογίες χρησιμοποιεί το καθένα, πως και με ποιες τεχνολογίες διασυνδέονται το ένα με το άλλο και πως αλληλεπιδρούν – επικοινωνούν.

1. Κόμβος αισθητήρων κλιματικών δεδομένων
2. Μηχανισμοί αυτοματισμού ποτίσματος (ηλεκτροβάνες)
3. Gateway σύνδεσης των αισθητήρων με το διαδίκτυο
4. Βάση Δεδομένων
5. Εξυπηρετητής – Server
6. Εφαρμογή Android (native application)



Εικόνα 3.1- Φυσικά μέρη του συστήματος

### 3.1.1 Κόμβος Αισθητήρων Κλιματικών Δεδομένων

Ο κόμβος αυτός δεν είναι τίποτα περισσότερο από ένα σύνολο ψηφιακών αισθητήρων συνδεδεμένων συνήθως πάνω στον ίδιο μικροϋπολογιστή διαχείρισης της λειτουργίας τους. Ο μικροϋπολογιστής θα μπορούσε να είναι μια συσκευή Arduino, Rasbery Pi ή κάποιο ψηφιακό σύστημα του ίδιου είδους. Οι ψηφιακοί αισθητήρες είναι ηλεκτρονικοί αισθητήρες των οποίων οι μετρήσεις μετατρέπονται απευθείας σε ψηφιακές και μπορούν εύκολα να σταλούν μέσω διαδικτύου σε κάποια άλλη συσκευή. Οι αισθητήρες μπορούν να συλλέξουν κλιματικά δεδομένα όπως : θερμοκρασία αέρα, υγρασία αέρα, βροχόπτωση, ένταση αέρα, κατεύθυνση αέρα, θερμοκρασία εδάφους, υγρασία εδάφους, ηλιακή ακτινοβολία κτλ. Επίσης είναι δυνατόν εκτός από κλιματικά δεδομένα να συλλέξουν και δεδομένα που αφορούν τα φυτά της καλλιέργειας ή και τους καρπούς που παράγουν για παράδειγμα είναι δυνατόν να μετρηθεί το μέγεθος του καρπού, η υγρασία πάνω στα φύλλα, ή το χρώμα του για να αποφασιστεί αν είναι ο σωστός χρόνος για την συγκομιδή του και πολλά άλλα. Τα δεδομένα που συλλέγονται στέλνονται προς την πύλη (gateway) η οποία θα μπορούσε να είναι ή ο μικροϋπολογιστής στον οποίο είναι συνδεδεμένοι οι

---

αισθητήρες, ή ένας κανονικός υπολογιστής που είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο μέσω ενός μόντεμ ή ακόμα θα μπορούσε να είναι και ένα μόντεμ από μόνο του.

### **3.1.2 Μηχανισμοί Αυτοματισμού (ηλεκτρικές βάνες)**

Οι μηχανισμοί αυτοματισμού, οι οποίοι στην συγκεκριμένη περίπτωση που εξετάζουμε είναι οι ηλεκτρικές βάνες ποτίσματος, είναι ηλεκτρονικοί μηχανισμοί που μπορούν να αλλάξουν κατάσταση με την αποστολή ενός μικρού ηλεκτρικού σήματος, το οποίο αποστέλλεται από τον μικροελεγκτή, με τον οποίο είναι συνδεδεμένοι. Ο μικροελεγκτής είναι τύπος μικροεπεξεργαστή ο οποίος αναλαμβάνει να στείλει τα ηλεκτρικά σήματα προς τις ηλεκτρονικές/ηλεκτρικές συσκευές. Πρέπει να είναι υποχρεωτικά συνδεδεμένος με έναν μικροϋπολογιστή ο οποίος θα αναλαμβάνει να στείλει τα ηλεκτρικά σήματα προς αυτούς σύμφωνα με τις εντολές που δέχεται απομακρυσμένα. Σε αυτήν την περίπτωση ο μικροϋπολογιστής είναι η πύλη διεξόδου προς το διαδίκτυο και παρεμβαίνει ώστε να αλλάξει την κατάστασή τους. Με την εφαρμογή πιο προχωρημένων τεχνολογιών θα μπορούσε κάθε ηλεκτρική βάνα να αυτονομηθεί και να συνδεθεί απευθείας στο διαδίκτυο.

### **3.1.3 Πύλη σύνδεσης στο διαδίκτυο (Gateway)**

Η πύλη σύνδεσης είναι ο ενδιάμεσος κόμβος ο οποίος συνδέει τους αισθητήρες και τους αυτόματους μηχανισμούς με τον “εξωτερικό κόσμο”. Στην δικιά μας περίπτωση θα μπορούσε να είναι ένας μικροϋπολογιστής ή απλά ένας υπολογιστής ο οποίος αναλαμβάνει να μαζέψει τα δεδομένα από τους αισθητήρες και να τους προωθήσει προς την βάση δεδομένων ή τον εξυπηρετητή, “καλώντας” το ανάλογο web service. Επιπλέον αναλαμβάνει την επικοινωνία με τους αυτόματους μηχανισμούς των οποίων μπορεί να ελέγξει την λειτουργία με την αποστολή ηλεκτρικών σημάτων μέσω του μικροελεγκτή. Αν και ο κόμβος με τους κλιματικούς αισθητήρες και οι ηλεκτρικές βάνες θα μπορούσαν να συνδεθούν απευθείας στο διαδίκτυο χωρίς την παρεμβολή ενός gateway, η χρησιμοποίησή του προσθέτει ένα επιπλέον στρώμα ασφάλειας το οποίο μπορεί να δράσει κατασταλτικά σε κακόβουλες διαδικτυακές επιθέσεις. Οι συσκευές οι οποίες βρίσκονται στις άκρες του ΔτΑ δεν

---

είναι μεγάλης επεξεργαστικής ισχύς και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να παράσχουν επίπεδα αποτελεσματικής ασφάλειας.

### **3.1.4 Βάση Δεδομένων**

Ο βασικός ρόλος της Βάσης Δεδομένων είναι να αποθηκεύσει τις μετεωρολογικές μετρήσεις, αλλά και όποια άλλη παρατήρηση αφορά τις καλλιέργειες, οι οποίες συλλέγονται από τους ψηφιακούς αισθητήρες και στέλνονται μέσω διαδικτύου. Εκτός από το ιστορικό των μετεωρολογικών δεδομένων σε αυτήν κρατούνται και δεδομένα τα οποία περιγράφουν τους αισθητήρες, τα χωρικά δεδομένα των καλλιεργειών, τα προσωπικά δεδομένα των χρηστών του συστήματος και γενικότερα δεδομένα τα οποία αφορούν την λειτουργία του συστήματος, από τους αισθητήρες έως τον τελικό χρήστη. Η Βάση Δεδομένων είναι σχεσιακής μορφής και τα δεδομένα οργανώνονται σε συσχετισμένους πίνακες. Για την εύρυθμη λειτουργία της και για λόγους οικονομίας οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις στο τέλος κάθε μέρας επεξεργάζονται έτσι ώστε στο τέλος να κρατηθούν στην βάση μόνο τα μέγιστα, τα ελάχιστα και ο μέσος όρος κάθε μέτρησης. Συνήθως την επικοινωνία με την Βάση Δεδομένων την αναλαμβάνει ο εξυπηρετητής για λόγους ασφάλειας και συνέπειας στην διαδικασία αποθήκευσης.

### **3.1.5 Εξυπηρετητής (Server)**

Ο Εξυπηρετητής θα φιλοξενεί όλες τις κεντρικές λειτουργίες του συστήματος οι οποίες αφορούν από την διαχείριση των δεδομένων έως την αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα. Σε αυτόν θα τρέχουν οι αλγόριθμοι οι οποίοι θα προσαρμόζουν τις λειτουργίες της καλλιέργειας έτσι ώστε αυτή να προσαρμόζεται στις μικρο-κλιματικές αλλαγές. Η πρώτη του λειτουργία θα είναι να λαμβάνει τα κλιματικά δεδομένα που του στέλνονται από τους αισθητήρες και να τα αποθηκεύει στην βάση δεδομένων. Οι υπηρεσίες που τρέχουν συνεχώς κατά την λειτουργία του, ελέγχουν για τυχόν συνθήκες οι οποίες ικανοποιούνται, έτσι ώστε να προχωρήσουν στις ανάλογες ενέργειες. Στις υπόλοιπες λειτουργίες του συμπεριλαμβάνεται και η εξυπηρέτηση της εφαρμογής Android. Οι υπηρεσίες οι οποίες αφορούν την εξυπηρέτηση του android μπορούν να τρέχουν παράλληλα με όλες τις

---

προαναφερθείσες λειτουργίες του server και το πιθανότερο είναι να έχουν την μορφή διαδικτυακών υπηρεσιών (Web Services). Η υλοποίηση των εφαρμογών που τρέχουν στον εξυπηρετητή θα μπορούσε να γίνει σε οποιαδήποτε δημοφιλή γλώσσα προγραμματισμού, εδώ είναι πιο πιθανόν να επιλέξουμε την γλώσσα προγραμματισμού Java.

### **3.1.6 Εφαρμογή Android**

Για την αλληλεπίδραση του χρήστη (καλλιεργητής) με το σύστημα προτείνεται η δημιουργία μιας εφαρμογής για κινητές συσκευές. Ο χρήστης αφού συνδεθεί στην εφαρμογή μπορεί να αντλήσει πληροφορίες για τις καλλιέργειές του, να τις δει στο χάρτη κτλ. Από τις βασικές λειτουργίες της εφαρμογής είναι να δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να ενημερώνεται για τις μετεωρολογικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν ανά πάσα στιγμή στην καλλιέργεια του αλλά και να δει το ιστορικό τους. Μπορεί επίσης να δει σε πραγματικό χρόνο την κατάσταση της αυτόματης άρδευσης, αν αυτή είναι ενεργή ή όχι και αν επιθυμεί να την ενεργοποιήσει χειροκίνητα. Σε άλλες οθόνες μπορεί να θέσει τα όρια για τα κλιματικά δεδομένα τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο για τα αποτελέσματα των αλγορίθμων που τρέχουν στον εξυπηρετητή και αποφασίζουν για την πορεία των αυτόματων εργασιών στην καλλιέργεια. Τέτοια δεδομένα θα μπορούσε να είναι το ανώτατο και κατώτατο όριο στο οποίο θα μπορούσε να εκκινεί και να σταματάει αντίστοιχα η αυτόματη άρδευση. Επίσης ο χρήστης θα μπορούσε να ενημερωθεί για το ιστορικό των ειδοποιήσεων που έχει λάβει ή για το ιστορικό των ενεργειών που έχουν γίνει στην καλλιέργειά του. Η εφαρμογή θα μπορεί να τρέχει και στο παρασκήνιο και ανά πάσα στιγμή να ενημερώσει τον χρήστη για τυχόν εξελίξεις στην κατάσταση της καλλιέργειάς του, μέσω ειδοποιήσεων (notifications).



---

## ***3.2 Πως αναμένεται να βοηθήσει η εφαρμογή και τα προβλήματα που θα λύσει***

Το πρόβλημα που θα λύσει πρώτο η εφαρμογή που προτείνουμε είναι αυτό της ελλιπούς πληροφόρησης του καλλιεργητή σχετικά με την κατάσταση που επικρατεί στην καλλιέργειά του. Έως τώρα οι περισσότεροι καλλιεργητές βασίζονται στην προσωπικές εκτιμήσεις για την κατάσταση της καλλιέργειας, στα μετεωρολογικά δελτία, τα οποία μπορεί να είναι ακριβή αλλά δεν αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια την κατάσταση στον μικρο-περιβάλλον της καλλιέργειας, και στις μετρήσεις με όργανα τα οποία είναι εγκατεστημένα κοντά στις καλλιέργειές τους, αλλά για να ενημερωθούν από αυτά πρέπει να βρίσκονται και οι ίδιοι εκεί. Με τις ψηφιακές κλιματικές μετρήσεις του δίνεται η δυνατότητα να ενημερώνεται με ακρίβεια και συνέπεια για τα κλιματικά δεδομένα οποιαδήποτε στιγμή το επιθυμεί καθώς η εφαρμογή του το επιτρέπει. Έστω και αν αμελήσει να ενημερωθεί η εφαρμογή θα τον ειδοποιήσει με αυτόματο μήνυμα αν ξεπεραστούν συγκεκριμένα όρια. Εκτός από την ενημέρωση για δεδομένα σε πραγματικό χρόνο ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει και σε ιστορικά δεδομένα βλέποντας την εξέλιξη αυτών ανά τις ημέρες.

Άλλο πρόβλημα που θα λύσει το σύστημα είναι αυτό της αποδοτικής άρδευσης των καλλιεργειών. Με τις δυνατότητες που δίνει πλέον το Διαδίκτυο των Αντικειμένων για διασύνδεση και έλεγχο οποιασδήποτε συσκευής, μπορεί να γίνει εκκίνηση του δικτύου άρδευσης απομακρυσμένα. Οι αλγόριθμοι οι οποίοι τρέχουν διαρκώς στον εξυπηρετητή ως υπηρεσίες, ελέγχουν τις τιμές που επικρατούν στο κάτω από την επιφάνεια της καλλιέργειας και παρατηρούν αν η υγρασία που υπάρχει είναι ιδανική για την ανάπτυξη των φυτών. Σε περίπτωση που δεν επαληθεύονται οι συνθήκες τότε ενεργοποιείται η αυτόματη άρδευση για όσο χρόνο κριθεί απαραίτητο. Με αυτή την διαδικασία λύνεται καταρχήν το πρόβλημα της ελλιπούς άρδευσης της καλλιέργειας καθώς η εφαρμογή αναλαμβάνει την παρακολούθησή της. Επίσης εδώ παίρνει σάρκα η ιδέα των έξυπνων καλλιεργειών καθώς η εφαρμογή καταναλώνει τους υδάτινους πόρους με ακρίβεια. Η αυτόματη άρδευση εκκινεί μόλις φθάσει το κατώτατο όριο υγρασίας στο έδαφος και σταματάει μόλις φθάσει το ανώτατο όριο. Αυτά τα όρια μπορούν να οριστούν από τον χρήστη αλλά θα μπορούσαν να υπάρχουν και ως πάγιες τιμές σε μια βάση δεδομένων η οποία συγκεντρώνει τις ιδανικές

---

συνθήκες ανάπτυξης κάθε καλλιέργειας. Η συνεχής παρουσία του καλλιεργητή κοντά στην καλλιέργειά του έτσι δεν κρίνεται απαραίτητη, εξοικονομώντας του έτσι πολύτιμο χρόνο που θα μπορούσε να διαθέσει σε άλλες εργασίες.

Άλλο ένα πρόβλημα το οποίο θα μπορούσε να λυθεί είναι αυτό της πρόβλεψης του κινδύνου για προσβολή των καλλιεργειών από ασθένειες. Αλγόριθμοι οι οποίοι θα τρέχουν στον εξυπηρετητή μπορούν να δέχονται ως εισροές τις κλιματικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν και συγκρίνοντάς τις με μοντέλα, να προβλέψουν τις πιθανότητες εμφάνισης τέτοιων ασθενειών. Έτσι οι καλλιεργητές μπορούν να κάνουν προληπτικές ενέργειες πάνω στην καλλιέργεια οι οποίες αν γίνουν στον σωστό χρόνο μπορούν να έχουν μικρότερο οικολογικό κόστος βραχυπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα. Αυτό δεν έχει μόνο αντίκτυπο στην μείωση του κόστους παραγωγής αλλά και στην βελτίωση του ποιοτικού και ποσοτικού επιπέδου της παραγωγής των καρπών.

Συνεχίζοντας η εφαρμογή λύνει και το πρόβλημα της τήρησης ιστορικού αρχείου κλιματικών δεδομένων και ενεργειών που έχουν γίνει στις καλλιέργειες. Σε συνδυασμό μάλιστα με ένα ημερολόγιο στο οποίο καταγράφονται όλες οι επεμβάσεις που μπορεί να έχουν γίνει στην καλλιέργεια (όπως ψεκασμοί με φυτοφάρμακα) ο χρήστης μπορεί να έχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την πρόοδο και την εξέλιξη των αγρών.

Όπως αντιλαμβανόμαστε οι λύσεις που δίνει η εφαρμογή στα προβλήματα των καλλιεργητών είναι σημαντικές καθώς αυτοί πλέον μπορούν να οδηγηθούν σε πιο ασφαλή συμπεράσματα και με τον τρόπο αυτό να υπολογίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια ποια θα είναι η επόμενη επέμβαση στην καλλιέργεια. Η ακρίβεια αυτή μπορεί να μειώσει κατά πολύ τις σπατάλες φυσικών πόρων αλλά και οικονομικών.

### ***3.3 Πως θα εφαρμοστεί η λύση***

Η εφαρμογή της λύσης που προτείνεται για την δημιουργία της εφαρμογής περιλαμβάνει πρώτα από όλα την εγκατάσταση των υλικών μερών στις καλλιέργειες, των αισθητήρων δηλαδή και των αυτόματων μηχανισμών ποτίσματος. Αφού αυτές οι συσκευές συνδεθούν με μια πύλη η οποία τους δίνει την δυνατότητα διασύνδεσης στο διαδίκτυο και αλληλεπίδρασης με αυτές απομακρυσμένα, θα πρέπει να δημιουργηθεί

---

το λογισμικό κομμάτι του συστήματος, δηλαδή η βάση δεδομένων, ο εξυπηρετητής και η εφαρμογή με την οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης. Η διαδικασία ανάπτυξης που θα ακολουθηθεί θα περιγραφεί παρακάτω μαζί με τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν και τις τεχνολογίες οι οποίες θα δώσουν πνοή σε αυτό το σύστημα.

Το λογισμικό το οποίο αφορά το κομμάτι του εξυπηρετητή μπορεί να εγκατασταθεί σε κάποιο απομακρυσμένο υπολογιστικό σύστημα το οποίο είναι μόνιμως συνδεδεμένο στο διαδίκτυο. Τέτοιο υπολογιστικό σύστημα θα μπορούσε να είναι ένα dedicated server ή κάποια προϋπολογιστική υπηρεσία. Στο ίδιο μέρος θα μπορούσε να βρίσκεται και η βάση δεδομένων μας. Όποια περίπτωση και να επιλεγεί θα πρέπει να έχουμε κατά νου ότι εφαρμόζονται τα εξής για την αποδοτική λειτουργία του συστήματος : Το σύστημα είναι διαθέσιμο προς χρήση οποιαδήποτε ώρα, η απόκρισή του είναι γρήγορη και με συνέπεια και ότι τα δεδομένα δεν θα χαθούν. Η εφαρμογή η οποία τρέχει στο κινητό του χρήστη το μόνο που χρειάζεται είναι ένα περιβάλλον Android. Από εκεί και πέρα η λειτουργία της είναι αρκετά απλή και ο χρήστης μπορεί διαισθητικά να βρει όλες τις δυνατότητές της. Από την εφαρμογή ο χρήστης θα μπορεί να έχει πρόσβαση σε όλες τις καταχωρημένες καλλιέργειές του και να αλληλεπιδρά με τις συσκευές οι οποίες είναι εγκατεστημένες σε αυτές. Ο μόνος περιορισμός είναι ότι απαιτείται, όπως είναι λογικό, δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο από την κινητή συσκευή αν και η κατανάλωση δεδομένων τα οποία απαιτούνται για την λειτουργία της είναι μικρής κλίμακας.

---

# 4

## *Περιγραφή Υλοποίησης*

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα σημεία, ο σκοπός αυτής εδώ της εργασίας είναι η υλοποίηση μιας εφαρμογής η οποία αφορά τις Έξυπνες Καλλιέργειες και βασίζεται πάνω στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων. Το κομμάτι των αυτόματων μηχανισμών και των αισθητήρων, το οποίο είναι το φυσικό κομμάτι του διαδικτύου των αντικειμένων, δεν αποτελούν μέρος αυτής εδώ της εργασίας. Θα ασχοληθούμε μόνο με το λογισμικό κομμάτι του συστήματος που περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο και συγκεκριμένα με την δημιουργία μιας εφαρμογής η οποία τρέχει σε περιβάλλον Android. Στα πλαίσια της υλοποίησης αυτής της εφαρμογής βρίσκεται και η υλοποίηση ενός εξυπηρετητή (server), στον οποίο θα τρέχουν οι υπηρεσίες οι οποίες βοηθούν στην ολοκληρωμένη λειτουργία της, αλλά και στην αλληλεπίδραση με τις έξυπνες συσκευές οι οποίες βρίσκονται μέσα στην καλλιέργεια. Αν και όπως προείπαμε οι συσκευές δεν είναι μέρος της διπλωματικής, παρόλα αυτά θα δημιουργηθεί το λογισμικό κομμάτι το οποίο θα είναι σε θέση να επικοινωνεί μαζί τους. Επίσης όλα αυτά δεν είναι δυνατόν να δουλέψουν χωρίς την βοήθεια μιας βάσης δεδομένων, της οποίας η δημιουργία συμπεριλαμβάνεται στην εργασία.

Η εφαρμογή με την οποία θα αλληλεπιδρά ο χρήστης θα είναι μια native εφαρμογή Android, δηλαδή κατασκευασμένη με το Android SDK και θα τρέχει μόνο σε Android συσκευές. Στα πλαίσια δημιουργίας της θα χρησιμοποιηθεί κατά κόρον η

---

γλώσσα προγραμματισμού Java και λοιπές βιβλιοθήκες οι οποίες είναι αναγκαίες για την υλοποίηση ορισμένων λειτουργιών. Ο εξυπηρετητής επίσης θα υλοποιηθεί στην γλώσσα προγραμματισμού Java και η επικοινωνία των υπηρεσιών και των διαδικτυακών εφαρμογών θα βασίζονται πάνω στον application server Glassfish. Η βάση δεδομένων είναι μια απλή σχεσιακή βάση δεδομένων η οποία τρέχει πάνω σε MySQL server. Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε αναλυτικά την κάθε τεχνολογία η οποία περιλαμβάνεται στην υλοποίηση του υποσυστήματος του συστήματος των Έξυπνων Καλλιέργειών.

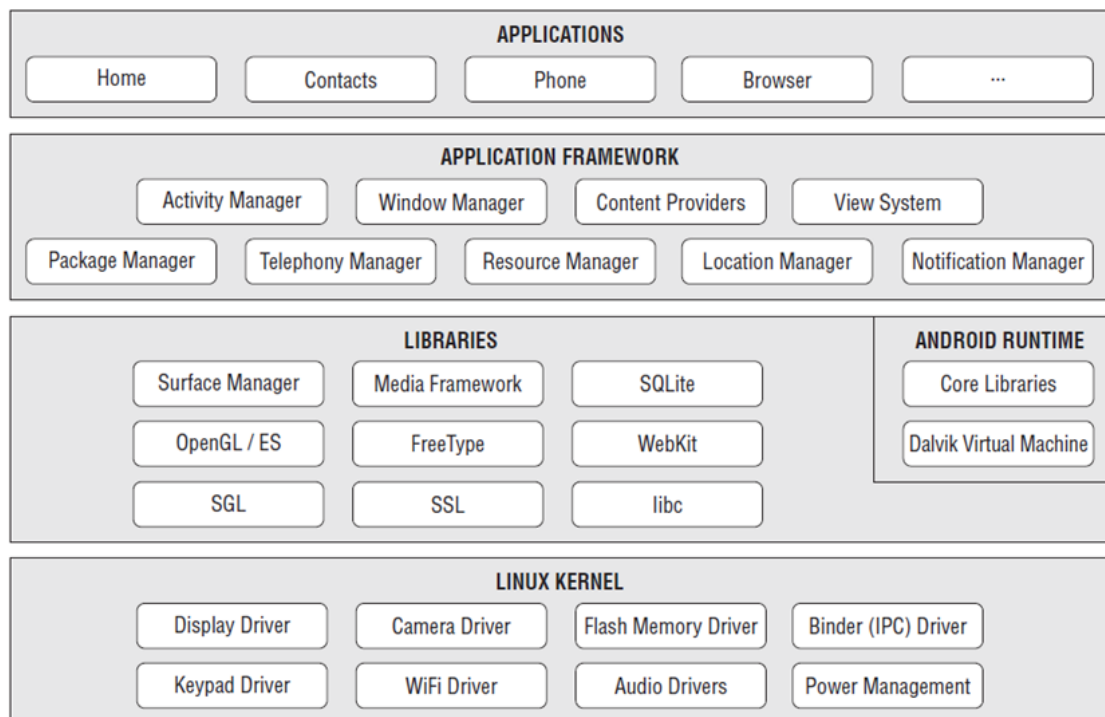
## ***4.1 Τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν***

### ***4.1.1 Εφαρμογή Android***

#### ***4.1.1.1 Γενικά για τα συστήματα Android***

Το σύστημα Android είναι ένα λειτουργικό σύστημα το οποίο αναπτύχθηκε από την Google (αρχικά ξεκίνησε ως μια μικρή εταιρεία το 2003 για να εξαγοραστεί αργότερα) για κινητές συσκευές και βασίζεται πάνω στον πυρήνα του γνωστού λειτουργικού συστήματος Linux. Το Android απευθύνεται κυρίως σε κινητές συσκευές οι οποίες αλληλεπιδρούν με τον χρήστη κυρίως με οθόνες αφής, όπως τάμπλετ και κινητά τηλέφωνα, μπορεί όμως να τρέξει και σε άλλα συστήματα. Πρόκειται για το πιο δημοφιλές λειτουργικό σύστημα κινητών συσκευών καθώς είναι εγκατεστημένο στο 82% των συσκευών που κυκλοφορούν στην αγορά.. Ο πηγαίος κώδικας του συστήματος κυκλοφορεί από την Google με άδεια χρήση ανοιχτού κώδικα (Open Source License). Οι κινητές συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούν android έχουν ως σύστημα εισόδου στην συσκευή κυρίως την οθόνη αφής στην οποία ο χρήστης αλληλεπιδρά με αντικείμενα αγγίζοντάς τα ή μεταφέροντάς. Για την είσοδο χαρακτήρων εμφανίζεται ένα εικονικό πληκτρολόγιο στην οθόνη αλλά υπάρχει και η δυνατότητα σύνδεσης φυσικής συσκευής. Στις συσκευές συνήθως συμπεριλαμβάνονται υλικά μέρη όπως : κάμερα, πυξίδα, αισθητήρας GPS, αισθητήρας απόστασης, θερμομέτρα, αισθητήρες πίεσης, κτλ. Για την συνδεσιμότητα της συσκευής συνήθως χρησιμοποιούνται τεχνολογίες wifi, Bluetooth 3G, 4G, LTE κτλ. Η κεντρική οθόνη ενός περιβάλλοντος android συνήθως αποτελείται από

εικονίδια εφαρμογών ή από εικονίδια widgets τα οποία προβάλλουν πληροφορίες απευθείας στον χρήστη (όπως ένα ρολόι, πληροφορίες για τον καιρό κτλ). Στο πάνω μέρος της οθόνης εμφανίζεται μια γραμμή κατάστασης (status bar) η οποία προβάλλει πληροφορίες για την συσκευή και την συνδεσιμότητά της. Η status bar μπορεί να ανοίξει προς τα κάτω και να εμφανίσει στον χρήστη σημαντικές πληροφορίες και ενημερώσεις όπως πχ την λήψη ενός νέου μηνύματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, μια αναπάντητη κλήση ή κάποια ειδοποίηση από μια εφαρμογή που τρέχει στο παρασκήνιο.



**Εικόνα 4.1 - Αρχιτεκτονική του συστήματος Android**

#### 4.1.1.2 Οι εφαρμογές Android

Οι εφαρμογές (συντά αποκλούνται και ως apps) οι οποίες επεκτείνουν την λειτουργικότητα της συσκευής, δημιουργούνται χρησιμοποιώντας το πακέτο ανάπτυξης για Android (Android Software Development kit – SDK) και συνήθως την γλώσσα προγραμματισμού Java (μερικές φορές και οι γλώσσες C/C++) η οποία δίνει πλήρη πρόσβαση στα API του android. Το SDK περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο πακέτο εργαλείων για την ανάπτυξη των εφαρμογών όπως : εργαλεία εντοπισμού σφαλμάτων (debugging), βιβλιοθήκες λογισμικού, προσομοιωτή android, εγχειρίδια κώδικα, παραδείγματα εφαρμογών, εκπαιδευτικά μέρη κτλ. Η Google έχει κυκλοφορήσει το δικό της εργαλείο για την ανάπτυξη εφαρμογών, το γνωστό

---

Android Studio το οποίο βασίζεται σε έκδοση του IntelliJ. Η εγκατάσταση των εφαρμογών (APK – Android Installation Package) στις συσκευές γίνεται συνήθως μέσω της επίσημης εφαρμογής από την Google του Google Play Store. Το Google Play Store βοηθά τους χρήστες να εγκαταστήσουν εφαρμογές android στην συσκευή τους και στην συνέχεια αν θέλουν να τις αναβαθμίσουν ή να τις αποκαταστήσουν. Λόγω της φιλοσοφίας του android η οποία υποστηρίζει το ανοιχτό λογισμικό, υπάρχουν και άλλες εφαρμογές οι οποίες επιτρέπουν την εγκατάσταση εφαρμογών οι οποίες δεν μπορούν να βρεθούν στο επίσημο Google Play Store επειδή μπορεί να παραβιάζουν την πολιτική της εταιρείας. Τέτοια “καταστήματα” είναι το Amazon Appstore, GetJar, SlideMe και F-Droid.

#### **4.1.2 Εξυπηρετητής (server)**

Ο εξυπηρετητής δεν είναι τίποτα περισσότερο από ένα πρόγραμμα υπολογιστή, ή μια διαδικασία, τα οποία είναι εγκατεστημένα και τρέχουν σε μια υπολογιστική μηχανή συνδεδεμένη στο διαδίκτυο και παρέχουν λειτουργικότητα σε άλλα προγράμματα ή λογισμικά (clients) τα οποία αποκαλούνται πελάτες. Η αρχιτεκτονική αυτή ονομάζεται client- server αρχιτεκτονική και με αυτόν τον τρόπο ένας εξυπηρετητής μπορεί τρέχει υπηρεσίες οι οποίες μπορούν να κάνουν υπολογισμούς και να στέλνουν δεδομένα και αποτελέσματα σε πολλούς πελάτες ταυτόχρονα. Επίσης ένας πελάτης μπορεί να επικοινωνεί με πολλούς server ταυτόχρονα. Η διεργασία ενός πελάτη μπορεί να τρέχει ταυτόχρονα στην ίδια μηχανή ή μπορεί να συνδέεται με τον server μέσω κάποιου δικτύου και να τρέχει σε άλλον server ή σε άλλη συσκευή. Η διαδικασία η οποία συμβαίνει συνήθως σε ένα μοντέλο client-server είναι να στείλει ένα αίτημα ο client στον server και ο server αφού επεξεργαστεί το αίτημα και κάνει τους ανάλογους υπολογισμούς να στείλει πίσω μια απάντηση στον client. Συνήθως τα μηχανήματα τα οποία φιλοξενούν λογισμικά εξυπηρέτησης είναι μεγαλύτερης ισχύος καθώς έχουν ανάγκη περισσότερης υπολογιστικής δύναμης. Μπορεί να υπάρχουν πολλά είδη server και ανάλογα με τον σκοπό ύπαρξής τους, τους καταθέτουμε και στον ανάλογο τύπο. Σε αυτήν την εργασία θα υλοποιήσουμε έναν Application Server ο οποίος φιλοξενεί ένα διαδικτυακό πρόγραμμα το οποίο τρέχει υπηρεσίες και σκοπός του είναι να εξυπηρετεί απομακρυσμένες συσκευές τρέχοντας προγράμματα χωρίς την ανάγκη εγκατάστασής τους στις συσκευές αυτές.

---

Επίσης για την βάση δεδομένων θα κατασκευάσουμε και έναν Database server, αλλά για αυτόν θα πούμε περισσότερα στην συνέχεια.

Σε αυτήν την εργασία θα χρησιμοποιηθεί μια έτοιμη υλοποίηση εξυπηρετητή τον Glassfish 4.1 ο οποίος διανέμεται από την εταιρεία Oracle και είναι ανεπτυγμένος με την γλώσσα προγραμματισμού java. Ο Glassfish υποστηρίζει πολλές τεχνολογίες της Java όπως : Enterprise JavaBeans, JPA, RMI, JavaServer Pages, Jersey κτλ.

Τα προγράμματα τα οποία θα τρέχουν στον server θα είναι και αυτά υλοποιημένα με την γλώσσα προγραμματισμού Java (JDK 7) και των συνδυασμό τεχνολογιών όπως :

- **Jersey** - βοηθάει στην υλοποίηση των Restful WebServices. Βασίζεται πάνω στην βιβλιοθήκη JAX-RS.
- **JAX\_RS** – είναι μια βιβλιοθήκη γραμμένη σε Java η οποία κάνει πιο εύκολη την υλοποίηση WebServices βασισμένα στην αρχιτεκτονική RESTful.
- **RESTful** – (Representational State Transfer) αναφέρεται σε μια αρχιτεκτονική για διαδικτυακές υπηρεσίες (WebServices), η οποία βασίζεται στην επικοινωνία server-client χωρίς την δημιουργία σταθερής σύνδεσης (stateless) μέσω του πρωτοκόλλου HTTP.
- **JSON** – (Javascript Object Notation) Είναι ένα ελαφρύ σχήμα αποστολής δεδομένων το οποίο είναι εύκολο να διαβαστεί από ανθρώπους αλλά και από μηχανές. Είναι βασισμένο σε υλοποίηση της Javascript.

Ο server που θα υλοποιηθεί, για την εξυπηρέτηση των πελατών θα βασιστεί κυρίως σε διαδικτυακές υπηρεσίες (Web Services). Τα web services είναι υπηρεσίες οι οποίες λειτουργούν βασισμένες στο πρωτόκολλο του παγκόσμιου ιστού (World Wide Web). Το πλεονέκτημά τους είναι ότι προσφέρουν ένα τρόπο λειτουργικότητας μεταξύ λογισμικών τα οποία τρέχουν σε διαφορετικές πλατφόρμες. Τα web services χαρακτηρίζονται από μεγάλη επεκτασιμότητα και διαλειτουργικότητα χάρη στη χρήση του προτύπου XML. Τα web services μπορούν να συνδυαστούν με τρόπους ώστε να προσφέρουν πολύπλοκες λειτουργίες. Τα προγράμματα τα οποία προσφέρουν απλές διαδικτυακές υπηρεσίες μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους προσφέροντας έτσι τελικά εξελιγμένες υπηρεσίες.



---

### **4.1.3 Βάση Δεδομένων**

Η Βάση Δεδομένων είναι μια συλλογή δεδομένων, οργανωμένων με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να ανακτούνται με αποτελεσματικό και γρήγορο τρόπο. Τα δεδομένα είναι οργανωμένα βάση των σχέσεων τους στον πραγματικό κόσμο, έτσι ώστε η προσπέλασή τους να γίνεται βάση των λογικών σχέσεων που συνδέουν τα δεδομένα αυτά. Υπάρχουν πολλά μοντέλα για την δημιουργία βάσεων, σε αυτήν την εργασία θα υλοποιήσουμε ένα σχεσιακό μοντέλο, στο οποίο τα δεδομένα είναι οργανωμένα σε πίνακες. Η γλώσσα που θα χρησιμοποιηθεί για την αλληλεπίδραση με τα δεδομένα είναι η SQL.

Το σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων (Database Management System – DBMS) είναι ένα λογισμικό το οποίο αλληλεπιδρά με τον χρήστη, ή με άλλα λογισμικά και την Βάση Δεδομένων ώστε να βρει και να αναλύσει τα δεδομένα. Ένα κοινό DBMS μπορεί να φέρει εις πέρας λειτουργίες όπως : δημιουργία, προσπέλαση, επεξεργασία, και διαγραφή των δεδομένων. Ένα τέτοιο σύστημα είναι και η MySQL. Η MySQL είναι ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων και βασίζεται στις αρχές του ανοιχτού κώδικα (open source). Είναι υλοποιημένη σε γλώσσα C/C++. Αυτή την στιγμή είναι το δεύτερο πιο διαδεδομένο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων.

## **4.2 Εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση**

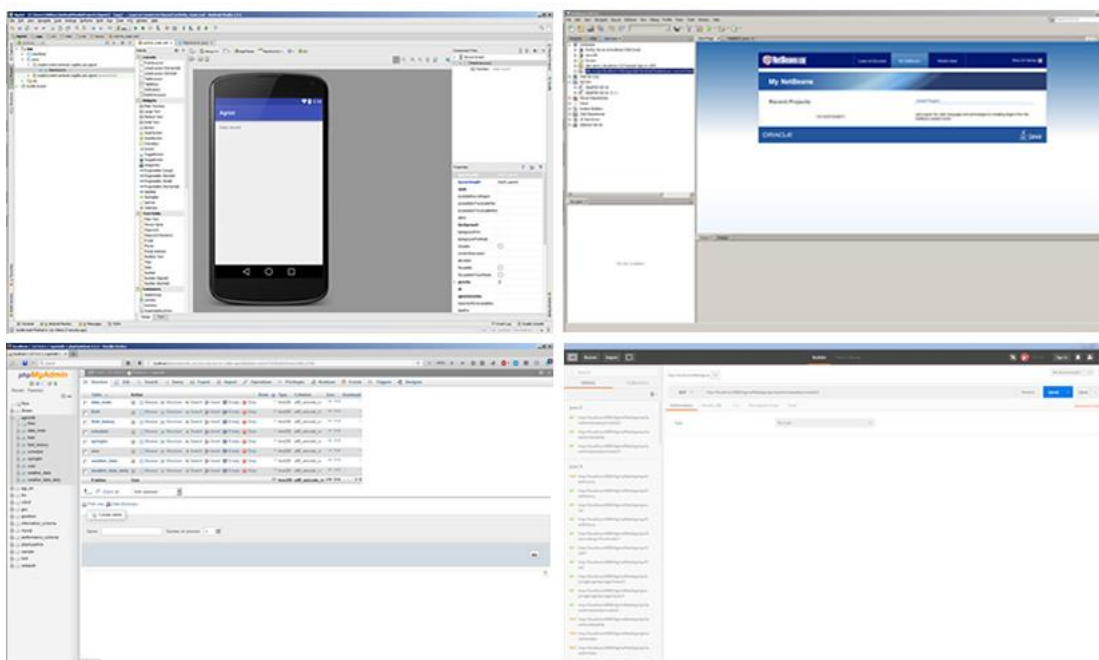
Για την δημιουργία κάθε μέρους του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν και τα ανάλογα εργαλεία ανάπτυξης. Η επιλογή τους έγινε με κριτήριο την συμβατότητα αυτών με τεχνολογίες που περιγράφηκαν στο προηγούμενο μέρος και την ευκολία χρήσης τους. Όλα τους απαιτούν εγκατάσταση του λογισμικού τους σε προσωπικό υπολογιστή. Παρακάτω θα αναφέρουμε ποια εργαλεία επιλέξαμε

- 1. Android Studio** – Είναι το επίσημο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) για την ανάπτυξη των εφαρμογών android, το οποίο βασίζεται σε υλοποίηση του IntelliJ IDEA. Το android studio προσφέρει εύκολη και γρήγορη διαδικασία ανάπτυξης για όλες τις πλατφόρμες android, emulator για την άμεση δοκιμή της εφαρμογής, εργαλεία ελέγχου και εντοπισμού σφαλμάτων. Η ευκολία χρήσης του και εγκατάστασής του, συνέβαλε

---

στην επιλογή του για την ανάπτυξη της εφαρμογής μας. Κατά την εγκατάστασή του συμπεριλαμβάνεται και το SDK της πλατφόρμας Android (Android Studio v 1.5 ~ 1.1GB).

- 2. Netbeans IDE** – Είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης ανοιχτού κώδικα. Χρησιμοποιείται κυρίως για την ανάπτυξη όλων των τύπων εφαρμογών σε γλώσσα προγραμματισμού Java, ωστόσο υποστηρίζει και άλλες γλώσσες. Προσφέρει εύκολους και γρήγορους τρόπους ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών. Επίσης προσφέρει εργαλεία διαχείρισης για την MySQL αλλά και τον Glassfish server. Με αυτό το εργαλείο αναπτύχθηκαν οι υπηρεσίες που τρέχουν στον server και τα Web Services. (Netbeans IDE 8.1 ~ 220MB).
- 3. XAMPP** – Το XAMPP είναι ένα εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως για την ανάπτυξη συστημάτων σε PHP. Παρόλα αυτά επειδή ενσωματώνει γραφικό περιβάλλον για τον σχεδιασμό και διαχείριση βάσεων δεδομένων πάνω σε MySQL κρίθηκε ότι θα διευκολύνει στην δημιουργία της ΒΔ. (XAMPP 3.2.2 ~ 500MB).
- 4. POSTMAN** – Είναι ένα εργαλείο για την δοκιμή διαδικτυακών υπηρεσιών. Χρησιμοποιήθηκε για την δοκιμή ορθής λειτουργίας των Web Services. (Postman 4.4.2 ~ 7MB).



Εικόνα 4.2 - Τα εργαλεία ανάπτυξης - Android Studio/Netbeans/XAMPP-MySQL/Postman

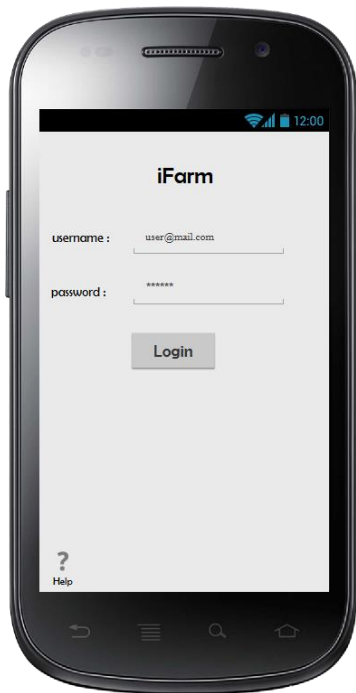
---

### **4.3 Διαδικασία Ανάπτυξης – Ιστορικό Βημάτων**

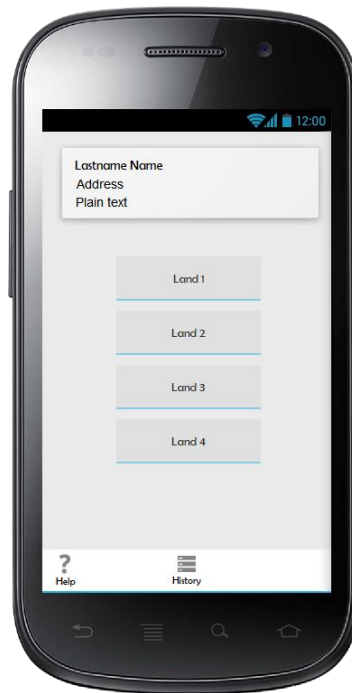
Πρώτο βήμα για την ανάπτυξη του συστήματος ήταν να καθορίσουμε το πρόβλημα το οποίο θέλαμε να λύσουμε και τα πλαίσια στα οποία θέλουμε αυτό το πρόβλημα να λυθεί. Μελετήθηκε η σχετική βιβλιογραφία και αναζητήθηκαν παρόμοιοι τρόποι λύσης του προβλήματος ώστε να συγκριθούν οι στόχοι μας. Οι περισσότερες πηγές αναζητήθηκαν στο διαδίκτυο με την βοήθεια της μηχανής αναζήτησης Google. Αφού έγινε μια καταγραφή των δυνατοτήτων που μας προσφέρονται για τον τρόπο λύσης του προβλήματός μας στα πλαίσια τα οποία έχουμε καθορίσει άρχισαν σιγά σιγά να σχεδιάζονται οι βασικές λειτουργίες του συστήματος, τα επιμέρους τμήματά του και οι αλληλεπιδράσεις των επιμέρους τμημάτων του. Στην συνέχεια αποφασίσαμε με ποιες τεχνολογίες θα υλοποιηθούν τα επιμέρους συστήματα (server – application – βάση δεδομένων). Καθορίστηκαν πρόχειρα οι λειτουργίες κάθε υποσυστήματος, ποιες θα είναι οι εισροές του και ποιες οι εκροές του, έγινε ένα πρόχειρο διάγραμμα για την ροή εργασιών και αποφασίστηκαν ποιες θα είναι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους ή με τον χρήστη.

Ακολούθως άρχισε ο ακριβής σχεδιασμός κάθε επιμέρους συστήματος. Αρχικά καθορίστηκε το σχήμα της βάσης, πόσους πίνακες θα έχει, ποιους θα αφορούν, ποια δεδομένα θα φιλοξενεί κάθε πίνακας, σε τι μορφή, ποιες οι σχέσεις μεταξύ των πινάκων και για το πότε και αν θα ανανεώνονται οι τιμές. Το επόμενο βήμα ήταν να αρχίζουν να καθορίζονται σιγά σιγά οι λειτουργίες του server τι θα εξυπηρετούν ποιες θα είναι οι εισροές, οι εκροές και ποιοι υπολογισμοί θα γίνονται από κάθε υπηρεσία, ποια θα είναι τα web services, τι τεχνολογίες θα χρησιμοποιηθούν και πως θα υλοποιηθούν. Επίσης σχεδιάστηκαν σε χαρτί οι οθόνες της εφαρμογής, ποιες θα είναι οι λειτουργίες της, ποια web service θα καταναλώνει, ποια αλληλεπίδραση θα έχει ο χρήστης μαζί της και ποιες θα διεργασίες θα τρέχουν στο παρασκήνιο.

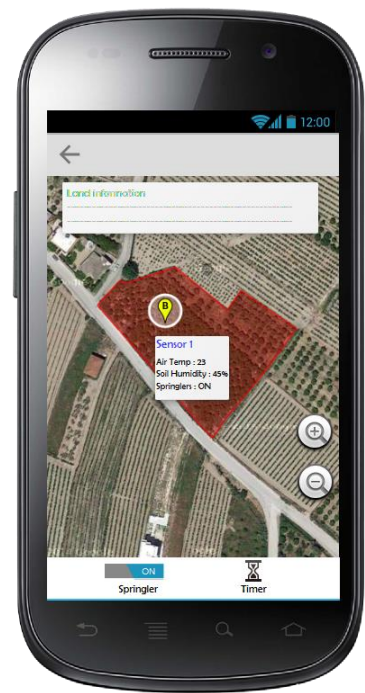
Για την εφαρμογή Android έγινε μια προσπάθεια σχεδιασμού των πραγματικών οθονών όπως θα φαίνονται στην κινητή συσκευή και το πώς περίπου θα μοιάζουν αυτές στην τελική μορφή τους. Σε αυτό το σημείο αποφασίστηκε ότι θα υπάρχουν 8 οθόνες και η μορφή τους θα είναι περίπου η εξής :



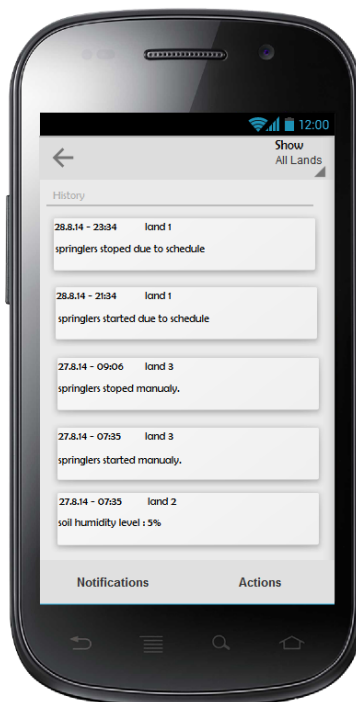
**Εικόνα 4.3 - Οθόνη Login**



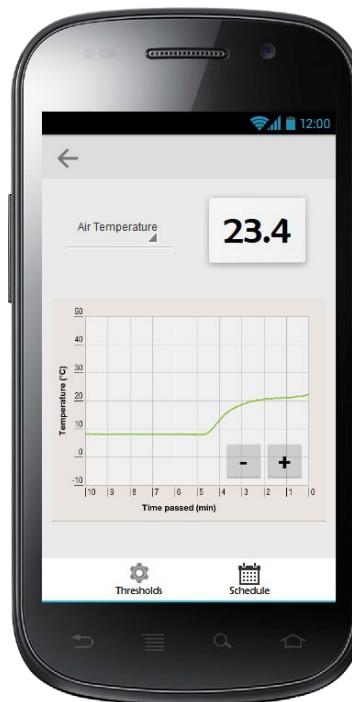
**Εικόνα 4.4 - Τα αγροτεμάχια με τα οποία αλληλεπιδρά η εφαρμογή**



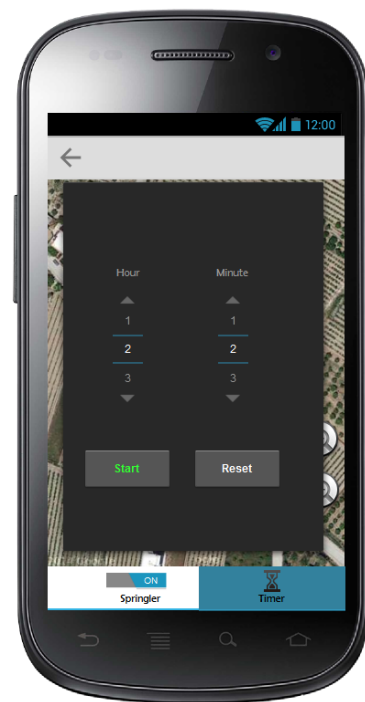
**Εικόνα 4.5 - Απεικόνιση αγροτεμαχίου στον χάρτη**



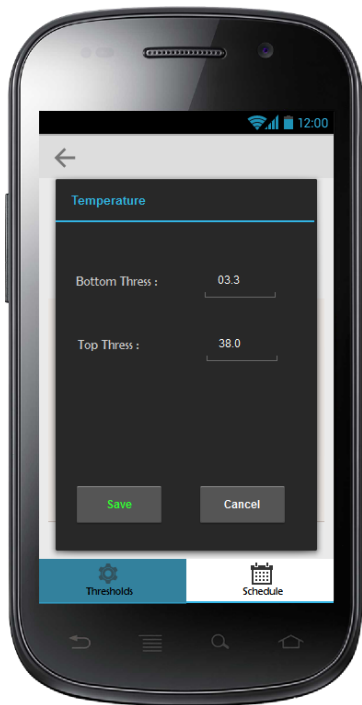
**Εικόνα 4.6 - Ιστορικό ειδοποιήσεων**



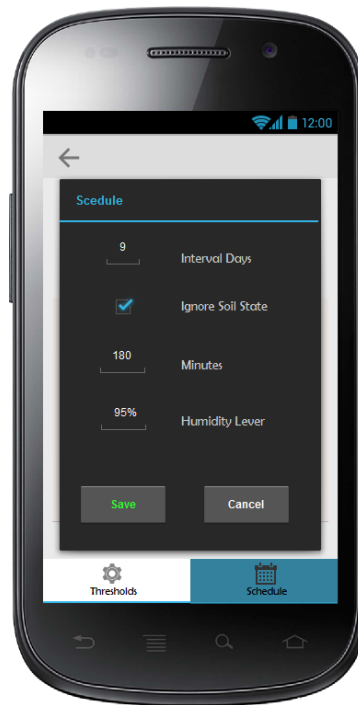
**Εικόνα 4.7 - Ιστορικό κλιματικών δεδομένων**



**Εικόνα 4.8 - Προγραμματισμός αυτόματου ποτίσματος**



**Εικόνα 4.9 - Όρια ειδοποιήσεων**



**Εικόνα 4.10 - Όρια εκκίνησης  
αυτόματου ποτίσματος**

Αφού ολοκληρώθηκαν οι αρχικοί σχεδιασμοί και καθορίστηκε η αρχιτεκτονική του συστήματος ξεκίνησε η υλοποίηση του. Αρχικά υλοποιήθηκε η Βάση Δεδομένων η οποία κατασκευάστηκε μέσω του γραφικού περιβάλλοντος σε browser που προσφέρει το XAMPP. Δημιουργήθηκε η Βάση Δεδομένων, οι πίνακες, καθορίστηκαν τα δεδομένα που περιέχει ο κάθε πίνακας, ποια θα είναι τα ονόματά τους, ποιος ο τύπος τους και ποιες οι σχέσεις μεταξύ των πινάκων. Επίσης προστέθηκαν “χειροκίνητα” μερικά δεδομένα στα κελιά ώστε να διευκολυνθούν οι δοκιμές λειτουργικότητας των web services και της εφαρμογής. Ακολούθως ξεκίνησε η υλοποίηση του server στο netbeans. Πρώτα εγκαταστάθηκαν τα απαραίτητα εργαλεία όπως το plugin για τον MySQL server και ο Glassfish server μέσω του οποίου θα λειτουργήσουν τα web services. Δημιουργήθηκαν τα πρώτα web service και παράλληλα άρχισε να δοκιμάζεται η ορθή λειτουργία τους με την εφαρμογή Postman. Στην συνέχεια άρχισε η ανάπτυξη της εφαρμογής android. Πρώτα σχεδιάστηκαν οι οθόνες και μετά άρχισαν να προσθέτονται οι λειτουργίες και ο κώδικας Java ο οποίος είναι υπεύθυνος για την λειτουργικότητα της κάθε οθόνης. Παράλληλα υλοποιήθηκε ένα service σε Java του οποίου δουλειά ήταν να γεμίζει την βάση δεδομένων με κλιματικά δεδομένα, καθώς όπως είπαμε οι φυσικοί αισθητήρες

---

σε αυτήν την εργασία δεν περιλαμβάνονταν. Κατά την διάρκεια της υλοποίησης έγιναν πολλά εμπρός και πίσω βήματα καθώς πολλές προβλεπόμενες λειτουργίες χρειάστηκαν κάποια συμπλήρωμα σε προηγούμενο σύστημα το οποίο συνήθως ήταν η βάση δεδομένων ή κάποιο web service.

#### ***4.4 Προβλήματα που συναντήθηκαν πως ξεπεράστηκαν***

Τα περισσότερα προβλήματα που συναντήθηκαν κατά την διάρκεια ανάπτυξης του συστήματος, ήταν συνήθως προβλήματα ασυμβατότητας τεχνολογιών, κατάρρευση υπηρεσιών λόγω κάποιου σφάλματος στον κώδικα καθώς και ασυμβατότητες λειτουργιών κώδικα προς τα πίσω. Τα περισσότερα από αυτά ξεπεράστηκαν είτε με έναν απλό έλεγχο του κώδικα είτε με την εγκατάσταση νεότερων εκδόσεων που συνήθως είναι συμβατές με περισσότερες τεχνολογίες, είτε με την εγκατάσταση παλαιότερων εκδόσεων οι οποίες δεν παρουσίαζαν κανένα πρόβλημα. Αρκετά προβλήματα παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια ανάπτυξης των web services όπου εκεί παρουσιάστηκαν ανάγκες για αλλαγές στους τύπους των δεδομένων της ΒΔ. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα πολλές φορές να απαιτείται και αλλαγή στον κώδικα του συστήματος ο οποίος είχε ήδη αναπτυχθεί με βάση τα παλιά δεδομένα. Σε γενικές γραμμές τα περισσότερα προβλήματα λύθηκαν με αναζήτηση λύσεων μέσω της μηχανής αναζήτησης της google, με αναζήτηση στις διαδικτυακές κοινότητες, ή απλά με την αναζήτηση βοήθειας από γνωστούς οι οποίοι έχουν περισσότερη εμπειρία πάνω σε συγκεκριμένες τεχνολογίες.

---

# 5

## *Τεχνική Ανάλυση του Συστήματος*

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα δομικά στοιχεία του συστήματος. Θα αναλυθούν τα επιμέρους συστήματα θα εξεταστούν οι κύριες λειτουργίες τους και θα δώσουμε την ροή εργασιών σε διαγράμματα. Πιο συγκεκριμένα θα παρουσιάσουμε την αρχιτεκτονική της βάσης δεδομένων και θα δείξουμε ποια είναι η τελική μορφή της. Θα δείξουμε ποιες είναι οι διαδικτυακές υπηρεσίες τις οποίες φιλοξενεί ο server και τι κάνει η κάθε μία. Ακόμα θα γίνει παρουσίαση των υπηρεσιών που τρέχουν μόνιμα και αυτοματοποιούν διάφορες εργασίες και υπηρεσίες. Τέλος θα γίνει μια προσπάθεια παρουσίασης της ροής εργασιών σε ένα διάγραμμα.

Για να κατανοηθεί καλύτερα ποιο ρόλο παίζει κάθε επιμέρους κομμάτι του συστήματος είναι αναγκαίο να παρουσιαστεί η ροή που ακολουθούν οι πληροφορίες, τα δεδομένα μέσα στο σύστημα, που αυτά αποθηκεύονται, ποιες διεργασίες τρέχουν αδιάλειπτα στο παρασκήνιο, ποια τα πιθανά σενάρια και στο τέλος που και πως παίρνονται οι αποφάσεις. Τα κομμάτια τα οποία αναπτύχθηκαν, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αφορούν μόνο το λογισμικό κομμάτι του συστήματος το οποίο παρουσιάσαμε. Παρόλα αυτά σε πολλά σημεία μπορεί να γίνουν περιγραφές διαδικασιών οι οποίες δεν αφορούν μόνο το λογισμικό για λόγους πιο ολοκληρωμένης παρουσίασης και καλύτερης κατανόησης από τον αναγνώστη.

---

## **5.1 Γενική Λειτουργία του Συστήματος – Ροή Πληροφοριών**

Σε γενικές γραμμές τα κύρια μέρη του συστήματος όπως αναφέραμε και σε προηγούμενα κεφάλαια είναι τα εξής: οι μετεωρολογικοί σταθμοί συλλογής κλιματικών δεδομένων, οι αυτόματες βάνες ποτίσματος, ο εξυπηρετητής, η βάση δεδομένων και η εφαρμογή κινητής συσκευής με την οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης. Τα πρώτα δύο κομμάτια, δηλαδή η υλοποίηση του μετεωρολογικού σταθμού και των αυτόματων μηχανισμών δεν αποτελεί μέρος της εργασίας αυτής αν και αποτελούν το βασικό μέρος του συστήματος πάνω στο οποίο θα χτιστεί το σύστημα των έξυπνων καλλιέργειών.

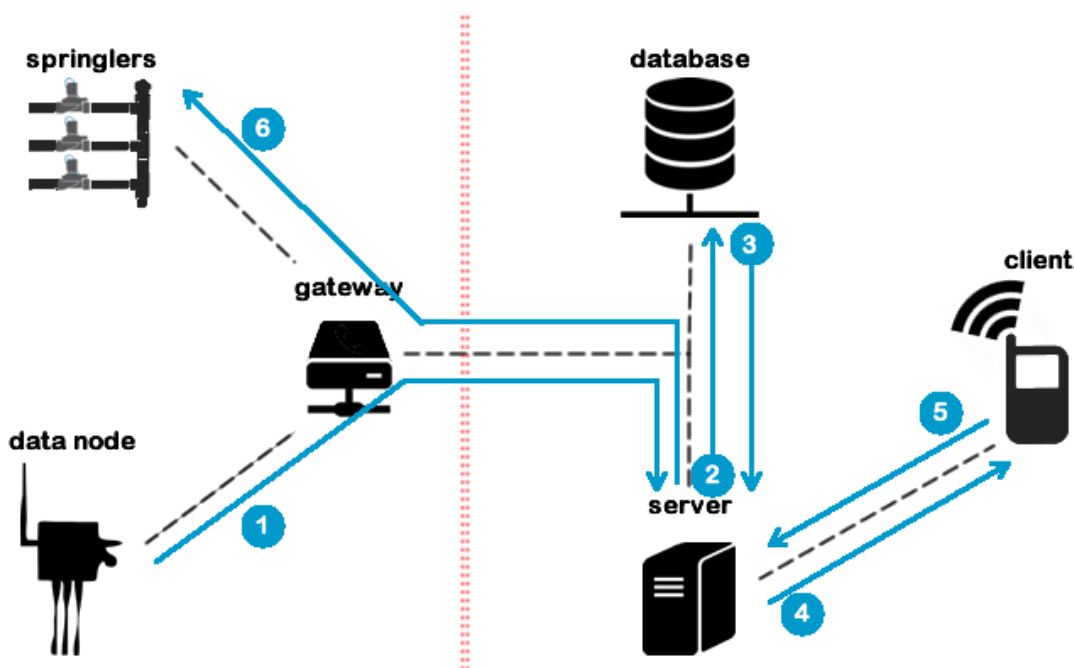
Η ροή της πληροφορίας ξεκινάει με την συλλογή των κλιματικών δεδομένων στους μετεωρολογικούς σταθμούς. Τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται αφορούν το μικροκλίμα της περιοχής στην οποία είναι τοποθετημένοι οι αισθητήρες. Οι τύποι των δεδομένων τα οποία συλλέγονται μπορούν να ποικίλουν ανάλογα με την διαθεσιμότητα των αισθητήρων. Η μετρήσεις από τους αισθητήρες παίρνονται κάθε πέντε λεπτά ή κάθε όποτε ορίσουμε εμείς στο σύστημα, ανάλογα με την ακρίβεια που θα θέλαμε να έχουμε στις παρατηρήσεις μας. Μετά την συλλογή τους τα πρωτογενή δεδομένα στέλνονται στον εξυπηρετητή ο οποίος αναλαμβάνει την επεξεργασία τους η οποία στην συνέχεια έχει ως σκοπό την αποθήκευσή τους στην βάση δεδομένων. Στην βάση δεδομένων εκτός από τις μετρήσεις των κλιματικών δεδομένων αποθηκεύονται ιστορικά μετεωρολογικά δεδομένα, δεδομένα για τις καλλιέργειες, πληροφορίες για τους αυτόματους μηχανισμούς και την κατάστασή τους (ενεργοί – ανενεργοί), πληροφορίες για τους αισθητήρες, χρόνοι για την έναρξη και την λήξη του αυτόματου ποτίσματος, κείμενα που αφορούν το ιστορικό των ενεργειών που πάθησαν αυτόματα από το σύστημα καθώς και πληροφορίες για τον χρήστη.

Στον εξυπηρετητή πρώτα από όλα βρίσκονται οι διαδικτυακές υπηρεσίες (Web Services) οι οποίες μόλις κληθούν αναλαμβάνουν την εκτέλεση συγκεκριμένων διεργασιών ή την επιστροφή κάποιων δεδομένων. Η εξυπηρέτηση των κλήσεων γίνεται πάνω στο πρωτόκολλο HTTP και αυτό το αναλαμβάνει ο Glassfish server. Τα web services μπορούν να κληθούν είτε από τον χρήστη ο οποίος ζητά να του εμφανιστεί κάποια πληροφορία, είτε από κάποια διεργασία η οποία τρέχει στον ίδιο τον εξυπηρετητή και κάνει κάποιον αυτόματο υπολογισμό. Ο εξυπηρετητής επίσης



αναλαμβάνει την αποστολή αυτόματων ειδοποιήσεων στην εφαρμογή ακόμα και όταν αυτή τρέχει στο παρασκήνιο.

Στην εφαρμογή με την οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης εμφανίζονται πληροφορίες οι οποίες αφορούν την καλλιέργεια. Οι πληροφορίες αντλούνται μέσω των web services, τα οποία με την σειρά τους μόλις καλούνται επικοινωνούν με την βάση δεδομένων για την άντληση των πληροφοριών και όχι άμεσα με κάποια φυσική συσκευή. Αυτό γίνεται κυρίως για λόγους ασφάλειας αλλά και για λόγους συνοχής και καλής λειτουργίας του συστήματος. Όλες οι συναλλαγές της εφαρμογής με τον εξυπηρετητή γίνονται όλες μέσω διαδικτυακών εφαρμογών είτε αυτές αφορούν την λήψη είτε την αποστολή δεδομένων. Αν γίνει κάποια επεξεργασία ή δημιουργία νέων δεδομένων τότε αυτά στέλνονται μέσω web services και αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων. Επίσης μέσω των web services γίνεται και η αλλαγή κατάσταση των αυτόματων μηχανισμών άρδευσης.



Εικόνα 5.1- Ροή Πληροφορίας μέσα στο Σύστημα

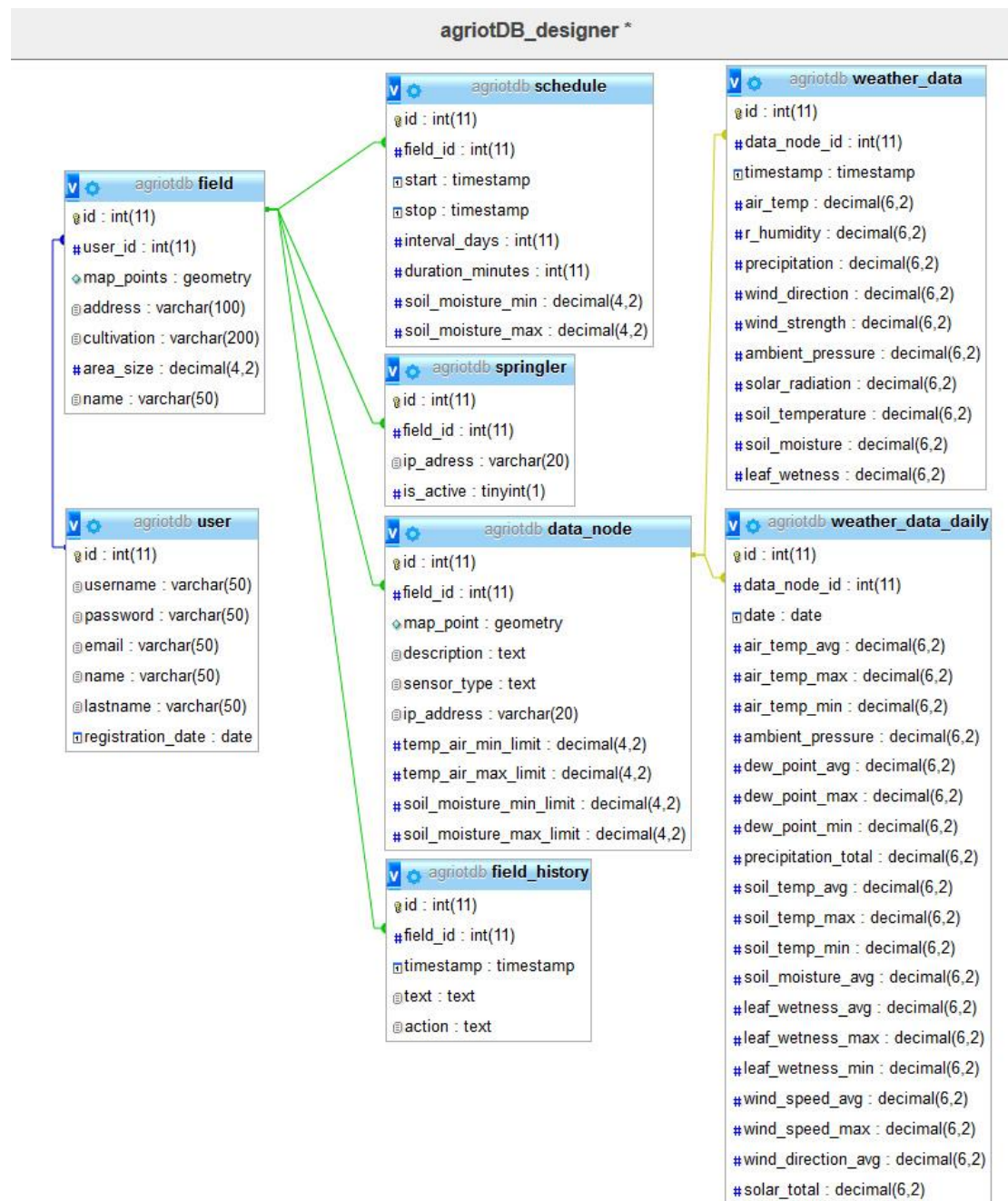
Η προηγούμενη εικόνα δείχνει πως περίπου κυκλοφορεί η πληροφορία μέσα στο σύστημα. Οι κατευθύνσεις 2 και 3 μπορεί να επαναληφθούν πάρα πολλές φορές και όχι κατά ανάγκη με αυτήν την σειρά. Αυτό εξαρτάται από το ποιες πληροφορίες χρειάζεται να αντλήσει ο εξυπηρετητής ή για το ποιες ενέργειες πρέπει να εκκινήσουν.

## 5.2 Τεχνική Ανάλυση της Βάσης Δεδομένων

Η Βάση Δεδομένων είναι εκεί όπου αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα τα οποία είναι αναγκαία για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος. Η βάση είναι σχεσιακής μορφής και αποτελείται από οχτώ πίνακες οι οποίοι έχουν θα λέγαμε απλές συσχετίσεις μεταξύ τους. Το σύστημα διαχείρισης της βάσης είναι MySQL και η διαχείρισή της γίνεται μέσω ενός περιηγητή ιστού (browser). Την αποθήκευση των δεδομένων σε αυτήν την αναλαμβάνουν σε όλες τις περιπτώσεις διαδικτυακές υπηρεσίες. Επίσης οι διαδικτυακές υπηρεσίες αναλαμβάνουν και όλες τις άλλες CRUD (Create – Read – Update – Delete) διεργασίες. Συνοπτικά οι πίνακες από τους οποίους αποτελείται η βάση δεδομένων είναι οι εξής :

Όνομα Πίνακα	Αριθμός Στηλών	Πληροφορίες
user	7	Δεδομένα σχετικά με πληροφορίες που αφορούν τον χρήστη της εφαρμογής
field	7	Δεδομένα σχετικά με τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις μέσα στις οποίες βρίσκονται αυτόματοι μηχανισμοί
data_node	10	Πληροφορίες για τον μετεωρολογικό σταθμό ο οποίος συλλέγει τα δεδομένα
springler	4	Δεδομένα που αφορούν τους αυτόματους μηχανισμούς άρδευσης
field_history	5	Ιστορικό των αυτόματων ειδοποιήσεων
weather_data	13	Μετρήσεις των κλιματικών δεδομένων οι οποίες γίνονται κατά την διάρκεια της ημέρας
weather_data_daily	22	Ιστορικά κλιματικά δεδομένα τα οποία αφορούν το μέγιστο, ελάχιστο και μέσο όρο
schedule	8	Δεδομένα που αφορούν τον χειροκίνητο προγραμματισμό αυτόματης άρδευσης.

Όλες οι πληροφορίες που αφορούν το σχήμα της βάσης, τους πίνακες, τα κελιά και τις μεταξύ τους συσχετίσεις μπορούν να φανούν εύκολα στο επόμενο domain model.



**Εικόνα 5.2 - Εννοιολογικό Σχήμα της Βάσης Δεδομένων**

Οι πίνακες οι οποίοι αφορούν τον χρήστη, τις πληροφορίες για τις καλλιέργειες, τον μετεωρολογικό σταθμό και τους αυτόματους μηχανισμούς άρδευσης δεν ανανεώνονται τόσο συχνά σε σχέση με τους υπόλοιπους πίνακες. Ο πίνακας ο οποίος αναμένεται να έχει τις περισσότερες εγγραφές είναι αυτοί οι οποίοι αφορούν τις μετρήσεις των μετεωρολογικών δεδομένων. Συγκεκριμένα ο πίνακας weather\_data κρατάει τις μετρήσεις των δεδομένων οι οποίες έρχονται απευθείας από τον μετεωρολογικό σταθμό. Σε κάθε μέτρηση συνήθως μεσολαβεί μικρό χρονικό

---

διάστημα (5 λεπτά της ώρας) ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια κατά την λήψη αποφάσεων από το σύστημα. Στο τέλος κάθε ημέρας οι μετρήσεις οι οποίες έχουν γίνει κατά την διάρκειά της επεξεργάζονται από έναν αλγόριθμο του συστήματος με σκοπό να βγει μια σύνοψη η οποία θα κρατηθεί ως ιστορικό. Όπως είναι λογικό να καταλάβουμε η διατήρηση τόσο πολλών μετρήσεων εκτός από αχρείαστη σε βάθος χρόνου, είναι και σπάταλη όσον αφορά το χώρο αποθήκευσης. Έτσι στον πίνακα `weather_data_daily` κρατούνται οι μετρήσεις κάθε ημέρας που πέρασε, οι οποίες αφορούν τους μέσους όρους, καθώς επίσης τα μέγιστα και τα ελάχιστα των τιμών των κλιματικών δεδομένων.

### ***5.3 Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης***

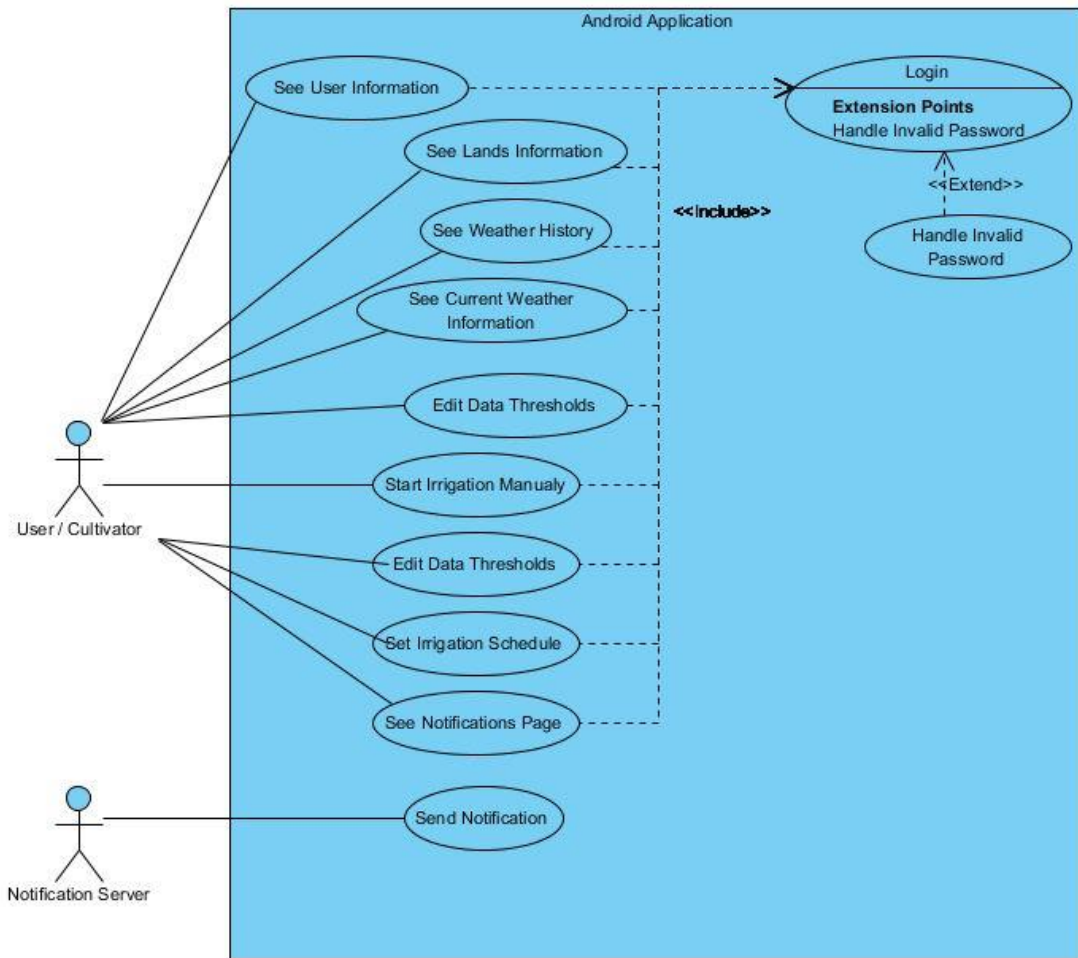
Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση των λειτουργιών του server και της εφαρμογής θα παρουσιάσουμε ένα διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης σχεδιασμένο σε UML. Το διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης περιγράφει τις λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος καθώς δείχνει τις λειτουργικές σχέσεις μεταξύ εξωτερικών δραστών και συστήματος. Μια περίπτωση χρήσης μπορεί να είναι ένα σύνολο σεναρίων με τον ίδιο στόχο, ένα σύνολο σεναρίων που αποσκοπούν στην εκπλήρωση ενός στόχου ενός χρήστη. Οι χρήστες δεν είναι απαραίτητα άνθρωποι και στην περίπτωσή μας ως χρήστης νοείται ο καλλιεργητής – χρήστης της εφαρμογής, ο μετεωρολογικός σταθμός, οι αυτόματοι μηχανισμοί ποτίσματος καθώς και το κέντρο λήψης αποφάσεων του server το οποίο αποτελείται από τις υπηρεσίες οι οποίες τρέχουν συνεχώς. Με πιο απλά λόγια ο στόχος του διαγράμματος περιπτώσεων χρήσης είναι να δείξει το τι θα πρέπει να κάνει το σύστημα.

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε ξεχωριστά διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης για κάθε υποσύστημα του συστήματος. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως το σύστημα αποτελείται από επιμέρους υποσυστήματα τα οποία θα μπορούσαν να διακριθούν στα εξής: Πρώτο είναι η εφαρμογή android η οποία αλληλεπιδρά με τον χρήστη και επικοινωνεί στην συνέχεια με τον εξυπηρετητή. Ο εξυπηρετητής είναι άλλο ένα υποσύστημα του οποίου κύριος σκοπός είναι η διαχείριση των δεδομένων που λαμβάνει είτε από τον χρήστη της εφαρμογής είτε από τον μετεωρολογικό σταθμό, καθώς επίσης σκοπός του είναι και η λήψη αποφάσεων και σε μερικές περιπτώσεις η αλληλεπίδραση με άλλο σύστημα..

---

### 5.3.1 Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης – *Android Application*

Σε αυτό το διάγραμμα θα εξετάσουμε την αλληλεπίδραση του χρήστη της εφαρμογής με την ίδια την εφαρμογή. Οι δράστες σε αυτήν την περίπτωση είναι ο χρήστης της εφαρμογής (καλλιεργητής) και ένα μέρος του εξυπηρετητή το οποίο στέλνει τις αυτόματες ειδοποιήσεις στην εφαρμογή. Ο καλλιεργητής μπορεί να δει πληροφορίες για όλες τις καλλιέργειες τις οποίες έχει καταχωρήσει στην βάση δεδομένων της εφαρμογής και να αλληλεπιδράσει με το σύστημα αυτόματης άρδευσης το οποίο είναι εγκατεστημένο μέσα σε αυτές, είτε εκκινώντας το χειροκίνητα είτε προγραμματίζοντας την εκτέλεσή του αυτόματα από το σύστημα διαχείρισης. Η μοναδική υποχρέωση για να αλληλεπιδράσει ο χρήστης με το σύστημα είναι να έχει κάνει επιτυχή σύνδεση σε αυτό με τα στοιχεία τα οποία είναι αποθηκευμένα στην βάση δεδομένων. Από εκείνο το σημείο μπορεί να δει πληροφορίες οι οποίες αφορούν την καλλιέργειά του, να ενημερωθεί για τα κλιματικά δεδομένα τα οποία επικρατούν σε κάθε μία από αυτές εκείνη την στιγμή, να εξετάσει ιστορικά κλιματικά δεδομένα, να δει το ιστορικό των ειδοποιήσεων που έχει λάβει η εφαρμογή, να εκκινήσει χειροκίνητα το σύστημα αυτόματης άρδευσης, να δημιουργήσει ένα πρόγραμμα για το πότε να εκκινεί η αυτόματη άρδευση μόνη της σε σταθερή βάση, να ορίσει τα όρια κάποιων συγκεκριμένων κλιματικών δεδομένων τα οποία αν ξεπεραστούν να γίνονται και οι ανάλογες αυτόματες ενέργειες. Επίσης με το σύστημα της εφαρμογής αλληλεπιδρά και ένα μέρος του εξυπηρετητή το οποίο αναλαμβάνει την αποστολή αυτόματων ειδοποιήσεων στην συσκευή.

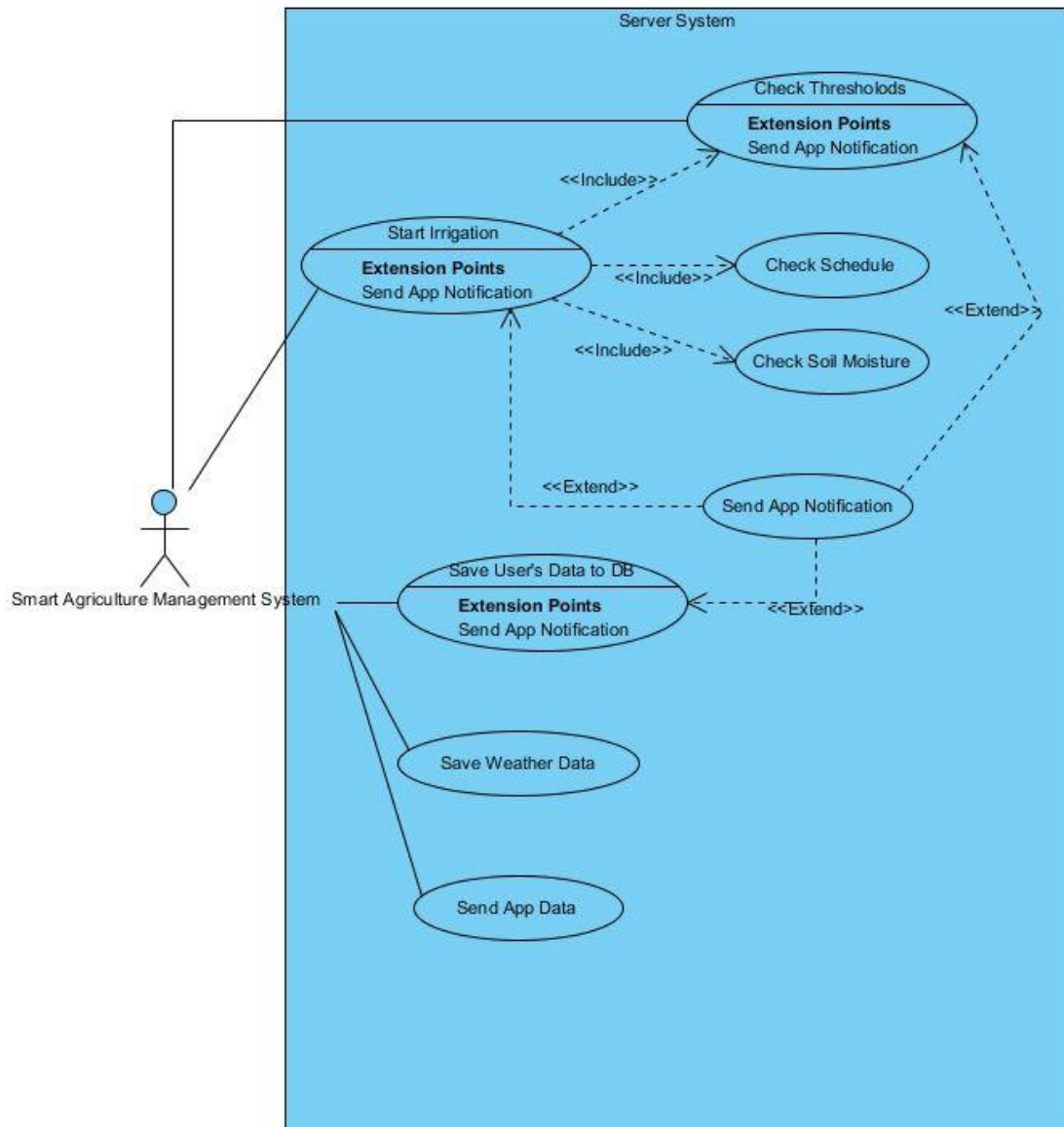


Εικόνα 5.3 - Διάγραμμα Χρήσης - Android Application

### 5.3.2 Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης – Εξυπηρετητής / Λήψη Αποφάσεων

Το σύστημα του εξυπηρετητή το οποίο είναι υπεύθυνο για την λήψη αποφάσεων, αν και πρόκειται για ένα πολύπλοκο σύστημα στην υλοποίηση του το οποίο συνδυάζει πολλές τεχνολογίες και ίσως να μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελείται και από διαφορετικά υποσυστήματα, πρόκειται για ένα αρκετά απλό σύστημα στην απεικόνιση του πάνω στο διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης. Σε γενικές γραμμές στις ενέργειες αυτού του συστήματος περιλαμβάνονται η αποθήκευση δεδομένων στην βάση, η εξυπηρέτηση του πελάτη (client) με αποστολή δεδομένων προς αυτόν όποτε του ζητηθεί, η αποθήκευση δεδομένων στην βάση για λογαριασμό του πελάτη ή επεξεργασία αυτών και τέλος η λήψη αποφάσεων για το υπό ποιες προϋποθέσεις πρέπει να εκκινήσει το σύστημα άρδευσης αυτόματα, ή αν του

ζητήθηκε να εκκινήσει χειροκίνητα να εξετάσει και πάλι αν αυτό είναι αναγκαίο εκείνη την στιγμή και να ενημερώσει αναλόγως τον χρήστη πριν προβεί σε αυτή την ενέργεια.



Εικόνα 5.4 - Διάγραμμα Χρήσης - Εξυπηρετητής / Σύστημα Αποφάσεων

---

## 5.4 Οι Λειτουργίες του Εξυπηρετητή

Ο Εξυπηρετητής θα λέγαμε ότι αποτελεί την καρδιά του έξυπνου συστήματος καθώς είναι το υποσύστημα εκείνο που διαχειρίζεται τα δεδομένα τα οποία λαμβάνονται από τους μετεωρολογικούς σταθμούς και στην συνέχεια αλληλεπιδρά με την βάση δεδομένων, την εφαρμογή στην οποία συνδέεται ο χρήστης και τέλος με το σύστημα αυτόματης άρδευσης. Από εδώ περνάνε όλα τα δεδομένα, μετατρέπονται σε πληροφορίες, γίνονται οι λήψεις αποφάσεων βασισμένες στους αλγόριθμους που τρέχουν και ενημερώνεται η εφαρμογή του χρήστη.

Πιο απλά θα λέγαμε ότι ο εξυπηρετητής έχει δύο σκοπούς λειτουργίας. Ο ένας είναι να εξυπηρετεί την android εφαρμογή, μέσω των web services, η οποία είναι το εργαλείο με το οποίο αλληλεπιδρά ο χρήστης με το σύστημα για να ενημερωθεί για την κατάσταση των καλλιεργειών του και να οργανώσει το αυτόματο σύστημα άρδευσης. Ο άλλος σκοπός είναι να τρέχει όλους εκείνους τους ελέγχους οι οποίοι εξετάζουν την φυσιολογική κατάσταση της καλλιέργειας, σύμφωνα με τα όρια που έχουν τεθεί. Οι έλεγχοι βασίζονται πάνω σε αλγόριθμους οι οποίοι εξετάζουν την σωστή κατάσταση της καλλιέργειας και συγκρίνοντας τα δεδομένα τα οποία έχουν στην διάθεσή τους παίρνουν αυτόματα αποφάσεις είτε για την εκκίνηση της αυτόματης άρδευσης, είτε για την αλλαγή κάποιων δεδομένων στην βάση, είτε για την ενημέρωση του χρήστη μέσω μηνύματος που θα σταλεί στην εφαρμογή.

Οι διαδικτυακές υπηρεσίες (web services) μπορούν να κληθούν και από την android εφαρμογή αλλά και από τις υπηρεσίες που τρέχουν στον εξυπηρετητή. Για οποιαδήποτε αλληλεπίδραση (CRUD) με την βάση δεδομένων καλείται και το αντίστοιχο web service το οποίο αναλαμβάνει να φέρει εις πέρας την εργασία. Τα web services είναι γραμμένα σε γλώσσα Java και για την υλοποίησή τους χρησιμοποιήθηκε το JSR-311 Java API (JAX-RS) και το πακέτο Jersey. Η αρχιτεκτονική των web services είναι Restful. Την διαχείριση της επικοινωνίας τους την αναλαμβάνει ο Glassfish server ο οποίος απαντάει στα HTTP requests που δέχεται, στέλνοντας πίσω ένα αρχείο JSON (Javascript Object Notation).

Εκτός από τα web services τρέχουν και οι συνεχείς έλεγχοι οι οποίοι βασίζονται πάνω σε αλγόριθμους οι οποίοι φροντίζουν το σύστημα να συμμορφώνεται με την έννοια των έξυπνων καλλιεργειών. Οι αποφάσεις που παίρνουν είναι προσαρμοσμένες στις κλιματικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν εκείνη την στιγμή



---

στην καλλιέργεια και στα όρια τα οποία είτε έχουν τεθεί από τον χρήστη του συστήματος (καλλιεργητής) είτε είναι σταθερά ορισμένες από το ίδιο το σύστημα. Οι έλεγχοι αυτοί τρέχουν συνεχώς στον server και ελέγχουν τις αλλαγές που συμβαίνουν στα δεδομένα τα οποία φθάνουν από τους μετεωρολογικούς σταθμούς. Ανάλογα με το αποτέλεσμα των αλγορίθμων είτε επικοινωνούν με την βάση δεδομένων για να αποθηκεύσουν τις αλλαγές, είτε με τον χρήστη μέσω αποστολής αυτόματων ειδοποιήσεων στην συσκευή του, είτε με τους αυτόματους μηχανισμούς άρδευσης. Η υλοποίησή τους έγινε με την γλώσσα προγραμματισμού Java (JDK 7). Δεν χρειάστηκε να ενσωματωθούν τεχνολογίες για την διαδικτύωσή τους καθώς η βάση δεδομένων του συστήματος βρίσκεται στον ίδιο μηχάνημα το οποίο φιλοξενεί παράλληλα και τις διαδικτυακές υπηρεσίες (web services).

Στα δύο επόμενα υποκεφάλαια θα παρουσιαστούν τα web services και τα ονόματα των ελέγχων που τρέχουν συνεχώς. Θα αναφερθούν οι είσοδοι που δέχονται και οι εκροές που προκύπτουν. Για τα web services θα αναφερθούν και τα URIs από τα οποία καλούνται. Για τους ελέγχους θα αναφερθούν τα δεδομένα τα οποία επεξεργάζονται ποιες αποφάσεις είναι δυνατόν να παρθούν ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν και με ποιες διαδικτυακές υπηρεσίες συνεργάζονται για να ολοκληρώσουν τα αποτελέσματα.

#### **5.4.1 Οι Διαδικτυακές Υπηρεσίες (Web Services)**

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως οι διαδικτυακές υπηρεσίες χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση τόσο της android εφαρμογής όσο και των ελέγχων που τρέχουν συνεχώς στον εξυπηρετητή. Συνήθως οι εργασίες που εκτελούν περιλαμβάνουν μια CRUD διαδικασία με την βάση δεδομένων. Σχεδόν κάθε πίνακας και κάθε στήλη της βάσης δεδομένων έχει την δικιά του διαδικτυακή υπηρεσία αν και μπορεί να μην χρησιμοποιείται από τα συστήματα τα οποία προαναφέραμε. Η επικοινωνία μαζί τους γίνεται μέσω HTTP και για την κλήση τους αρκεί να καλεστεί ένα URI (Uniform Resource Identifier) με τις κατάλληλες παραμέτρους εάν αυτές χρειάζονται. Τις κλήσεις τις διαχειρίζεται ο Glassfish server ο οποίος αφού τρέξει την διαδικτυακή εφαρμογή θα επιστρέψει το αποτέλεσμα στον πελάτη πάνω σε πρωτόκολλο HTTP. Παρακάτω ακολουθεί μια παρουσίαση η οποία περιέχει το URI του web service, αναφέρει αν απαιτεί κάποιες παραμέτρους για την εκτέλεσή του και

---

ποιες, καθώς και το αποτέλεσμα που επιστρέφει ή ποια λειτουργία εκτελεί. Για εξοικονόμηση χώρου αναφέρουμε ότι το πρόθεμα του URI για κάθε web service είναι

`http://localhost:8080/AgriotWebApp/api`

για τον λόγο αυτόν θα αποφύγουμε να τον αναφέρουμε σε κάθε περίπτωση που παρουσιάζουμε για οικονομία χώρου. Αν και έχουν δημιουργηθεί web services για όλες τις λειτουργίες που αφορούν τα δεδομένα της βάσης θα αναφερθούν μόνο τα πιο κύρια τα οποία χρησιμοποιούνται από το σύστημα.

### **CurrentDataRest.java**

<code>/currentData/{data_name}</code>	@GET	Επιστρέφει την πιο πρόσφατη τιμή για την κλιματική μέτρηση η οποία ζητήθηκε
---------------------------------------	------	---

### **DataNodeFacadeREST.java**

<code>/datanode</code>	@GET	Επιστρέφει όλους τα στοιχεία όλων των μετεωρολογικών σταθμών που βρίσκονται στην βάση δεδομένων
<code>/datanode/{id}</code>	@GET	Επιστρέφει τον μετεωρολογικό σταθμό με το αντίστοιχο id
<code>/setThresholds/{id}/{temp_air_min}/ {temp_air_max}/{soil_mois_min}/ {soil_mois_max}</code>	@SET	Στέλνει τιμές οι οποίες θέτουν τα όρια στα οποία επιθυμεί ο χρήστης να λαμβάνει ειδοποιήσεις

### **FieldFacadeREST.java**

<code>/field</code>	@GET	Επιστρέφει όλα τα στοιχεία των αγροτεμαχίων
<code>/field/{id}</code>	@GET	Επιστέφει το αγροτεμάχιο του αντίστοιχου id

### **FieldHistoryFacadeREST.java**

<code>/fieldhistory</code>	@GET	Επιστρέφει όλο το ιστορικό το οποίο αφορά τα αγροτεμάχια. Το ιστορικό
----------------------------	------	---

---

		εμφανίζεται στην οθόνη του χρήστη.
/fieldhistory/{id}	@GET	Επιστρέφει το μήνυμα με το αντίστοιχο id
/fieldhistory/{id}	@DELETE	Διαγράφει το μήνυμα ιστορικού που αντιστοιχεί στο id που στέλνεται

### **FieldHistoryREST.java**

/fieldhistory2/notifications	@GET	Επιστρέφει ένα custom ιστορικό μηνυμάτων που αφορούν την καλλιέργεια
/fieldhistory2/notifications/{id}	@GET	Επιστρέφει ένα custom μήνυμα για την ειδοποίηση με το αντίστοιχο id. Περιλαμβάνει στοιχεία και από άλλο πίνακα ο οποίος ενσωματώθηκε στα αποτελέσματα με JOIN

### **GetFieldInfoRest.java**

/fieldInfo/{id}	@GET	Επιστρέφει ένα custom αρχείο με πληροφορίες για το αγροτεμάχιο του αντίστοιχου id
-----------------	------	---

### **GetLimitRest.java**

/getLimit/{node_id}/{limit_name}	@GET	Επιστρέφει τα όρια που έχουν τεθεί από τον χρήστη για την λειτουργία της έξυπνης καλλιέργειας. Παίρνει ως παραμέτρους το id του μετεωρολογικού σταθμού και το όνομα του ορίου
/getLimit/{node_id}/{limit_name}/ {value}	@SET	Ενημερώνει το όριο του αντίστοιχου μετεωρολογικού σταθμού με την νέα τιμή

### **HelpREST.java**

/help	@GET	Επιστρέφει ένα κείμενο το οποίο περιέχει οδηγίες βοήθειας
-------	------	---

---

### LoginREST.java

/username/{password}	@GET	Επαληθεύει αν ο χρήστης καταχώρησε σωστά στοιχεία και τον συνδέει στο σύστημα. Επιστρέφει έναν αριθμό hash ο οποίος χρησιμοποιείται μέχρι την αποσύνδεσή του
----------------------	------	--

### LogouREST.java

/hash	@GET	Αποσυνδέει τον χρήστη από το σύστημα στέλνοντας το αντίστοιχο hash κωδικό
-------	------	---

### ScheduleFacadeREST.java

/schedule	@GET	Επιστρέφει το πρόγραμμα άρδευσης το οποίο έχει οριστεί από τον χρήστη της εφαρμογής.
/schedule/{id}	@GET	Επιστρέφει το πρόγραμμα με το αντίστοιχο id
/schedule/{id}	@DELETE	Διαγράφει το πρόγραμμα με το αντίστοιχο id
/schedule /{schedule}	@PUT	Δημιουργεί ένα νέο πρόγραμμα άρδευσης

### SpringlerFacadeREST.java

/springler	@GET	Επιστρέφει όλους τους αυτόματους μηχανισμούς άρδευσης με τα στοιχεία τους
/setSpringlerState/{id}/{state}	@GET	Αλλάζει την κατάσταση του αυτόματου μηχανισμού άρδευσης. Το state είναι ένα Boolean
/getSpringlerState/{id}	@GET	Επιστρέφει την κατάσταση του αυτόματου μηχανισμού με το αντίστοιχο id

---

### UserFacadeREST.java

/user	@GET	Επιστρέφει ένα JSON αρχείο με όλους τους χρήστες του συστήματος
/user/{id}	@PUT	Ανανεώνει τα στοιχεία του χρήστη με το αντίστοιχο id
/user/{id}	@GET	Επιστρέφει ένα αρχείο JSON με τα στοιχεία του χρήστη του αντίστοιχου id
/user/{username}	@GET	Επιστρέφει ένα JSON με τα στοιχεία του χρήστη με το αντίστοιχο username
/user/{email}	@GET	Επιστρέφει ένα JSON με τα στοιχεία του χρήστη που επαληθεύει το email που δίνεται ως παράμετρος

### WeatherDataDailyFacadeREST.java

/weatherdatadaily	@GET	Επιστρέφει ένα αρχείο με όλες τις μετρήσεις οι οποίες αφορούν τις καθημερινές μετεωρολογικές μετρήσεις που έχουν κρατηθεί στο ιστορικό
/weatherdatadaily/{weather_data}	@PUT	Εισάγει μια νέα εγγραφή για τα δεδομένα της αντίστοιχης ημέρας
/weatherdatadaily/nodeId/{nodeId}	@GET	Επιστρέφει ιστορικά δεδομένα που αφορούν τον συγκεκριμένο μετεωρολογικό σταθμό.
/weatherdatadaily/dl/	@GET	Επιστρέφει δεδομένα για μια

---

{node\_id}/{data\_name}

συγκεκριμένη μετεωρολογική  
παράμετρο από τον μετεωρολογικό  
σταθμό με το αντίστοιχο id

### **WeatherDataFacadeREST.java**

/weatherdata

@GET

Επιστρέφει ένα αρχείο JSON που  
περιέχει όλες τις μετεωρολογικές  
μετρήσεις που παίρνονται απευθείας  
από τον μετεωρολογικό σταθμό

/weatherdata

@POST

Εισάγει τις μετεωρολογικές  
μετρήσεις που στέλνονται από τους  
αισθητήρες

/weatherdata/{id}

@DELETE

---

#### 5.4.2 Οι Έλεγχοι που τρέχουν στον εξυπηρετητή

Οι έλεγχοι που τρέχουν στον εξυπηρετητή διασφαλίζουν ότι το σύστημα προσαρμόζεται στις απαιτήσεις των έξυπνων καλλιεργειών. Οι έλεγχοι ενσωματώνουν αλγορίθμους οι οποίοι εξετάζουν συνεχώς αν έχουν ξεπεραστεί τα ανάλογα όρια και προβαίνουν στις κατάλληλες λήψεις αποφάσεων. Αν και οι υπηρεσίες ελέγχου τρέχουν στο ίδιο φυσικό υπολογιστικό σύστημα με την βάση δεδομένων, για λόγους αποκεντρωμένης προσέγγισης δεν έχουν απευθείας πρόσβαση σε αυτήν, αλλά επικοινωνούν μαζί της μέσω κλήσεων των διαδικτυακών υπηρεσιών (web services) τις οποίες περιγράψαμε προηγουμένως.

Οι έλεγχοι είναι υλοποιημένοι σε JAVA EE (JDK 7) και για την κλήση των διαδικτυακών υπηρεσιών ενσωματώνουν βιβλιοθήκες που βοηθούν στην επικοινωνία με τον server που τις φιλοξενεί καθώς και βιβλιοθήκες για την διαχείριση του περιεχομένου που επιστρέφεται. Κατά την λειτουργία τους καλούν σε σταθερά χρονικά διαστήματα τα αντίστοιχα web services, επεξεργάζονται τα δεδομένα που τους επιστρέφονται και στην συνέχεια με την κλήση πάλι των αντίστοιχων διαδικτυακών υπηρεσιών επικοινωνούν με την βάση δεδομένων, τους αυτόματους μηχανισμούς άρδευσης ή το σύστημα αυτόματων ειδοποιήσεων για την εφαρμογή του χρήστη. Το java αρχείο το οποίο πρέπει να τρέχει συνεχώς με τους ελέγχους βρίσκεται στον server και εκκινεί αυτόματα με την ενεργοποίηση του εξυπηρετητή. Οι εντολές που το εκκινούν είναι αποθηκευμένες σε ένα .bat αρχείο το οποίο είναι προγραμματισμένο να εκτελεστεί κατά την εκκίνηση της υπολογιστικής μηχανής στο οποίο είναι αποθηκευμένο. Οι εντολές εκτελούνται αυτόματα και δεν χρειάζεται καμιά άλλη παρέμβαση ή παραμετροποίηση από κάποιο φυσικό πρόσωπο.

Ο κύριος σκοπός των ελέγχων είναι να παρακολουθούν τις κλιματικές τιμές οι οποίες μετρούνται από τους ψηφιακούς αισθητήρες και στην συνέχεια αφού επεξεργαστούν τις εισροές να αποθηκεύσουν τις εκροές στην βάση δεδομένων. Παρακάτω ακολουθεί ένας πίνακας με τα ονόματα των υπηρεσιών που τρέχουν στον εξυπηρετητή. Περιγράφονται τα ονόματα των κλάσεων, ποιες εισροές και ποιες εκροές έχουν και σε τι εξυπηρετούν και σε ποιες ενέργειες προβαίνουν.

---

**IrrigationMoisture.java**

Ελέγχει αυτόματα την υγρασία του εδάφους και την συγκρίνει με τα όρια τα οποία του έχει θέσει ο χρήστης. Αν αυτή είναι πολύ χαμηλή ξεκινά η διαδικασία της αυτόματης άρδευσης. Αν η υγρασία είναι υψηλότερη από το όριο που έχει τεθεί, σταματάει η διαδικασία της αυτόματης άρδευσης.

**IrrigationTimer.java**

Ελέγχει συνεχώς την βάση δεδομένων αν έχει οριστεί καινούργια χρονομετρημένη άρδευση. Αν αληθεύει τότε εκκινεί την αυτόματη άρδευση. Παράλληλα δημιουργείται και ένα αντικείμενο χρονομετρητή το οποίο μόλις φθάσει στο τέλος του καλεί την διαδικτυακή υπηρεσία η οποία απενεργοποιεί την αυτόματη άρδευση.

**IrrigationSchedule.java**

Ενεργοποιεί την αυτόματη άρδευση σύμφωνα με το πρόγραμμα που έχει ορίσει ο χρήστης του συστήματος. Ελέγχει την βάση δεδομένων αν υπάρχει νέα καταχώρηση προγράμματος από τον χρήστη. Εάν αληθεύει τότε ενεργοποιεί την αυτόματη άρδευση για όση διάρκεια χρόνου του έχει ορίσει ο χρήστης. Επίσης υπάρχει το άλλο σενάριο ο χρήστης να έχει επιλέξει η αυτόματη άρδευση να σταματήσει όταν φθάσει ένα ορισμένο επίπεδο η υγρασία του εδάφους. Τότε καλείται να τρέξει η κατάλληλη μέθοδος με τους αντίστοιχους ελέγχους για την υγρασία του εδάφους.

**AirTempCheck.java**

Ελέγχει την τελευταία μέτρηση κλιματικών δεδομένων για την τιμή του αέρα. Στην συνέχεια την συγκρίνει με τα όρια που έχει θέσει ο χρήστης στο σύστημα. Αν η τιμή ξεπερνά τα όρια προς τα κάτω ή προς τα πάνω τότε το σύστημα προχωρεί στην αποστολή αυτόματης ενημέρωσης προς τον χρήστη και παράλληλα στην δημιουργία ενός κειμένου το οποίο αποθηκεύεται στο ιστορικό της καλλιέργειας. Αυτό το κείμενο εμφανίζεται μέσω της αυτόματης ενημέρωσης στον χρήστη και στο ιστορικό το οποίο είναι προσβάσιμο μέσω της εφαρμογής.



---

**AirSpeedCheck.java**

Καλεί την αντίστοιχη διαδικτυακή υπηρεσία που του επιστρέφει την τελευταία μέτρηση για την κλιματική τιμή της ταχύτητας του αέρα. Αν αυτή είναι μεγαλύτερη από το ανώτατο όριο, το οποίο είναι σταθερά ορισμένο από την εφαρμογή τότε στέλνει ένα μήνυμα ειδοποίησης προς τον χρήστη. Παράλληλα δημιουργεί μια εγγραφή στο αντίστοιχο ιστορικό του αγροτεμαχίου. Το ιστορικό αυτό είναι προσβάσιμο από την εφαρμογή στην αντίστοιχη οθόνη.

**IrrigationManually.java**

Ο έλεγχος αυτός ενεργοποιείται μόλις ο χρήστης δώσει εντολή για εκκίνηση της αυτόματης άρδευσης. Ελέγχει τα όρια της υγρασίας του εδάφους και την κατάσταση της τιμής της βροχόπτωσης. Αν κάποιο από τα δύο αυτά όρια έχει υψηλότερη τιμή από αυτήν που έπρεπε πάει να πει ότι η εκκίνηση της αυτόματης άρδευσης δεν είναι δικαιολογημένη. Τότε το σύστημα δεν εκκινεί την αυτόματη άρδευση και στέλνει μια ειδοποίηση στον χρήστη με τον λόγο για τον οποίο η εντολή του δεν πραγματοποιήθηκε. Στην συνέχεια ο έλεγχος απενεργοποιείται για δύο ώρες και αν ο χρήστης το επιθυμεί μπορεί να εκκινήσει την αυτόματη άρδευση χειροκίνητα χωρίς κάποιο πρόβλημα αυτή την φορά.

**WeatherDataSave.java**

Η υπηρεσία αυτή τρέχει κάθε όποτε της έχει οριστεί και τραβάει τις τιμές από τους αισθητήρες με σκοπό να τις αποθηκεύει στην βάση δεδομένων. Για την αποθήκευση των δεδομένων στη βάση καλείται η αντίστοιχη διαδικτυακή υπηρεσία.

**DailyDataSave.java**

Η υπηρεσία αυτή τρέχει στο τέλος κάθε ημέρας. Σκοπός της είναι να κρατήσει ένα ιστορικό για όλες τις μετρήσεις της ημέρας. Καλώντας τις κατάλληλες μεθόδους βγάζει τον μέσο όρο για την ανάλογη μετεωρολογική μέτρηση, το ελάχιστο και το μέγιστο και τα αποθηκεύει στον αντίστοιχο πίνακα.

## **DelDataWeekly.java**

Αυτός ο έλεγχος τρέχει κάθε 24 ώρες και σκοπός του είναι να σβήνει τα μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία αντιστοιχούν στην ημέρα που πέρασε πριν μία εβδομάδα. Η διαγραφή των δεδομένων γίνεται σύμφωνα με την ημερομηνία της ημέρας. Έτσι η διαγραφή των κλιματικών παρατηρήσεων είναι καθολική για την συγκεκριμένη ημερομηνία. Η ενέργεια αυτή επιβάλλεται να γίνει για λόγους οικονομίας χώρου στην βάση δεδομένων. Επίσης τόσο πυκνές μετρήσεις για πολύ παλιές ημερομηνίες δεν εξυπηρετούν σε κάτι, καθώς έχουμε ήδη κρατήσει ιστορικό δεδομένων τρέχοντας την υπηρεσία που περιγράψαμε παραπάνω.

## **5.5 Οι Λειτουργίες της Android Εφαρμογής**

Η εφαρμογή η οποία τρέχει στην συσκευή του χρήστη αποτελείται από εννέα οθόνες activities. Κάθε activity ενσωματώνει τεχνολογίες για την επικοινωνία με τις διαδικτυακές υπηρεσίες και την επιστροφή δεδομένων ή την αποστολή. Η εφαρμογή δεν περιέχει πολύπλοκους αυτοματισμούς από μόνη της καθώς όλη η δουλειά γίνεται στον εξυπηρετητή. Ο κύριος στόχος της είναι να εμφανίζει τα δεδομένα στον χρήστη ή να τον ειδοποιεί για σημαντικές εξελίξεις στην κατάσταση της καλλιέργειας. Η επικοινωνία με τον εξυπηρετητή γίνεται μέσω διαδικτυακών υπηρεσιών οι οποίες καλούνται μέσω ενός URI (Unified Resource Identifier). Το URI συνήθως επιστρέφει ένα JSON ή ένα απλό text αρχείο το οποίο στην συνέχεια αναλαμβάνει η εφαρμογή να το προσπελάσει και να το μετατρέψει σε κατανοητή πληροφορία προς τον χρήστη. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα ονόματα των activities και εξηγείται συνοπτικά ποια είναι η δουλειά του καθενός.

<b>MainActivity</b>	Αποτελεί μια οθόνη εισαγωγής στην εφαρμογή. Εμφανίζεται ένα μεγάλο γραφικό ενώ στο παρασκήνιο φορτώνονται οι παραμέτροι που χρειάζονται για την λειτουργία της καθώς γίνεται και η προσπάθεια σύνδεσης με τον εξυπηρετητή
<b>LoginActivity</b>	Είναι η οθόνη σύνδεσης με το σύστημα. Περιέχει ελέγχους για την εγκυρότητα των παραμέτρων που εισάγει ο χρήστης. Αν η σύνδεση είναι επιτυχής καλείται το επόμενο Activity

<b>FieldActivity</b>	Η κύρια οθόνη της εφαρμογής στην οποία εμφανίζονται μερικά από τα προσωπικά στοιχεία του χρήστη καθώς και τα αγροτεμάχια τα οποία είναι συνδεδεμένα με το σύστημα και μπορεί να υπάρξει αλληλεπίδραση μαζί τους.
<b>OverviewActivity</b>	Εμφανίζει πληροφορίες για το αγροτεμάχιο το οποίο επιλέχθηκε στην προηγούμενη οθόνη. Οι πληροφορίες αφορούν γενικά δεδομένα για την καλλιέργεια αλλά και μετεωρολογικά δεδομένα.
<b>HelpActivity</b>	Είναι μια απλή οθόνη η οποία περιέχει ένα κείμενο με πληροφορίες οι οποίες μπορούν να φανούν χρήσιμες για τον χρήστη και την λειτουργία της εφαρμογής.
<b>NotificationsActivity</b>	Περιέχει το ιστορικό των ενεργειών που έχουν παρθεί αυτόματα από το σύστημα ή τις ενέργειες τις οποίες έχει επιλέξει ο χρήστης μέσα από την εφαρμογή όπως για παράδειγμα την χειροκίνητη εκκίνηση του ποτίσματος
<b>HistoryActivity</b>	Προβάλλει παλαιότερες τιμές για τα μετεωρολογικά δεδομένα. Εδώ εμφανίζονται όλα τα δεδομένα τα οποία είναι διαθέσιμα από το σύστημα.
<b>SettingsActivity</b>	Μέσω αυτού του activity ο χρήστης μπορεί να θέσει τα όρια κατά τα οποία επιθυμεί να έχει ως παραμέτρους το σύστημα για τους υπολογισμούς των αυτόματων αποφάσεων.
<b>IrrigationActivity</b>	Δίνει την δυνατότητα στον χρήστη εκκίνησης της αυτόματης άρδευσης τον προγραμματισμό της

---

# 6

## *Παρουσίαση της Εφαρμογής*

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι τελικές οθόνες της εφαρμογής. Θα παρουσιαστούν με την σειρά κατά την οποία σε ένα πιθανό σενάριο αλληλεπίδρασης του χρήστη με αυτήν θα εμφανιζόντουσαν στην οθόνη του. Η εφαρμογή αποτελείται συνολικά από Η εφαρμογή αποτελείται συνολικά από εννέα οθόνες. Η αλληλεπίδραση με αυτήν γίνεται αποκλειστικά από την οθόνη αφής και για την είσοδο δεδομένων χρησιμοποιείται το εικονικό πληκτρολόγιο που προσφέρει το android.

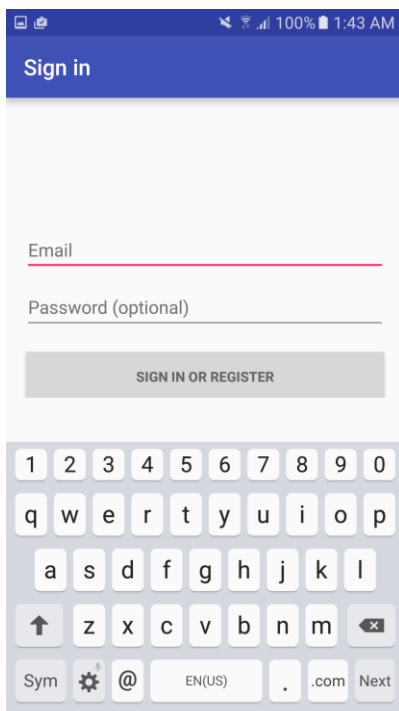
### *6.1 Απεικόνιση Λειτουργιών*

Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής εμφανίζεται ένα splash screen το οποίο απεικονίζει μια εικόνα με το λογότυπο της εφαρμογής ενώ στο παρασκήνιο προσπαθεί να γίνει η σύνδεση με τον εξυπηρετητή και να σταλούν κάποια αρχικά δεδομένα απαραίτητα για την λειτουργία της.



**Εικόνα 6.1 - Splash Screen | Εικόνα Εισαγωγής**

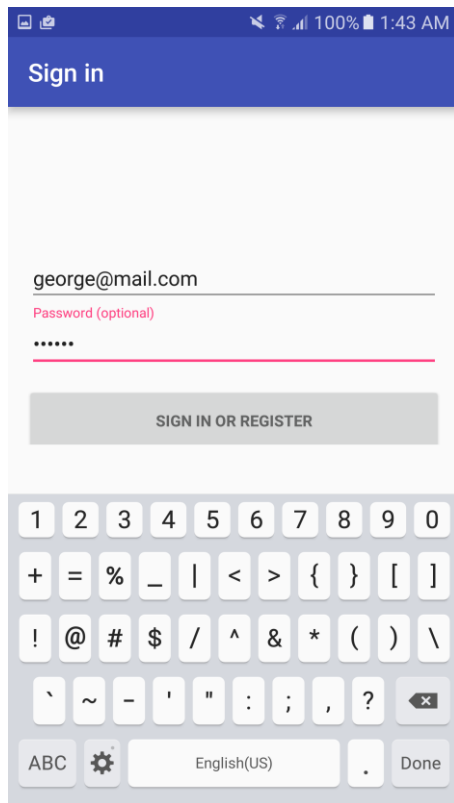
Μετά από λίγα δευτερόλεπτα εμφανίζεται η οθόνη στην οποία θα εισαχθούν τα στοιχεία για είσοδο στο σύστημα



**Εικόνα 6.2 - Login Screen**

---

Αφού εισαχθούν τα στοιχεία που ζητούνται η εφαρμογή επικοινωνεί με τον εξυπηρετητή ζητώντας την επαλήθευσή του. Αν αυτή πετύχει τότε ο χρήστης έχει συνδεθεί στην εφαρμογή και μπορεί να αλληλεπιδράσει με αυτήν. Αν αποτύχει θα του ζητηθεί να εισάγει τα στοιχεία του εκ νέου.



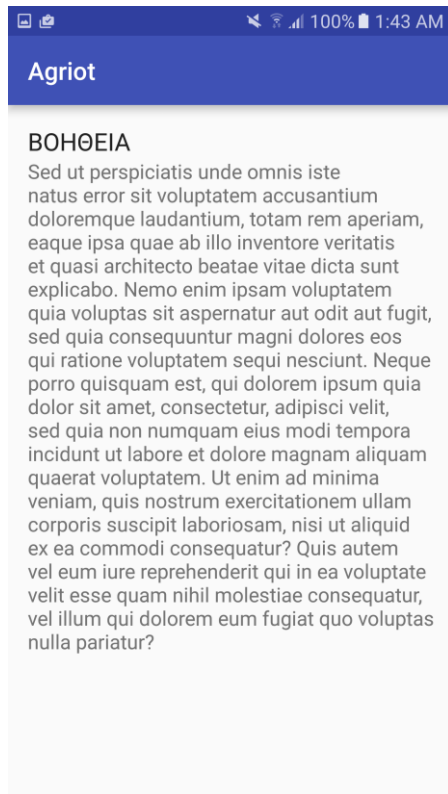
**Εικόνα 6.3 - Login Screen**

Η επόμενη οθόνη είναι η πρώτη που συναντά ο χρήστης μόλις συνδεθεί στο σύστημα. Σε αυτήν εμφανίζονται προσωπικές πληροφορίες του χρήστη και φυσικά τα αγροτεμάχια τα οποία είναι συνδεδεμένα στο σύστημα και για τα οποία ο χρήστης μπορεί να δει πληροφορίες και να αλληλεπιδράσει με τα αυτόματα συστήματα άρδευσης.



**Εικόνα 6.4 - Field Screen**

Σε αυτήν την οθόνη ο χρήστης έχει τρεις επιλογές. Η πρώτη είναι να πατήσει το κουμπί “ΒΟΗΘΕΙΑ” το οποίο θα τον οδηγήσει στην ανάλογη οθόνη. Η δεύτερη να πατήσει το κουμπί “ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΕΙΣ” το οποίο θα τον οδηγήσει στην οθόνη με τις ειδοποιήσεις. Η τρίτη επιλογή είναι να πατήσει ένα από τα κουμπιά που εμφανίζονται δίπλα από κάθε αγρόκτημα, κάθε ένα από τα οποία θα τον οδηγήσει στην οθόνη με τις αναλυτικές πληροφορίες και τα μετεωρολογικά δεδομένα.

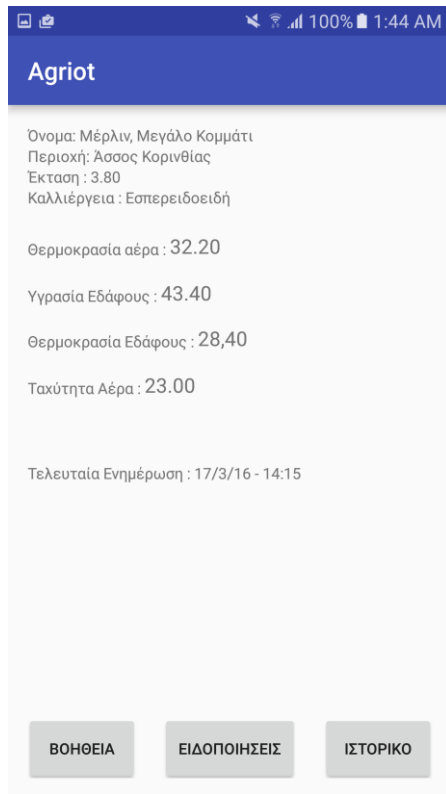


**Εικόνα 6.5 - Help Screen**



**Εικόνα 6.6 - Notifications Screen**





**Εικόνα 6.7 - Field Overview Screen**

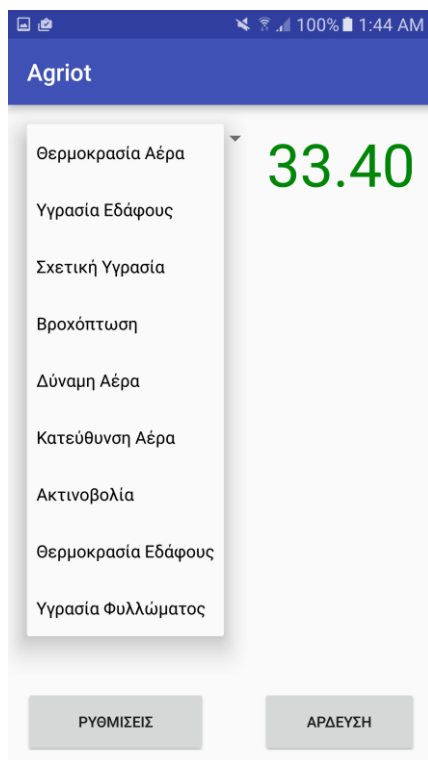
Στην οθόνη Field Overview Screen ο χρήστης βλέπει αναλυτικές πληροφορίες για το συγκεκριμένο αγρόκτημα σχετικά με το που βρίσκεται. Επίσης εμφανίζονται και μερικές βασικές μετεωρολογικές τιμές οι οποίες είναι οι πιο βασικές που χρειάζεται να γνωρίζει ο χρήστης. Στο τέλος εμφανίζεται ένα κείμενο που δείχνει πότε έγινε η τελευταία ενημέρωση των δεδομένων στην βάση.

Όπως και πριν ο χρήστης έχει τρεις επιλογές να κάνει. Οι δύο πρώτες είναι ακριβώς ίδιες με πριν. Το τρίτο κουμπί το οποίο είναι το ιστορικό θα το οδηγήσει στην οθόνη με τα ιστορικά δεδομένα των μετεωρολογικών μετρήσεων.



**Εικόνα 6.8 - Overview Screen**

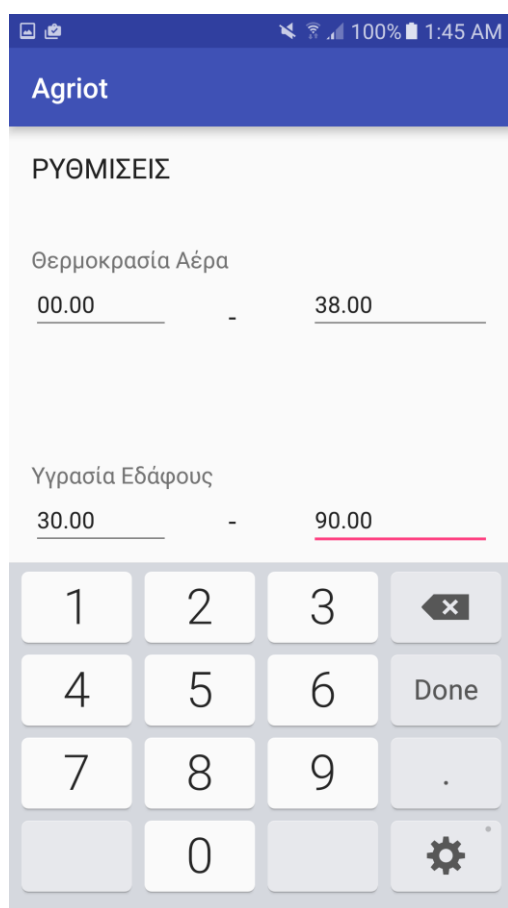
Πάνω δεξιά εμφανίζεται η τρέχουσα τιμή για το μετεωρολογικό δεδομένο που έχει επιλεγθεί από το spinner list. Από κάτω ακολουθεί το ιστορικό των μετρήσεων κατά την διάρκεια της ημέρας.



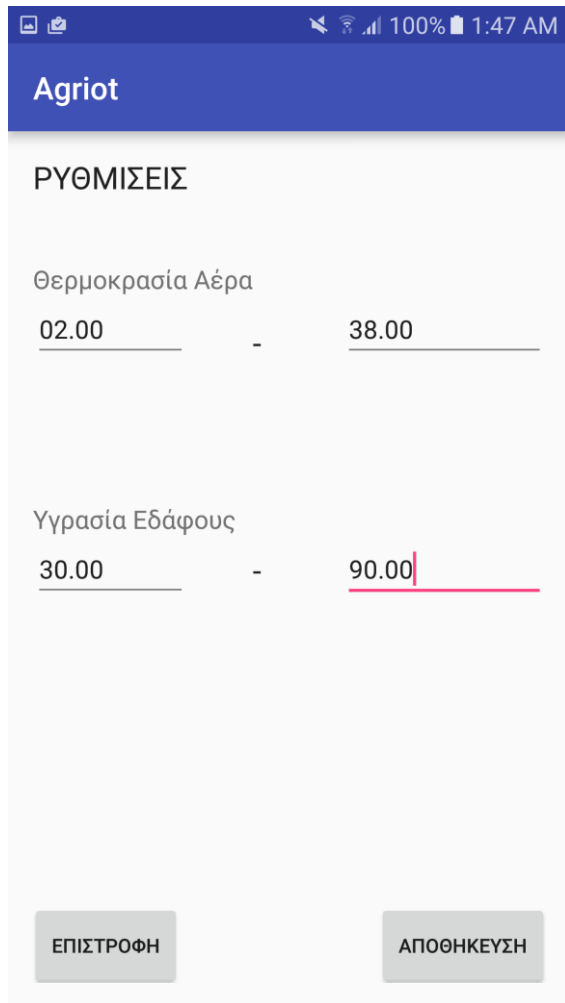
**Εικόνα 6.9 - Spinner**

Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει για ποια τιμή επιθυμεί να δει το ιστορικό από την λίστα που υπάρχει πάνω αριστερά.

Στο κάτω μέρος αυτής της οθόνης υπάρχουν δύο κουμπιά. Το ένα οδηγεί στις ρυθμίσεις και το άλλο στην οθόνη στην οποία ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με το σύστημα άρδευσης. Στις ρυθμίσεις ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τα όρια κατά τα οποία επιθυμεί το σύστημα να παίρνει τις αυτόματες αποφάσεις. Αυτά τα όρια αφορούν τις τιμές για την θερμοκρασία αέρα και τις τιμές για την υγρασία του εδάφους. Οι τιμές για την υγρασία του εδάφους είναι αυτές οι οποίες θα ληφθούν υπόψη από τους ελέγχους του συστήματος και αν ξεπεραστούν τα όριά τους θα εκκινήσει η αυτόματη άρδευση.

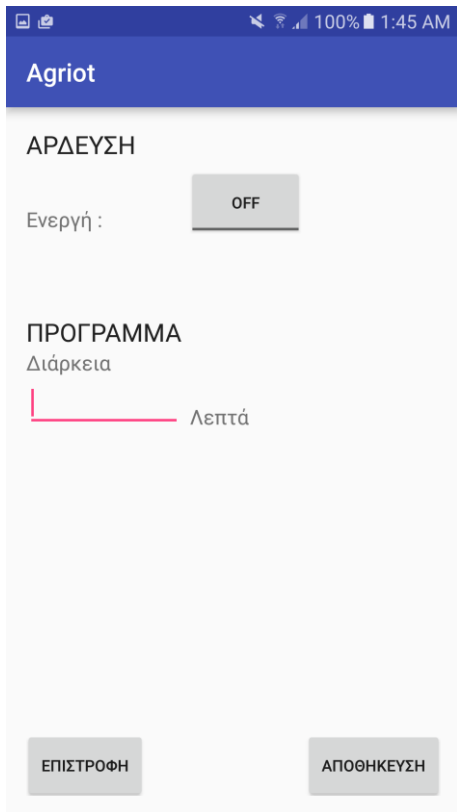


**Εικόνα 6.10 - Settings**

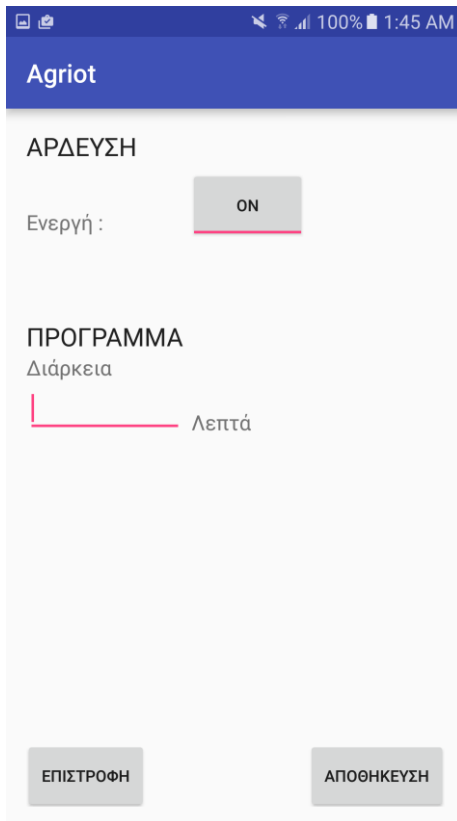


**Εικόνα 6.11 – Settings**

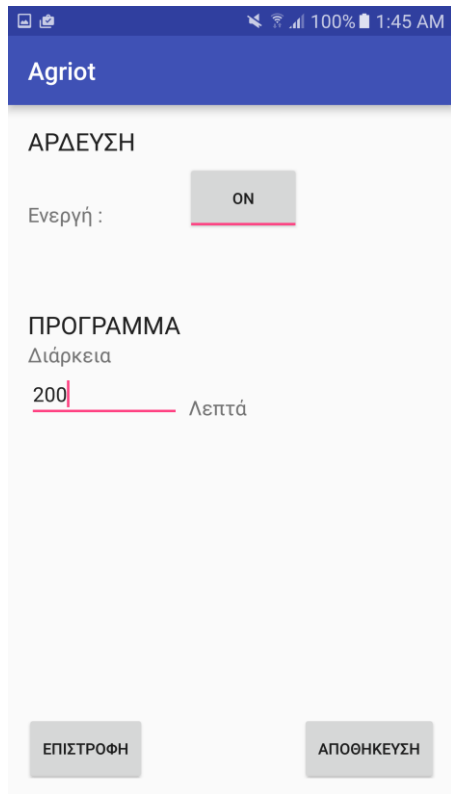
Το κουμπί “Επιστροφή” ακυρώνει όποια αλλαγή έγινε στις τιμές των ορίων ενώ το κουμπί αποθήκευση στέλνει τις αλλαγές στην βάση δεδομένων.



**Εικόνα 6.12 - Irrigation Screen**



**Εικόνα 6.13 - Irrigation Screen**



**Εικόνα 6.14 - Irrigation Screen**

Στην οθόνη άρδευσης ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την χειροκίνητη εκκίνηση της αυτόματης άρδευσης. Ακόμα μπορεί να εισάγει το χρόνο διάρκειας αυτής ώστε να σταματήσει αυτόματα. Επίσης μπορεί να επιστρέψει χωρίς να καταχωρήσει τις αλλαγές ή να πατήσει “ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ” και να στείλει τις αλλαγές στο σύστημα. Εκείνο θα αναλάβει στην συνέχεια την εκτέλεση των εντολών του.

---

# 7

## *Επίλογος*

Το σύστημα το οποίο αναπτύξαμε αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης και διαχείρισης έξυπνων καλλιεργειών το οποίο δίνει έμφαση στην εξοικονόμηση υδάτινων πόρων αυτοματοποιώντας την διαδικασία του συστήματος άρδευσης σύμφωνα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην καλλιέργεια. Η αρχιτεκτονική του στηρίζεται πάνω στα ψηφιακά συστήματα και τις ψηφιακές επικοινωνίες και τις δυνατότητες που δίνουν αυτά για απομακρυσμένη πρόσβαση σε πληροφορίες αλλά και αλληλεπίδρασης με αυτοματοποιημένους μηχανισμούς οι οποίοι υπάγονται στην ιδέα των Διαδικτύου των Αντικειμένων (Internet of Things). Οι ψηφιακοί αισθητήρες οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι κοντά στις καλλιέργειες συλλέγουν και προωθούν κλιματικά δεδομένα προς το πληροφοριακό σύστημα με σκοπό την πληροφόρηση του χρήστη μέσω της εφαρμογής για την κινητή συσκευή και την λήψη αποφάσεων είτε από μέρους του είτε από τους ελέγχους οι οποίοι τρέχουν στον εξυπηρετητή. Το σύστημα το οποίο τρέχει συνεχώς στον εξυπηρετητή έχει ως σκοπό την προσαρμογή της καλλιέργειας σε αυτό που ονομάζουμε έξυπνες καλλιέργειες, παίρνοντας αποφάσεις για την αυτόματη άρδευση οι οποίες κινούνται στα πλαίσια των ορίων που έχει θέσει ο χρήστης (καλλιεργητής). Τα όρια αυτά υποθέτουμε ότι έχουν επιλεγθεί έπειτα από μελέτη των γενικών κλιματικών και εδαφικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή και σε συνδυασμό με τις ιδανικές

---

συνθήκες που θα πρέπει να επικρατούν για την συγκεκριμένη καλλιέργεια. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να παρέμβει στις παραμέτρους του συστήματος και να τις ενημερώσει αν αυτό κρίνει απαραίτητο. Πέρα από αυτό η εφαρμογή του δίνει την δυνατότητα ενημέρωσής του πάνω σε ένα μεγάλο εύρος δεδομένων, το οποίο εξαρτάται από το ποιοι αισθητήρες είναι εγκατεστημένοι στην καλλιέργειά του. Αν το επιθυμεί φυσικά μπορεί να παρέμβει χειροκίνητα και να εκκινήσει το αυτόματο σύστημα άρδευσης ανεξάρτητα από τις επιλογές του συστήματος. Σε κάθε περίπτωση όμως οι αποφάσεις του εξετάζονται πρώτα από τους αλγόριθμους του συστήματος και ενημερώνεται αν υπάρξει κάποιο πρόβλημα.

## **7.1 Σύνοψη και συμπεράσματα**

Το σύστημα αυτό θα ήταν κατάλληλο να αξιολογηθεί με βάση το πόσο βοήθησε την καλλιέργεια να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις των έξυπνων καλλιεργειών. Αυτό μπορεί να το συμπεράνουμε αν έχουμε χειροπιαστά δείγματα σύγκρισης μεταξύ των δύο προσεγγίσεων της καλλιέργειας. Το σκέλος που αφορά την αυτόματη άρδευση θα λέγαμε ότι είναι σχετικά πιο εύκολο να μετρηθεί αν μπορούσαμε να υπολογίσουμε την διαφορά στην κατανάλωση των υδάτινων πόρων πριν και μετά. Η γεωργία καταναλώνει ένα μεγάλο μέρος των υδάτινων πόρων για άρδευση. Έχει υπολογιστεί ότι στις νότιες χώρες της Ευρώπης μπορεί να καταναλωθούν μέχρι και το 50% των υδάτινων πόρων που προέρχονται από πηγές, ποτάμια και υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Το περισσότερο από αυτό το νερό σπαταλιέται μέσω της υπεράδρευσης των γεωργικών εκτάσεων. Η δυνατότητα υπολογισμού με ακρίβεια για την ανάγκη άρδευσης των καλλιεργειών μπορεί να μειώσει δραματικά αυτό το φαινόμενο έως και 30%, σώζοντας έτσι μεγάλο κομμάτι των φυσικών πόρων αλλά και εξοικονομώντας χρήματα για τους καλλιεργητές. Σε πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση η εξοικονόμηση του νερού μπορεί να μειώσει και την μόλυνση των υδάτων καθώς και να βοηθήσει και στην εξάλειψη του φαινομένου της διάβρωσης των εδαφών.

Μεγάλη ήταν και η συνεισφορά του συστήματος στην δυνατότητα πληροφόρησης του καλλιεργητή με ακρίβεια και αμεσότητα έστω και αν αυτός δεν βρίσκεται κοντά στην καλλιέργεια. Μπορώντας να δει σε κάθε στιγμή τις συνθήκες που επικρατούν στην καλλιέργειά του μπορεί να κάνει καλύτερους υπολογισμούς ως προς την επέμβαση, με ψεκαστικές ή άλλες μεθόδους, για την καταπολέμηση ασθενειών που ενδέχεται να απειλούν την καλλιέργεια. Αυτό όπως καταλαβαίνουμε



---

έχει θετική επίδραση στην προστασία του περιβάλλοντος αλλά και κατά επέκταση στην προστασία της υγείας πρώτα των ανθρώπων που ενδέχεται να κατοικούν κοντά στην καλλιέργεια, ύστερα των καταναλωτών και τέλος του ίδιου του καλλιεργητή καθώς πολλά από τα φάρμακα που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση ενδέχεται να είναι ιδιαίτερος τοξικά. Ακόμα ο νέος τρόπος πληροφόρησης εξοικονομεί χρόνο από τον καλλιεργητή καθώς δεν απαιτείται η συνεχής παρουσία του κοντά στην καλλιέργεια.

Επειδή οι εφαρμογές αυτών των έξυπνων μεθόδων είναι σχετικά πρόσφατες δεν είναι ξεκάθαρο ποιος είναι ο ιδανικός τρόπος προσέγγισης κατά την διαδικασία εφαρμογής τους. Θα πρέπει να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή της συμπεριφοράς του συστήματος με σκοπό την περαιτέρω βελτίωσή του όπου αυτό κριθεί απαραίτητο. Παρακάτω θα αναφέρουμε μερικές από τις μελλοντικές επεκτάσεις που θα βοηθούσαν το σύστημα να γίνει ακόμα πιο αποδοτικό, ακριβές και γρήγορο έτσι ώστε να γίνει ορθότερη η προσέγγιση των έξυπνων καλλιεργειών.

## **7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις**

Όπως κάθε νεόδμητο σύστημα έτσι και αυτό που αναπτύχθηκε σε αυτήν εδώ την εργασία έχει τα αδύναμα σημεία του ή σημεία τα οποία επιδέχονται βελτίωσης. Οι βελτιώσεις αυτές θα μπορούσαν να χωριστούν σε δύο κομμάτια. Βελτιώσεις οι οποίες θα μπορούσαν να γίνουν στον υλικό εξοπλισμό που βρίσκεται μέσα στην καλλιέργεια και αφορά τους αισθητήρες του μετεωρολογικού σταθμού αλλά και βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν στο σύστημα διαχείρισης των έξυπνων καλλιεργειών και αφορά το λογισμικό κομμάτι το οποίο αναπτύχθηκε.

### **7.2.1 Μοντέλα πρόβλεψης καιρού**

Το σημαντικότερο βήμα που θα μπορούσε να γίνει είναι να εφαρμοστούν λύσεις για την πρόβλεψη του καιρού. Για την υλοποίηση αυτής της λύσης βέβαια δεν είναι ανάγκη να ανακαλύψουμε τον τροχό από την αρχή καθώς υπάρχουν πολλές υπηρεσίες που προσφέρουν αυτήν την δυνατότητα προς κάθε ενδιαφερόμενο. Το μόνο που θα χρειαζόταν είναι αυτές οι υπηρεσίες να είναι διαθέσιμες μέσα από διαδικτυακές υπηρεσίες έτσι ώστε να καταναλώνονται πιο εύκολα από το σύστημα μας. Το σύστημα σε κάθε σημαντική μετεωρολογική πρόβλεψη θα μπορούσε να

---

προσαρμόσει ανάλογα το πρόγραμμα άρδευσης και να ειδοποιήσει τον χρήστη για τις επερχόμενες καιρικές αλλαγές. Η ενσωμάτωση μιας τέτοιας λύσης απαιτεί μονάχα την υλοποίηση ελέγχων οι οποίοι θα τρέχουν παράλληλα με τους υπόλοιπους στον εξυπηρετητή.

### **7.2.2 Μοντέλα πρόβλεψης προσβολής των καλλιεργειών από ασθένειες**

Οι σταθμοί συλλογής ψηφιακών δεδομένων που βρίσκονται μέσα στις καλλιέργειες δεν έχουν μόνο την δυνατότητα να συλλέξουν τα κλασικά μετεωρολογικά δεδομένα. Συνδυάζοντας νέες τεχνολογίες οι αισθητήρες είναι σε θέση να πάρουν μετρήσεις οι οποίες βοηθούν τον καλλιεργητή ή τον γεωπόνο που παρακολουθεί την καλλιέργεια να έχουν μια πιο εμπειριστατωμένη εικόνα για την κατάσταση των φυτών. Σε συνδυασμό με τα κατάλληλα μοντέλα αλγορίθμων τα οποία μπορούν να προσομοιώσουν τις ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης βλαβερών πληθυσμών εντόμων θα μπορούσε να προβλεφτεί πότε οι καλλιέργειες βρίσκονται σε κίνδυνο. Με τον τρόπο αυτό ο καλλιεργητής θα είχε ασφαλή και έγκαιρη ενημέρωση προκειμένου να λάβει γρήγορα τα μέτρα του. Κάτι τέτοιο μέχρι τώρα δεν θα ήταν δυνατόν καθώς αυτό απαιτεί επιστημονικές γνώσεις και συνδυασμό πολλών παραμέτρων για την εξαγωγή τέτοιων συμπερασμάτων που πολλές φορές είναι έως και αδύνατον ή ακατόρθωτο. Μια τέτοια λύση θα βελτίωνε σε πολύ υψηλό βαθμό την ποιότητα των καλλιεργειών και θα μείωνε επίσης σε μεγάλο βαθμό την αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων με όποιες συνέπειες έχει αυτή στο περιβάλλον αλλά και στο κόστος καλλιέργειας.

### **7.2.3 Μετρητές κατανάλωσης νερού**

Η ενσωμάτωση μετρητών κατανάλωσης του νερού που χρειάζονται για την άρδευση των καλλιεργειών μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Αν είμαστε σε θέση να παρακολουθήσουμε πότε κορυφώνεται η κατανάλωση του νερού για την άρδευση των καλλιεργειών θα μπορέσουμε να δημιουργήσουμε ένα πιο ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης αυτού. Επίσης οι εταιρείες παροχής νερού μπορούν να εφαρμόσουν διαφορετικές τιμολογιακές πολιτικές ανάλογα με την περίοδο κατανάλωσης.

---

#### **7.2.4 Προσαρμοσμένα μοντέλα καλλιέργειας**

Κάθε καλλιέργεια έχει και διαφορετικές ανάγκες. Η άρδευση είναι ένας από τους παράγοντες που διαφέρει από φυτό σε φυτό. Για παράδειγμα τα κηπευτικά προϊόντα ίσως να χρειαστούν περισσότερο νερό κατά την διάρκεια μιας ζεστής ημέρας σε σχέση με ένα δέντρο τα οποία είναι συνήθως πιο ανθεκτικά. Έτσι το σύστημα θα πρέπει να γνωρίζει αν πρόκειται για ευπαθής κατηγορία και να προσαρμόζει ανάλογα τις αποφάσεις του. Έτσι θα μπορούσε να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων με τις ανάγκες της κάθε καλλιέργειας. Ο χρήστης θα μπορούσε να επιλέξει ποιο είδος φυτών καλλιεργεί στο αγρόκτημά του από την εφαρμογή. Το σύστημα στην συνέχεια φορτώνοντας τους ανάλογους αλγορίθμους στο σύστημα αποφάσεων θα προσαρμόζε ανάλογα τις εκροές του.

#### **7.2.5 Αυτοματοποίηση και άλλων μηχανισμών**

Με τον συνδυασμό των κατάλληλων κλιματικών μετρήσεων θα μπορούσαν να αυτοματοποιηθούν και άλλοι μηχανισμοί οι οποίοι υπάρχουν μέσα στις καλλιέργειες. Μηχανισμοί όπως ανεμοθραύστες για την προστασία από τον πάγο, συστήματα θέρμανσης για θερμοκήπια κτλ.

---

# 8

## ***Βιβλιογραφία***

*Guide to Agricultural Meteorological Practices 2010* World Meteorological Organization

*Architecting the Internet of Things 2011* Dieter Uckelmann, Mark Harrison, Florian Michaels

*2014 Guide to Internet of Things 2014* DZone.com

*The Internet of Things 2013 New Horizons 2012* IERC Ian G Smith

*Smart Irrigation Controllers: How Do Soil Moisture Sensor (SMS) Irrigation Controllers Work? 2008* Michael D. Dukes, Mary Shedd, and Bernard Cardenas-Lailhacar

*Smart Irrigation Controllers: What Makes an Irrigation Controller Smart? 2009* Michael D. Dukes

*Plant Disease March 2015 - Volume 99, Number 3* Tracy Rowlandson, Mark Gleason, Paulo Sentelhas, Terry Gillespie, Carla Thomas, Brian Hornbuckle

*Measuring Soil Moisture for Irrigation Water Management 1992* Hal Werner

*Techniques for methods of collection, database management and distribution of agrometeorological data 1998* P.C. Doraiswamy, P.A. Pasteris, K.C. Jones, R.P. Motha, P. Nejedlik

*AgOnt: Ontology for Agriculture Internet of Things 2008* Siquan Hu, Haiou Wang, Chundong She, and Junfeng Wang

*The Study and Application of the IOT Technology in Agriculture 2010* Ji-chun Zhao,

---

*Jun-feng Zhang, Yu Feng, Jian-xin Guo*

*Αγροτική Ανάπτυξη και Πρακτικές Εξοικονόμησης Νερού στη Γεωργία 2013 Ηλιάνα  
Αδαμοπούλου Ευστρατία Σεπετζή*

*University of California Agricultural and Natural Resources <http://ipm.ucanr.edu>*

*United States Department of Agriculture <http://www.usda.gov>*

*Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών – Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας  
<https://sites.google.com/site/auameteorology/>*

*University of Florida – Irrigation Research Agricultural & Biological Engineering  
<http://abe.ufl.edu/mdukes/>*

*Davis Weather Monitoring Systems <http://www.davisnet.com/usecase/agriculture/>*

*Colorado Climate Center Web Services [http://ccc.atmos.colostate.edu/cgi-bin/web\\_services.pl](http://ccc.atmos.colostate.edu/cgi-bin/web_services.pl)*

*Research and Data Archive Computational & Information Systems Lab <http://rda.ucar.edu/>*

*Smart Irrigation Apps <http://smartirrigationapps.org/>*

*European Commission Joint Research Center <https://ec.europa.eu/jrc/en>*

*Utah Climate Center <https://climate.usurf.usu.edu>*

*Climate Smart Agriculture Sourcebook 2013 Food and Agriculture Organization of the  
United Nations*

*Computers and Electronics in Agriculture 20015 / Volume 114-115 2015*

*Global Community for the use of ICTs for Sustainable Agriculture and Rural Development  
<http://www.e-agriculture.org/>*

*DZone IoT news <https://dzone.com/iot-developer-tutorials-tools-news-reviews>*

*Oracle Java Documentation <http://docs.oracle.com/javase/tutorial/index.html>*

*Netbeans Restfull Web Services <https://netbeans.org/kb/docs/websvc/rest.html>*

*MySQL Open Source Database <http://dev.mysql.com/>*

*Android Developers <https://developer.android.com>*

*Vogella Company <http://www.vogella.com/>*

*Programmer Guru Android Tutorial <http://programnerguru.com>*

*Tutorials Point <http://www.tutorialspoint.com>*

*ReST:Foundations of ReSTful Architecture 2015 Brian Sletten*

*Getting Started with MQTT a protocol for the IoT 2015 DZone Refcardz Dominic  
Obermaier*

---