

# ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

## ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



### ***ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ***

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΩΝΗΤΙΚΗΣ ΠΥΛΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

ΜΠΟΥΜΠΟΥΚΑ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: **ΔΙΓΑΛΑΚΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)**  
**ΠΟΤΑΜΙΑΝΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ**  
**ΛΑΓΟΥΔΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ**

ΧΑΝΙΑ 2006

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κ. Βασίλη Διγαλάκη για την βοήθειά του και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με έναν τόσο ενδιαφέροντα τομέα, όσο αυτός της ανάπτυξης εφαρμογών φωνής.

Τον υποψήφιο διδάκτορα Χρήστο Βοσνίδη, που ήταν πάντα πρόθυμος να βοηθήσει σε κάθε πρόβλημα κατά τη διάρκεια της υλοποίησης αυτής της διπλωματικής, για την συνεργασία και την υποστήριξή του.

Το συμφοιτητή μου, Θοδωρή Γερμάνη, για την πολύτιμη βοήθειά του.

Τους γονείς μου, που ήταν δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια, για την συμπαράστασή τους και την αδερφή μου, Μαρία, για τις κρίσιμες και χρήσιμες επεμβάσεις της.

Τους φίλους μου για το κουράγιο και την ενέργεια που μου προσφέρουν. Χωρίς την υποστήριξή τους η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας θα ήταν αδύνατη.

Τέλος, ευχαριστώ ιδιαίτερα την φίλη μου Μαίρη, που δέχτηκε να γίνει η φωνή της εφαρμογής.

<b>1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>5</b>
1.1	Σκοπός της εφαρμογής	5
1.2	Περιγραφή του προβλήματος (Προγραμματισμός Άρδευσης)	7
1.3	Συνεισφορά της διπλωματικής	10
1.4	Διάρθρωση κειμένου	13
<b>2</b>	<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ</b>	<b>15</b>
2.1	Υλοποίηση interface	15
2.2	Αναγνώριση φωνής	24
2.3	Σύνθεση φωνής (TTS, ηχογραφημένα audio)	29
<b>3</b>	<b>ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΤΙΚΗΣ ΠΥΛΗΣ</b>	<b>32</b>
3.1	Αρχές σχεδιασμού του interface	32
3.1.1	Στρατηγική διαλόγου (Dialog strategy)	33
3.1.2	Προτροπές (Prompting)	34
3.1.3	Καθολικές Εντολές (Universals)	40
3.1.4	Ηχογραφημένα μηνύματα	40
3.2	Περιγραφή του interface	41
3.2.1	Γενική συμπεριφορά του συστήματος	44
3.2.2	Περιγραφή καταστάσεων διαλόγου	45
3.3	Περιγραφή της βάσης δεδομένων	62
3.3.1	Δεδομένα	62
3.3.2	Λειτουργικότητα	66
3.4	Διασύνδεση βάσης – interface (Αρχιτεκτονική Software)	68
3.4.1	Μοντέλο Model – View - Controller (MVC)	69
3.4.2	Υλοποίηση του μοντέλου MVC	72
<b>4</b>	<b>ΧΡΗΣΗ – ΔΟΚΙΜΗ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ</b>	<b>80</b>
<b>6</b>	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α</b>	<b>81</b>
6.1	Υλοποίηση της βάσης δεδομένων	81
<b>7</b>	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β</b>	<b>116</b>
7.1	Μέθοδος υπολογισμού του νερού άρδευσης	116

<b>8</b>	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ</b>	<b>121</b>
<b>8.1</b>	<b>Προγραμματισμός της άρδευσης</b>	<b>121</b>
8.1.1	Γενικά	121
8.1.2	Υπολογισμός της δόσης άρδευσης, T	123
8.1.3	Ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό	125
<b>9</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>128</b>

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Σκοπός της εφαρμογής

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η υλοποίηση μιας φωνητικής πύλης, η οποία επιτρέπει στους χρήστες να αντλήσουν πληροφορίες για την άρδευση των καλλιεργειών τους μέσω τηλεφώνου, κάνοντας χρήση της τεχνολογίας αναγνώρισης φωνής. Η εφαρμογή ενημερώνει τους αγρότες για τις ακριβείς ανάγκες άρδευσης της καλλιέργειάς τους, έτσι ώστε να αποφεύγεται η υπερκατανάλωση νερού για τις αγροτικές καλλιέργειες.

Η Κρήτη χαρακτηρίζεται από υψηλές τοπικές και εποχιακές διακυμάνσεις στη ζήτηση και τη διαθεσιμότητα νερού, γεγονός που οδηγεί σε ένα έλλειμμα υδατικών πόρων. Η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού παρουσιάζεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, εξαιτίας της μεγάλης ζήτησης νερού από τους τομείς του τουρισμού και της γεωργίας. Σήμερα, η εφαρμογή της άρδευσης γίνεται εμπειρικά με αποτέλεσμα την κατανάλωση πάνω από το 80% των υφιστάμενων υδατικών πόρων εις βάρος άλλων χρήσεων. Με την παροχή πληροφοριών στους καταναλωτές νερού, κυρίως των γεωργικών και αγροτικών περιοχών, επιδιώκουμε την αποτελεσματικότερη χρήση του νερού. Η εφαρμογή αυτή φιλοδοξεί να βοηθήσει στην καλύτερη διαχείριση του νερού στο νησί.

### *Συντομη περιγραφή του συστήματος*

Το σύστημα αποτελείται από:

- βάση δεδομένων για την αποθήκευση των μετεωρολογικών και άλλων στοιχείων σχετικών με τις καλλιέργειες
- λογισμικό υπολογισμού των αναγκών άρδευσης
- σύστημα ανακοίνωσης αποτελεσμάτων προσβάσιμο από το τηλέφωνο

Το λογισμικό υπολογισμού των αναγκών άρδευσης έχει υλοποιηθεί με βάση τις οδηγίες από το Ινστιτούτο Υποτροπικών Φυτών και Ελιάς του ΕΘΙΑΓΕ. Το Ινστιτούτο αυτό, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα μελετών τις οποίες έχει διεξαγάγει, προτείνει ένα σύνολο συντελεστών και παραμέτρων οι οποίες μπορούν να καθορίσουν τις ανάγκες της κάθε καλλιέργειας σε νερό. Για τον υπολογισμό αυτής της πληροφορίας απαιτούνται διάφορα στοιχεία, τα οποία αναλαμβάνει να συγκεντρώσει η φωνητική διεπαφή της εφαρμογής, αλληλεπιδρώντας με τον χρήστη. Συγκεκριμένα, χρειαζόμαστε τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν την καλλιέργεια (είδος, ηλικία, τελευταία άρδευση) και την τοποθεσία στην οποία αυτή βρίσκεται (γειτονικός μετεωρολογικός σταθμός, είδος εδάφους). Εκτός όμως από αυτές τις πληροφορίες, το λογισμικό λαμβάνει υπ' όψιν στοιχεία τα οποία έχουν να κάνουν με τα υπάρχοντα αποθέματα νερού (% έλλειψη υδατικών πόρων) που ανακτώνται από τη βάση.

Η φωνητική πύλη παρέχει στους χρήστες τις ακόλουθες πληροφορίες:

- πληροφορίες άρδευσης καλλιέργειας
- ανακοινώσεις γενικού ενδιαφέροντος
- ανακοινώσεις σχετικές με την καλλιέργεια (είδος, περιοχή)

Τα δύο βασικά πλεονεκτήματα που μας οδήγησαν στην επιλογή της φωνητικής διεπαφής χρήστη ήταν οι μικρές απαιτήσεις της, όσον αφορά α) την πρόσβαση και β) την ευκολία χρήσης. Το μόνο που χρειάζεται ο χρήστης είναι ένα τηλέφωνο, αφού αλληλεπιδρά με την εφαρμογή χρησιμοποιώντας μόνο ομιλία. Δεδομένου ότι οι χρήστες του συστήματος είναι κατά κύριο λόγο αγρότες οι οποίοι δουλεύουν στην ύπαιθρο, και την αυξημένη χρήση των κινητών τηλεφώνων, θεωρήσαμε ελκυστικό το γεγονός ότι ο αγρότης αρκεί να καλέσει τον τηλεφωνικό αριθμό του συστήματος και, μέσα από μία σειρά ερωταποκρίσεων, μπορεί να εισάγει στο σύστημα τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν την καλλιέργειά του, και να ενημερωθεί τελικά για το αν και πόσο πρέπει να ποτίσει.

## 1.2 Περιγραφή του προβλήματος (Προγραμματισμός Άρδευσης)

Ένας τρόπος για να καθοριστεί, το πότε πρέπει να εφαρμοστεί η άρδευση καθώς και η ποσότητα του νερού άρδευσης, είναι μέσω της χρήσης του **ισοζυγίου νερού του ριζοστρώματος** σε συνδυασμό με **τη μέγιστη δόση άρδευσης T**.

Θεωρούμε το ισοζύγιο νερού του ριζοστρώματος σαν ένα «λογαριασμό» νερού, ο οποίος περιλαμβάνει το νερό το οποίο εισέρχεται στο ριζόστρωμα (βροχή και άρδευση) και το νερό, το οποίο χάνεται από το ριζόστρωμα (εξατμισοδιαπνοή και στράγγιση) σε ημερήσια βάση. Ουσιαστικά, το ισοζύγιο νερού του ριζοστρώματος προσδιορίζει τον ρυθμό κατανάλωσης της δόσης άρδευσης T και για ορισμένο χρονικό διάστημα n ημερών αποδίδεται με την εξίσωση:

$$IR_{req} = \sum_1^n ET_C - \sum_1^n R_{eff} + \sum_1^n d \quad (\text{mm/n ημέρες})$$

όπου  $IR_{req}$  = είναι η απαιτούμενη ποσότητα νερού άρδευσης στο χρονικό διάστημα των n ημερών σε mm ύψους νερού / n ημέρες.

Ο όρος  $IR_{req}$  αντιπροσωπεύει επίσης και το ρυθμό κατανάλωσης της δόσης άρδευσης T.

Συνήθως, το χρονικό διάστημα των n ημερών ορίζεται ως το διάστημα των ημερών μεταξύ δύο αρδεύσεων οπότε:

$$IR_{req} = T$$

μπορεί όμως η ποσότητα νερού άρδευσης,  $IR_{req}$ , να φθάσει και στο διπλάσιο της δόσης άρδευσης ( $=2T$ ). (βλέπε παράγραφο 8.1.2)

$$\sum_1^n ET_C \text{ είναι το σύνολο του νερού της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας των}$$

n ημερών σε mm ύψους νερού / n ημέρες.

$$\sum_1^n R_{eff} \text{ είναι το σύνολο του νερού της ωφέλιμης βροχόπτωσης των n}$$

ημερών σε mm ύψους νερού / n ημέρες.

$\sum_1^n d$  είναι το σύνολο της ποσότητας του νερού στράγγισης των  $n$  ημερών

σε mm ύψους νερού /  $n$  ημέρες.

Όλοι οι όροι του ισοζυγίου νερού του ριζοστρώματος είναι όγκοι νερού ανηγμένοι στη μονάδα της επιφάνειας στο αντίστοιχο βάθος ριζοστρώματος  $D_e$  (που επίσης είναι ανηγμένος όγκος εδάφους στη μονάδα της επιφάνειας). Έτσι εύκολα μπορούν να μετατραπούν από mm ύψους νερού σε  $m^3$  νερού με βάση την αρδευόμενη έκταση. Π.χ. για έκταση ενός στρέμματος  $IR_{req} = 30 \text{ mm/n}$  ημέρες σε  $m^3/\text{στρέμμα/n}$  ημέρες είναι:

$$0,030 \text{ m} \times 1000m^2 = 30m^3/\text{στρέμμα/n} \text{ ημέρες.}$$

Τα ποσά της βροχής και της δόσης άρδευσης  $T$  μπορούν εύκολα να μετρηθούν στο χωράφι, ενώ ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας είναι δύσκολη διαδικασία.

Τα περισσότερα συστήματα προγραμματισμού άρδευσης με το ισοζύγιο νερού βασίζονται στον ημερήσιο υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς,  $ET_o$ , η οποία στη συνέχεια τροποποιείται ανάλογα με την καλλιέργεια, το στάδιο ανάπτυξης, την περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό και την επάρκεια των υδατικών πόρων με βάση τον συντελεστή καλλιέργειας  $K_c$  σε εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας  $ET_c$  σύμφωνα με την εξίσωση:

$$ET_c = K_c ET_o \quad (\text{βλέπε παράγραφο 8.1.3}).$$

Η **εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ET_o$** , ορίζεται ως ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής από μια φυτοκαλυμμένη πλήρως επιφάνεια αναφοράς, που αναπτύσσεται δυναμικά, και έχει επάρκεια νερού. Η επιφάνεια αναφοράς είναι μια υποθετική καλλιέργεια γρασιδιού, ή μιας άλλης οριζόμενης καλλιέργειας (π.χ. μηδικής) με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Υπάρχουν δύο εναλλακτικοί τρόποι για να υπολογίσουμε την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ET_o$ ,

α) να χρησιμοποιήσουμε μια εξίσωση, η οποία βασίζεται στη φυσική, όπως του Penman ή των Penman-Monteith (Εξίσωση 5, παράγραφος 8.1.3), οι οποίες

υπολογίζουν την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ET_0$  από πίνακες ωριαίων ή ημερήσιων μετεωρολογικών δεδομένων και

β) από πίνακες μετρήσεων εξάτμισης από υγρές επιφάνειες, όπως είναι το εξατμισίμετρο λεκάνης τύπου A.

Για την συγκεκριμένη εφαρμογή, ακολουθήσαμε την εξής υλοποίηση:

α) Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας  $ET_C$  χρησιμοποιούμε τον τύπο  $ET_C = K_C ET_0$ .

β) Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ET_0$  υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση των Penman-Monteith, που υπολογίζει την  $ET_0$  σε ωριαία βάση από τα μετεωρολογικά δεδομένα, που καταγράφουν αυτόματα μετεωρολογικοί σταθμοί, τοποθετημένοι σε κατάλληλες θέσεις στην περιοχή εφαρμογής του προγράμματος.

Επίσης, χρησιμοποιούνται **επικουρικά** οι μετρήσεις εξάτμισης, που καταγράφονται αυτόματα από εξατμισίμετρα λεκάνης τύπου A, τα οποία είναι εγκατεστημένα δίπλα στους μετεωρολογικούς σταθμούς.

Σ' αυτή την περίπτωση προσδιορίζεται η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς,  $ET_0$ , με βάση τον τύπο

$$ET_0 = \lambda E_{pan} \text{ mm/hr}$$

Ο διορθωτικός συντελεστής  $\lambda$  προκύπτει από τις μετρήσεις των 10 προηγούμενων ημερών, αφ' ενός της  $ET_0$  που μας δίνει ο μετεωρολογικός σταθμός (εξίσωση Penman-Monteith), αφ' ετέρου από τις μετρήσεις του εξατμισιμέτρου λεκάνης, τύπου A,  $E_{pan}$ .

γ) Οι συντελεστές καλλιέργειας,  $K_C$ , δίνονται με λεπτομέρεια σε πίνακες με βάση πειραματικά δεδομένα του ΕΘΙΑΓΕ, και την υπάρχουσα βιβλιογραφία.

δ) Η μέγιστη δόση άρδευσης,  $T$ , έχει υπολογιστεί και δίνεται σε πίνακες ανάλογα με την μηχανική σύσταση του εδάφους (ελαφρύ, μέσο, βαρύ έδαφος), καθώς και το είδος και τα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας, που καθορίζουν το βάθος ριζοστρώματος.

ε) Η ωφέλιμη βροχόπτωση,  $R_{eff}$ , υπολογίζεται ως το 80% της βροχόπτωσης,  $Rain$ , που καταγράφεται αυτόματα στους μετεωρολογικούς σταθμούς

$$R_{eff} = 0,80Rain \text{ mm } \dot{\text{υ}}\text{ψους νερού και}$$

ζ) Η ποσότητα του νερού στράγγισης,  $\Sigma_1^n d$ , θεωρείται μηδενική.

Χρησιμοποιώντας τις τεχνολογίες εφαρμογών φωνής που περιγραφουμε αναλυτικά στο δεύτερο κεφάλαιο, προσπαθήσαμε να υλοποιήσουμε μια εφαρμογή, η οποία να προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση για το πρόβλημα της άρδευσης καλλιεργειών. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, υλοποιήσαμε μια βάση δεδομένων στην οποία αποθηκεύουμε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τις καλλιέργειες, καθώς και τις μετρήσεις που χρειαζόμαστε για τον υπολογισμό της δόσης άρδευσης. Το λογισμικό υπολογισμού των αναγκών άρδευσης ενεργεί σύμφωνα με την θεωρητική προσέγγιση που περιγράψαμε, ώστε να παρέχει σωστή πληροφορία όσον αφορά στην ποσότητα του νερού άρδευσης που θα προτείνει η φωνητική πύλη. Τέλος, η φωνητική διεπαφή έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε η αλληλεπίδραση με το χρήστη να είναι απλή και αποδοτική. Η πρόσβαση μέσω τηλεφώνου καθιστά την εφαρμογή προσιτή και εύχρηστη, αφού η συλλογή των στοιχείων που χρειαζόμαστε γίνεται μέσω της ομιλίας.

### 1.3 Συνεισφορά της διπλωματικής

Η παρούσα εργασία συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση περιβαλλοντικών και οικονομικών πόρων στην περιφέρεια της Κρήτης, μέσω της χρήσης των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) για τη διάχυση πληροφοριών που βασίζονται σε επιστημονικά δεδομένα. Με λίγα λόγια, αποτελεί ένα παράδειγμα των αλλαγών που υφίσταται ο πρωτογενής τομέας στην Κοινωνία της Πληροφορίας. Η φωνητική πύλη επιτρέπει

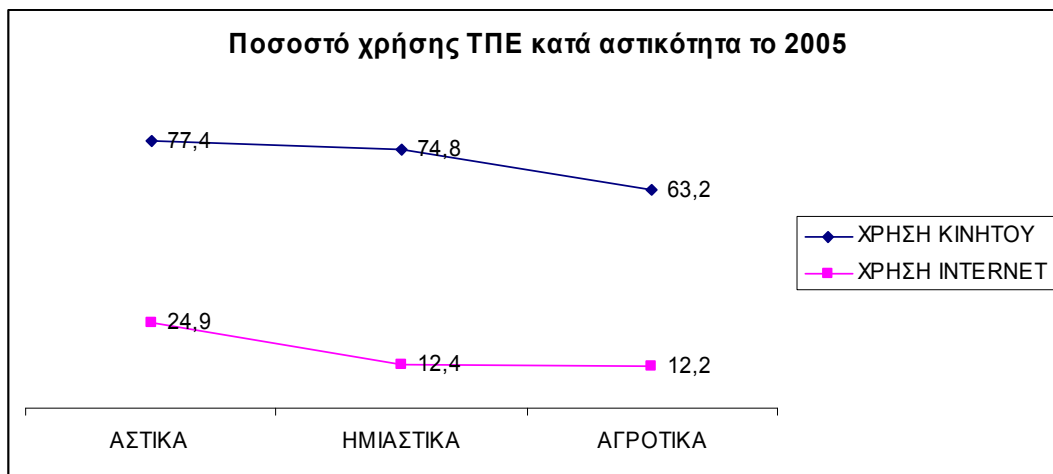
την άμεση πρόσβαση στην πληροφορία, χωρίς χρονικούς και γεωγραφικούς περιορισμούς, μιας και είναι διαθέσιμη 24 ώρες το εικοσιτετράωρο και από οποιοδήποτε γεωγραφικό σημείο μέσω κινητού τηλεφώνου.

Μια από τις βασικές αρχές στις οποίες στηρίζεται η συνολική στρατηγική για την Κοινωνία της Πληροφορίας είναι η παροχή ίσων ευκαιριών και η εξασφάλιση πρόσβασης για όλους. Το βασικό μέλημα της πολιτείας είναι η Κοινωνία της Πληροφορίας που διαμορφώνεται να είναι μια κοινωνία για όλους, χωρίς διακρίσεις σε πληροφοριακά έχοντες και μη-έχοντες, όπου διαφυλάσσονται τα δικαιώματα του πολίτη, καθώς και η ελευθερία έκφρασης και πληροφόρησης. Σε αυτό ακριβώς το σημείο συνίσταται η ουσιαστική συνεισφορά της εργασίας αυτής: στην ελαχιστοποίηση των εμποδίων πρόσβασης των Αγροτών στην πληροφορία. Τα εμπόδια αυτά αφορούν α) το χάσμα μεταξύ της επιστημονικής ορολογίας και μεθοδολογίας των γεωπόνων και μετεωρολόγων και της πρακτικής που ακολουθούν οι Αγρότες β) τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία πρόσβασης στην πληροφορία.

Σχετικά με το πρώτο, η εφαρμογή καθιστά αδιαφανή στους χρήστες τον τρόπο υπολογισμού της δόσης άρδευσης και παρέχει το τελικό αποτέλεσμα σε μορφή κατανοητή χωρίς να απαιτούνται ειδικές γνώσεις. Ακόμα, η εφαρμογή είναι εξαιρετικά εύχρηστη, μιας και η πλοήγηση επιτυγχάνεται μέσω ενός διαλόγου. Κατά τη διάρκεια του διαλόγου οι χρήστες καθοδηγούνται στην καταχώρηση δεδομένων στο σύστημα και στο τέλος λαμβάνουν την τελική πληροφορία που είναι η απαιτούμενη δόση άρδευσης.

Ο δεύτερος παράγοντας που επικουρεί στην άρση των εμποδίων, είναι η επιλογή της τεχνολογίας επικοινωνιών που έχει χρησιμοποιηθεί. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι η εφαρμογή αποτελεί μια φωνητική πύλη, μιας και η χρήση τηλεφώνου στην Ελλάδα είναι πολύ πιο διαδεδομένη σε σχέση με τη χρήση του διαδικτύου. Ειδικότερα, σε ολόκληρη την περιφέρεια της Κρήτης, χρήση κινητού τηλεφώνου κάνει το 85,4% του πληθυσμού, ενώ μόνο το 18,5% χρησιμοποιεί το διαδίκτυο (*Πηγή: Παρατηρητήριο για την κοινωνία της πληροφορίας*). Πανελλαδικά εξάλλου, η διαφορά αυτή παρουσιάζεται ακόμα πιο

έντονη στην ομάδα χρηστών που στοχεύει η εφαρμογή αυτή, δηλαδή στους αγρότες. Πράγματι, όπως φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα, η χρήση κινητού τηλεφώνου στις αγροτικές περιοχές είναι πάνω από πέντε φορές μεγαλύτερη από τη χρήση του Internet.



Διάγραμμα 1-1 Πηγή: ΕΘΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ Copyright 2005 της ΕΔΕΤ Α.Ε.

Η συνεισφορά της εφαρμογής αυτής είναι τέλος νευραλγικής σημασίας για την περιφέρεια της Κρήτης ειδικότερα, όπου η γεωργία αποτελεί μια από τις βασικές οικονομικές δραστηριότητες του νησιού και απασχολεί το 28% του πληθυσμού (Πηγή: Εθνική στατιστική υπηρεσία). Ακόμα, η σπουδαιότητα για την συγκεκριμένη περιφέρεια εντείνεται από το γεγονός ότι η εφαρμογή διευκολύνει την ορθολογική χρήση του νερού και οδηγεί στην εξοικονόμηση υδατικών πόρων. Το θέμα αυτό, ειδικά για την Κρήτη, είναι κεφαλαιώδους σημασίας καθώς τα στοιχεία για την εξέλιξη της ζήτησης νερού στη Μεσόγειο καταδεικνύουν ως τις πιο σημαντικές δραστηριότητες που απορροφούν μεγάλες ποσότητες νερού κατά σειρά τη γεωργία, τον τουρισμό, την οικιακή και βιομηχανική κατανάλωση (Πηγή: 12ο Σεμινάριο για την Προστασία του Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 2002). Με άλλα λόγια, οι δυο πιο σημαντικές οικονομικές δραστηριότητες του νησιού (γεωργία και τουρισμός) καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες του συγκεκριμένου φυσικού πόρου και ως εκ τούτου κάθε προσπάθεια που βοηθά

την καλύτερη διαχείριση και τη μείωση της κατανάλωσης νερού αποτελεί προτεραιότητα για την περιφέρεια της Κρήτης. Η εφαρμογή αυτή, βοηθά ενεργά προς αυτή την κατεύθυνση, μιας και καθιστά δυνατό τον προγραμματισμό της άρδευσης με βάση την πρόβλεψη για τις μελλοντικές ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό, πράγμα που συνάδει με την πολιτική της ΕΕ για το νερό που βασίζεται στη ρύθμιση της χρήσης του νερού.

Συμπερασματικά, η εφαρμογή συμβάλλει στην επίτευξη τριών βασικών στόχων της στρατηγικής για την κοινωνία της Πληροφορίας:

- Καλύτερη ποιότητα ζωής (εφαρμογές τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας στην υγεία και την πρόνοια, το περιβάλλον και τις μεταφορές).
- Δυναμική οικονομική ανάπτυξη (δημιουργία νέων επιχειρήσεων, ανάδυση νέων κλάδων, αύξηση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας).
- Ισότιμη συμμετοχή των περιφερειών στον παγκόσμιο χώρο (αποκέντρωση, ενθάρρυνση πρωτοβουλιών σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο).

#### 1.4 Διάρθρωση κειμένου

Στα επόμενα κεφάλαια θα ασχοληθούμε αρχικά με τα γενικά χαρακτηριστικά των εφαρμογών φωνής και στη συνέχεια με την ανάπτυξη της συγκεκριμένης φωνητικής πύλης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, εξετάζουμε σε βάθος τα μέρη από τα οποία αποτελούνται οι φωνητικές εφαρμογές. Περιγράφουμε την γλώσσα προγραμματισμού και τη λειτουργία των εφαρμογών VoiceXML, τα συστήματα αναγνώρισης φωνής, που χρησιμοποιούνται για την συλλογή εισόδου από το χρήστη, καθώς και την φωνητική έξοδο του συστήματος, δηλαδή τη σύνθεση φωνής.

Στο τρίτο κεφάλαιο παραθέτουμε αναλυτικά την υλοποίηση της φωνητικής πύλης παροχής πληροφοριών για αγροτικές καλλιέργειες. Εδώ, βλέπουμε με λεπτομέρειες τους στόχους και την περιγραφή της φωνητικής διεπαφής, την βάση δεδομένων και την αρχιτεκτονική Software που διασυνδέει τη διεπαφή με τη βάση.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στην αξιολόγηση της εφαρμογής ως προς την απόδοσή της, με βάση την αναγνώριση εισόδου από το χρήστη. Ενώ, στο πέμπτο κεφάλαιο κάνουμε μερικές προτάσεις για μελλοντική επέκταση της εφαρμογής.

Τέλος, ακολουθούν τα παραρτήματα που περιλαμβάνουν την λεπτομερή υλοποίηση της βάσης δεδομένων, την συνάρτηση υπολογισμού του νερού άρδευσης που χρησιμοποιούμε και το θεωρητικό πρόβλημα του προγραμματισμού άρδευσης.

## 2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

### 2.1 Υλοποίηση interface

Φωνητική διεπαφή/interface είναι το μέσο με το οποίο αλληλεπιδρά κάποιος όταν επικοινωνεί με μια εφαρμογή φωνής. Τα στοιχεία μιας τέτοιας διεπαφής περιλαμβάνουν φωνητικά μηνύματα, γραμματικές και λογική διαλόγου, η οποία αναφέρεται και ως ροή κλήσης (call flow). Οι προτροπές, ή αλλιώς τα μηνύματα του συστήματος, είναι όλες οι ηχογραφήσεις ή η συντεθειμένη ομιλία (synthesized speech) που ακούει ο χρήστης κατά τη διάρκεια του διαλόγου. Οι γραμματικές καθορίζουν όλες τις πιθανές απαντήσεις των χρηστών σε κάθε προτροπή/μήνυμα του συστήματος. Το σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει μόνο τις λέξεις, προτάσεις ή φράσεις που συμπεριλαμβάνονται στην γραμματική. Η λογική διαλόγου (dialog logic) καθορίζει τις ενέργειες του συστήματος. Για παράδειγμα, την απόκριση (response) σε κάτι που είπε μόλις ο χρήστης ή την ανακοίνωση πληροφοριών που ανακτώνται από μια βάση δεδομένων.

Για την υλοποίηση των φωνητικών διεπαφών μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες γνωστές γλώσσες προγραμματισμού όπως οι C, C++, Java. Όπως όμως έχει αποδειχτεί τα τελευταία χρόνια, η πλέον κατάλληλη γλώσσα για την ανάπτυξη φωνητικών διεπαφών χρήστη (speech user interfaces) είναι η VoiceXML. Η επιλογή αυτή στηρίζεται στα εξής πλεονεκτήματά της:

- Ελαχιστοποιεί τις αλληλεπιδράσεις πελάτη-εξυπηρετητή περιλαμβάνοντας πολλαπλές αλληλεπιδράσεις ανά έγγραφο.
- Προφυλάσσει τους συντάκτες/δημιουργούς εφαρμογών από τον προγραμματισμό χαμηλού επιπέδου και τις λεπτομέρειες που σχετίζονται με κάθε πλατφόρμα.
- Διαχωρίζει τον κώδικα για την αλληλεπίδραση με τους χρήστες (σε VoiceXML) από την επιχειρηματική λογική υπηρεσιών (π.χ. CGI scripts).

- Προωθεί τη φορητότητα (portability) των υπηρεσιών στις διάφορες πλατφόρμες εφαρμογής. Η VoiceXML είναι μια κοινή γλώσσα για τους προμηθευτές περιεχομένου (content providers), τους προμηθευτές εργαλείων (tool providers), και τους προμηθευτές πλατφορμών (platform providers).
- Είναι εύχρηστη για τις απλές αλληλεπιδράσεις, παρέχει όμως και τα γλωσσικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα για να υποστηρίξει σύνθετους διαλόγους.

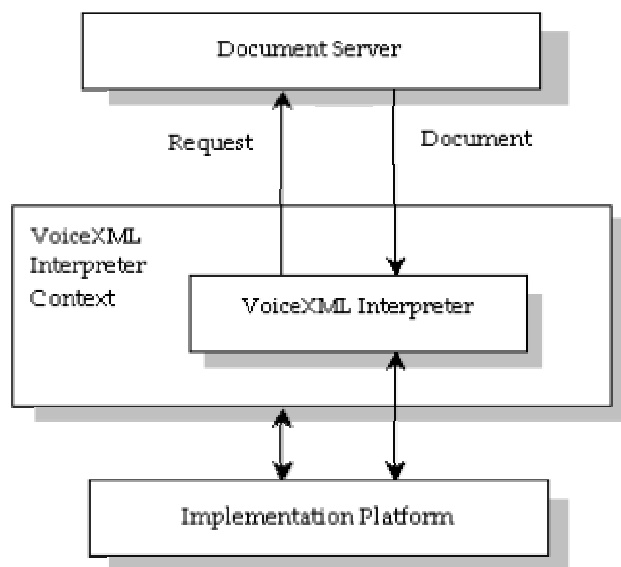
## **VoiceXML**

Η VoiceXML είναι μια πρότυπη γλώσσα σήμανσης (standard markup language), η οποία βασίζεται στην γλώσσα XML (eXtensible Markup Language). Αναπτύχθηκε από την AT&T, την IBM, την Lucent και τη Motorola για να καταστήσει το περιεχόμενο και τις πληροφορίες του Διαδικτύου προσιτές μέσω της φωνής και του τηλεφώνου. Ακριβώς όπως ένας web browser παρουσιάζει τα έγγραφα HTML οπτικά, ένας voice browser παρουσιάζει τα έγγραφα VoiceXML ακουστικά.

Ο κύριος στόχος της είναι να προσφέρει την πλήρη δύναμη της ανάπτυξης των εφαρμογών και της παράδοσης περιεχομένου (content delivery) web στις εφαρμογές φωνής, καθώς και να ελευθερώσει τους προγραμματιστές τέτοιων εφαρμογών από τον προγραμματισμό χαμηλού επιπέδου και τη διαχείριση των πόρων. Παράλληλα, επιτρέπει τον συνδυασμό των υπηρεσιών φωνής με τις υπηρεσίες δεδομένων (data services), που χρησιμοποιούν το οικείο μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή (client-server).

Μια υπηρεσία φωνής αποτελεί μια ακολουθία φωνητικής αλληλεπίδρασης μεταξύ ενός χρήστη και μιας πλατφόρμας εφαρμογής (Implementation Platform), ενώ οι διάλογοι παρέχονται από τους εξυπηρετητές εγγράφων (documents servers). Οι εξυπηρετητές εγγράφων υποστηρίζουν (maintain) την επιχειρηματική λογική των υπηρεσιών συνολικά, εκτελούν λειτουργίες σύνδεσης με βάσεις

δεδομένων και κληρονομικές λειτουργίες συστήματος (database and legacy system operations), ενώ παράγουν τους διαλόγους. Στο Σχήμα 2-1, φαίνεται πώς συνεργάζονται τα διάφορα συστατικά του αρχιτεκτονικού μοντέλου (components) για την εκτέλεση μιας VoiceXML εφαρμογής.



Σχήμα 2-1 Το αρχιτεκτονικό μοντέλο της VoiceXML

Ένας εξυπηρετητής εγγράφων (document server) (π.χ. ένας εξυπηρετητής δικτύου) επεξεργάζεται τις αιτήσεις από μια εφαρμογή πελάτη (client), μέσω του πλαισίου του διερμηνέα VoiceXML (VoiceXML interpreter context). Ο εξυπηρετητής παράγει και στέλνει σαν απάντηση τα έγγραφα VoiceXML, τα οποία υποβάλλονται σε επεξεργασία από το διερμηνέα VoiceXML. Το πλαίσιο διερμηνέα VoiceXML μπορεί να ελέγχει τις εισόδους από τους χρήστες παράλληλα με το διερμηνέα VoiceXML. Παραδείγματος χάριν, το πλαίσιο διερμηνέων VoiceXML μπορεί πάντα να αναγνωρίσει μια ειδική φράση διαφυγής, που τερματίζει την εφαρμογή, ή να αναγνωρίσει τις φράσεις διαφυγής που αλλάζουν τις προτιμήσεις χρηστών όπως την ένταση ή τα text-to-speech χαρακτηριστικά.

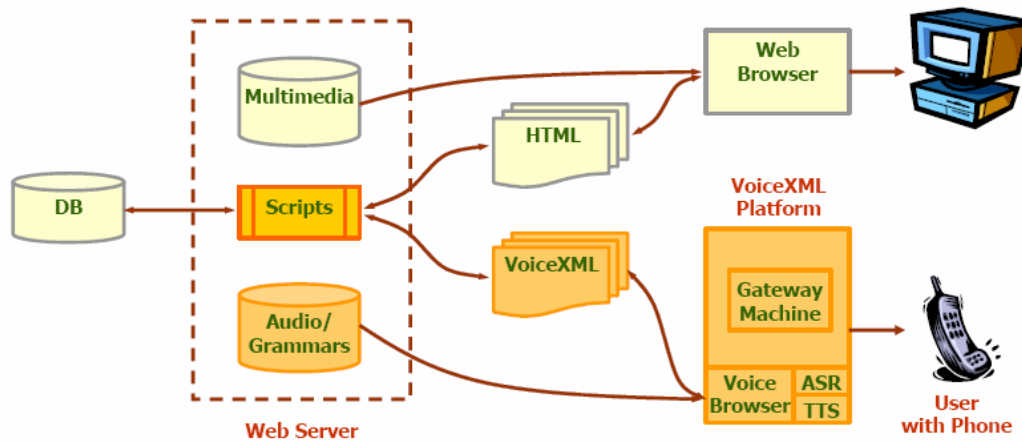
Η πλατφόρμα εφαρμογής ελέγχεται από το πλαίσιο διερμηνέα VoiceXML (VoiceXML interpreter context) και από το διερμηνέα VoiceXML (VoiceXML

interpreter). Παραδείγματος χάριν, σε μια διαδραστική εφαρμογή φωνής, το πλαίσιο διερμηνέα VoiceXML μπορεί να είναι υπεύθυνο για την ανίχνευση μιας εισερχόμενης κλήσης, την ανάκτηση του αρχικού εγγράφου VoiceXML της εφαρμογής, και το να απαντήσει στην κλήση, ενώ ο διερμηνέας VoiceXML διαξάγει το διάλογο (μετά την απάντηση). Η πλατφόρμα εφαρμογής παράγει γεγονότα σαν απάντηση στις ενέργειες των χρηστών (π.χ. λήψη προφορικής εισόδου, αποσύνδεση), καθώς και γεγονότα συστήματος (π.χ. λήξη χρονομέτρου). Μερικά από αυτά τα γεγονότα, χειρίζονται από τον ίδιο το διερμηνέα VoiceXML, όπως διευκρινίζεται στο έγγραφο VoiceXML, ενώ άλλα χειρίζονται από το πλαίσιο διερμηνέα VoiceXML.

Με τη VoiceXML μπορούμε να αναπτύξουμε διαδραστικές εφαρμογές φωνής, χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα χαρακτηριστικά γνωρίσματα:

- Αναπαραγωγή ήχου (και προηχογραφημένου (audio files) και συντεθειμένης ομιλίας από γραπτό κείμενο (text-to-speech)).
- Αναγνώριση ηχητικής εισόδου (φωνής και DTMF).
- Καταγραφή της φωνητικής εισόδου.
- Έλεγχος της ροής διαλόγου.
- Επεξεργασία φόρμας, client-side scripting, γεγονότα (events) και μοντέλο μεταβλητών με συγκεκριμένη εμβέλεια (Form processing and a scoped client-side scripting, event, and variable model).
- Υποδιάλογοι (Subdialogs) και βασική HTTP σημασιολογία (semantics) για τις μεταβάσεις εγγράφων, που λαμβάνουν και προωθούν δεδομένα πίσω στον εξυπηρετητή.
- Βασικός έλεγχος τηλεφωνίας (μεταφορά κλήσης, αποσύνδεση).

Το Σχήμα 2-2, παρουσιάζει πώς λειτουργεί μια τυπική εφαρμογή VoiceXML:



Σχήμα 2-2 Λειτουργία μιας VoiceXML εφαρμογής

Οι χρήστες έχουν πρόσβαση σε μια υπηρεσία σχηματίζοντας έναν αριθμό τηλεφώνου. Η VoiceXML Platform, που φιλοξενεί την υπηρεσία, επεξεργάζεται την εισερχόμενη κλήση και εξάγει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που σχετίζονται με την κλήση.

Ο voice browser είναι μια εφαρμογή που παρουσιάζει φωνητικά την έξοδο στο χρήστη. Αποτελείται από έναν διερμηνέα που αναλύει (parses) τα έγγραφα VoiceXML και αναλαμβάνει τη διασύνδεση με τους εξωτερικούς πόρους.

Οι εξωτερικοί πόροι συνεισφέρουν για την εκτέλεση λειτουργιών όπως:

- Αυτόματη αναγνώριση φωνής (Automatic Speech Recognition ASR)
- Μετατροπή κειμένου σε ομιλία (Text To Speech TTS)
- Αναγνώριση DTMF
- Χειρισμός κλήσης
- Αποστολή των πληροφοριών που εισήγαγε ο χρήστης σε έναν ιστοχώρο ή άλλον εξυπηρετητή Διαδικτύου (Internet server).
- Λήψη πληροφοριών από το Διαδίκτυο ή κάποια βάση δεδομένων, και διαβίβαση τους στο χρήστη.

Μόλις είναι διαθέσιμη η αρχική σελίδα της εφαρμογής, «μεταφράζεται» από τον διερμηνέα VoiceXML, ο οποίος αρχίζει να αλληλεπιδρά με το χρήστη. Ο διερμηνέας VoiceXML (VoiceXML Interpreter) απαντά στην κλήση και αρχίζει να εκτελεί το έγγραφο VoiceXML.

Ένα έγγραφο VoiceXML ορίζει κάθε διάλογο αλληλεπίδρασης που θα διεξαχθεί από έναν διερμηνέα VoiceXML. Η είσοδος από το χρήστη επηρεάζει την μετάφραση του διαλόγου, δηλαδή τη ροή του προγράμματος, και συλλέγεται σε αιτήσεις, οι οποίες υποβάλλονται σε έναν εξυπηρετητή εγγράφων (document server). Ο εξυπηρετητής εγγράφων απαντά με ένα άλλο έγγραφο VoiceXML για να συνεχίσει τη σύνοδο (session) του χρήστη με άλλους διαλόγους.

Η γλώσσα παρέχει τα μέσα για τη συλλογή εισόδου από το χρήστη μέσω πληκτρολογίου ή/και προφορικά μέσω της φωνής, για ανάθεση των αποτελεσμάτων των εισόδων σε μεταβλητές της αίτησης που ορίζονται από το έγγραφο, καθώς και για τη λήψη αποφάσεων που επηρεάζουν την μετάφραση των εγγράφων που είναι γραμμένα σε VoiceXML. Ένα έγγραφο μπορεί να συνδεθεί με άλλα έγγραφα μέσω των Universal Resource Identifiers (URIs).

Ένα έγγραφο VoiceXML, ή ένα σύνολο συνδεδεμένων εγγράφων που καλούνται εφαρμογή, αποτελεί μια συνομιλητική μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων. Ο διάλογος είναι η βασική δομή των συνομιλητικών διεπαφών VoiceXML. Ο χρήστης βρίσκεται πάντα σε μια συνομιλητική κατάσταση, ή σε έναν διάλογο, κάθε στιγμή. Κάθε διάλογος καθορίζει τον διαδοχό του, δηλαδή το ποιός θα είναι ο διάλογος στον οποίο θα μεταβούμε. Οι μεταβάσεις (transitions) διευκρινίζονται χρησιμοποιώντας URIs, τα οποία καθορίζουν το επόμενο έγγραφο και διάλογο για χρήση.

Υπάρχουν δύο είδη διαλόγων: οι φόρμες (forms) και τα μενού (menus). Οι φόρμες ορίζουν μια αλληλεπίδραση που συλλέγει τις τιμές για τις μεταβλητές στοιχείων της φόρμας. Κάθε πεδίο μπορεί να διευκρινίσει μια γραμματική που θα καθορίζει τις επιτρεπόμενες εισόδους για το πεδίο αυτό. Ένα μενού παρουσιάζει στο χρήστη μια λίστα επιλογών και έπειτα μεταβαίνει σε έναν άλλο διάλογο ανάλογα με την επιλογή που θα κάνει.

Εκτός από τους διαλόγους, η VoiceXML διαθέτει μια δομή που καλείται υποδιάλογος (subdialog). Ο Υποδιάλογος (Subdialog) είναι σαν μια κλήση συνάρτησης, με την έννοια ότι παρέχει έναν μηχανισμό για την ενεργοποίηση μιας νέας αλληλεπίδρασης, και την επιστροφή στην αρχική φόρμα. Οι μεταβλητές, οι γραμματικές, και οι πληροφορίες κατάστασης σώζονται και είναι διαθέσιμες με την επιστροφή στο έγγραφο που κάλεσε τον υποδιάλογο (καλών έγγραφο).

### **Dynamic VoiceXML**

Είδαμε ότι μια πλήρης εφαρμογή VoiceXML απαιτεί, συνήθως, μερικούς πόρους εκτός από τον εξυπηρετητή VoiceXML. Μπορεί να χρειαζόμαστε έναν ιστοχώρο ή άλλον εξυπηρετητή (server) που είναι σε θέση να δεχτεί, να επεξεργαστεί τις πληροφορίες από τους χρήστες, και να τους στείλει πίσω τις πληροφορίες απάντησης.

Έτσι, κατά την ανάπτυξη εφαρμογών VoiceXML μπορεί να χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε:

- Προγραμματισμό και scripting σε Java για πρόσβαση σε μακρινές οντότητες (εξυπηρετητές/κεντρικοί υπολογιστές, βάση δεδομένων...)

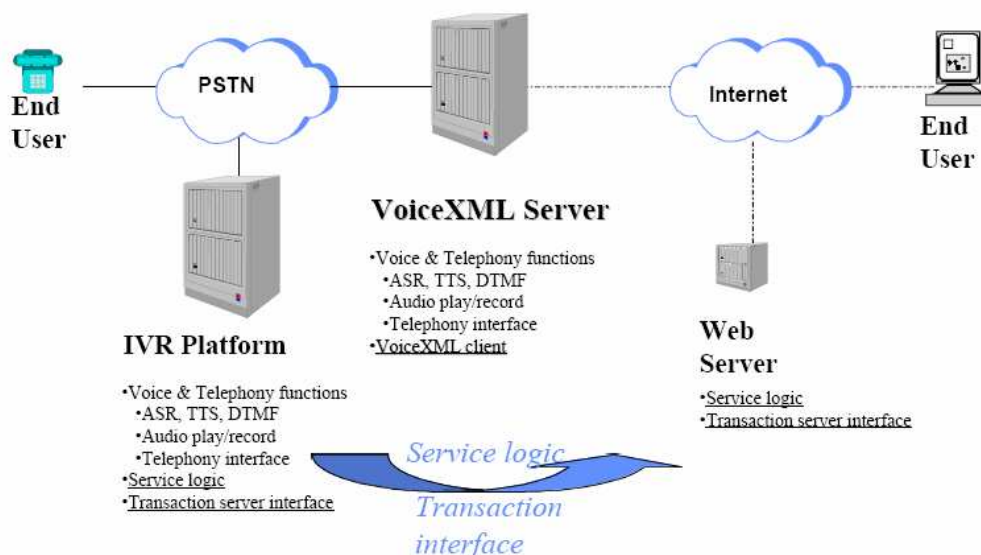
Στην πλευρά των εξυπηρετητών/κεντρικών υπολογιστών:

- Προγραμματισμό Java για να παραγάγουμε δυναμικά τις σελίδες VoiceXML.

Το βασικό πλεονέκτημα της VoiceXML είναι ότι ένα έγγραφο μπορεί να έχει πρόσβαση στον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web), μέσω ενός browser που ελέγχεται με φωνή. Μπορεί να στείλει πληροφορίες σε εξυπηρετητές Διαδικτύου (web servers), και να μεταβιβάσει την απάντηση στο χρήστη. Επίσης, με τη χρήση της VoiceXML ως "front end" σε μια εφαρμογή Διαδικτύου, ελαχιστοποιούμε το ποσό κώδικα VXML που απαιτείται. Το υπόλοιπο της εφαρμογής μπορεί να βασίζεται σε οικεία πρωτόκολλα όπως το HTTP, CGI, κ.λπ., για τα οποία είναι διαθέσιμα ισχυρά εργαλεία προγραμματισμού.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-3, οι φωνητικές εφαρμογές VoiceXML μπορούν να χρησιμοποιήσουν τεχνολογίες Διαδικτύου, όπως οι JSP και ASP (Server-side scripting) ή και JavaScript κώδικα που ενσωματώνουμε στις VoiceXML σελίδες (Client-side scripting). Με αυτόν τον δυνατό συνδυασμό: VoiceXML με JSP, μπορούμε να υλοποιήσουμε δυναμικές εφαρμογές φωνής που έχουν πρόσβαση σε διάφορες βάσεις δεδομένων.

## Evolution of Interactive Services Architectures



Σχήμα 2-3 Χρήση web technologies για την ανάπτυξη φωνητικών εφαρμογών

Με τον τρόπο αυτό, μπορούμε να γράψουμε Dynamic VoiceXML σελίδες. Χρησιμοποιούμε τον όρο αυτό για τις σελίδες VoiceXML που δεν έχουν στατικό, δηλαδή πάντα το ίδιο, περιεχόμενο. Αντίθετα, το περιεχόμενό τους μπορεί να αλλάζει ανάλογα με την είσοδο του χρήστη ή και το χρόνο εκτέλεσης της σελίδας. Η διαδικασία εκτέλεσης έχει ως εξής: ο voice browser κάνει μία αίτηση στον web server, ο web server επεξεργάζεται την αίτηση, εκτελώντας το script, το οποίο παράγει την σελίδα VoiceXML με το δυναμικό περιεχόμενο και την

στέλνει πίσω στον voice browser, ο voice browser εκτελεί την σελίδα και έτσι παρουσιάζονται στο χρήστη τα αποτελέσματα.

### **Γραμματικές Αναγνώρισης (Recognition Grammars)**

Όταν αναπτύσουμε μια εφαρμογή φωνής, πρέπει να σχεδιάσουμε και την πλευρά της εισόδου, καθορίζοντας όλα αυτά που μπορεί να πει ο χρήστης στο σύστημα, δηλαδή τη γραμματική.

Έχουμε ήδη αναφέρει ότι οι φωνητικές διεπαφές VoiceXML χρησιμοποιούν τις γραμματικές για να αναγνωρίζουν την είσοδο από το χρήστη. Η γραμματική καθορίζει τις λέξεις, προτάσεις ή φράσεις που μπορεί να πει ο χρήστης στο σύστημα και να γίνει κατανοητός, προκειμένου να αλληλεπιδράσει με την εφαρμογή VoiceXML. Κάθε διάλογος σχετίζεται με τουλάχιστον μία γραμματική, ενώ η μηχανή ASR (Automatic Speech Recognition) αναγνωρίζει σαν έγκυρες εισόδους μόνο τις λέξεις ή προτάσεις που υπάρχουν στην γραμματική αυτή.

Οι γραμματικές χρησιμοποιούνται από τα συστήματα αναγνώρισης φωνής, και αποτελούν τον τρόπο με τον οποίο μια εφαρμογή φωνής δύναται να υποδείξει σε ένα σύστημα αναγνώρισης τι πρέπει να αναγνωρίσει. Μια γραμματική συγκεκριμένα περιλαμβάνει:

- Λέξεις που μπορεί να ειπωθούν,
- Μοτίβα/Φράσεις στα οποία μπορεί να εμφανιστούν οι λέξεις αυτές

Έτσι, οι γραμματικές επιτρέπουν τη δημιουργία ευέλικτων διαλόγων, που μπορούν να ανταποκριθούν στην είσοδο φυσικής γλώσσας από τους χρήστες. Η φωνητική είσοδος εκτιμάται ως έγκυρη, εάν ταιριάζει με οποιαδήποτε από τις λέξεις στη γραμματική. Εκτός από τους πιθανούς συνδυασμούς λέξεων που μπορεί να χειριστεί το σύστημα αναγνώρισης, η γραμματική είναι δυνατόν να καθορίζει και τους απαραίτητους κανόνες, οι οποίοι συσχετίζουν ένα νόημα με τους συνδυασμούς αυτούς. Με τον τρόπο αυτό, το σύστημα «καταλαβαίνει» τι σημαίνει για την εφαρμογή η είσοδος που αναγνωρίστηκε και μπορεί να

ενεργήσει ανάλογα, π.χ. να επιλέξει την επόμενη φόρμα με την οποία θα αλληλεπιδράσει ο χρήστης βάσει της εισόδου.

Κατά τη διάρκεια της συνομιλίας, μπορούν να είναι ενεργές διαφορετικές γραμματικές σε διαφορετικούς χρόνους. Χαρακτηρίζουμε ενεργό τη γραμματική που χρησιμοποιείται τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή για την αναγνώριση. Σε κάθε δεδομένη στιγμή, μπορούν να είναι ενεργές περισσότερες από μια γραμματικές. Αυτό είναι εφικτό, χάρη στη δομή της VoiceXML. Αναλυτικά, οι σελίδες VoiceXML οργανώνονται σε μια ιεραρχική μορφή αρχίζοντας από ένα στοιχείο ρίζα (root element) `<vxml/>` και προχωρώντας με τα στοιχεία φόρμας, `<form>`, και πεδίου, `<field>`. Μια γραμματική μπορεί να συνδεθεί με οποιοδήποτε από αυτά τα στοιχεία. Η διαφορά έγκειται στην εμβέλειά της, η οποία αλλάζει σύμφωνα με το στοιχείο με το οποίο είναι συνδεδεμένη. Για παράδειγμα, η γραμματική που συνδέεται με το στοιχείο `<vxml>` (`<vxml>` element), είναι ενεργή σε όλη τη σελίδα, ενώ η γραμματική που συνδέεται με ένα πεδίο (`<field>` element), είναι ενεργή μόνο μέσα στο συγκεκριμένο πεδίο. Η ίδια λογική επικρατεί και για τις εφαρμογές. Μια εφαρμογή είναι ένα σύνολο σελίδων VoiceXML, και όλες οι σελίδες συνδέονται με την αρχική σελίδα (root document). Επομένως, αν μία γραμματική συνδέεται με το στοιχείο `<vxml>` της αρχικής σελίδας, η γραμματική αυτή είναι ενεργή σε οποιοδήποτε σημείο της εφαρμογής, δηλαδή καθ'όλη τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης με το χρήστη. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να υλοποιήσουμε την λειτουργικότητα των Καθολικών Εντολών (Universals) για μια εφαρμογή, π.χ. εντολή «Έξοδος» για να τερματιστεί η εφαρμογή.

## 2.2 Αναγνώριση φωνής

Η μηχανή ASR (Automatic Speech Recognition) είναι υπεύθυνη για την αναγνώριση της ακολουθίας των λέξεων που ειπώθηκαν, δεδομένου του μοντέλου αναγνώρισης. Το μοντέλο αυτό, περιλαμβάνει όλες τις ακολουθίες

λέξεων που μπορεί να πει ο χρήστης, μαζί με τις πιθανές προφορές τους. Με βάση αυτήν την πληροφορία, υπολογίζει τις πιθανότητες και επιστρέφει την ακολουθία λέξεων που ταιριάζει καλύτερα στην είσοδο.

Η μηχανή ASR χρησιμοποιεί ένα λεξικό προφορών (dictionary), το οποίο καθορίζει τη λίστα όλων των λέξεων που μπορεί να αναγνωρίσει. Το λεξικό προφορών είναι ένα αρχείο με τις ηχητικές αποδόσεις όλων των λέξεων που περιέχονται στη γραμματική. Επίσης, πρέπει να συνταχθεί έτσι ώστε να περιγράφει ακριβώς τις προφορές των λέξεων με περισσότερους του ενός τρόπων, όταν χρειάζεται, για να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα.

Κατά τη διαδικασία της αναγνώρισης, χρησιμοποιείται ένα ακουστικό μοντέλο σε συνδυασμό με το λεξικό. Το ακουστικό μοντέλο είναι ένα μοντέλο που αντιστοιχεί πρότυπα (pattern matching) και αναπαριστά την πιθανότητα εμφάνισης μιας ακολουθίας φωνημάτων (βασικοί ήχοι), δεδομένων μερικών ακολουθιών λέξεων. Ακόμη, περιλαμβάνει τις εσωτερικές αναπαραστάσεις του συστήματος για κάθε πιθανό φώνημα της γλώσσας και χρησιμοποιείται από την ASR για να καθορίσει πώς είναι πιθανό να προφέρονται οι λέξεις που ορίζουμε στο αντίστοιχο αρχείο γραμματικής. Για τα περισσότερα σύγχρονα συστήματα αναγνώρισης φωνής, τα ακουστικά μοντέλα δημιουργούνται μετά από μια διαδικασία εκπαίδευσης.

Για τον σχεδιασμό του ακουστικού μοντέλου, η κάθε λέξη μετατρέπεται σε μία ακολουθία βασικών ήχων, τα φωνήματα, χρησιμοποιώντας το λεξικό προφορών (dictionary). Πρακτικά, η απαιτούμενη κατανομή πιθανότητας θα μπορούσε να προσδιοριστεί με την εύρεση πολλών παραδειγμάτων της κάθε λέξης και τη συλλογή στατιστικών στοιχείων. Ωστόσο, αυτό είναι ανέφικτο για συστήματα με μεγάλα λεξιλόγια (large vocabulary systems), αντίθετα προτιμούμε οι ακολουθίες λέξεων να αποσυντίθενται σε βασικούς ήχους, τα φωνήματα. Πολλά παραδείγματα προτάσεων και φράσεων, μαζί με την ακολουθία των φωνημάτων που ειπώθηκε στην πραγματικότητα, εισάγονται στο σύστημα και βάση αυτών δημιουργείται ένα στατιστικό μοντέλο για κάθε διαφορετική προφορά κάθε φωνήματος. Για κάθε φώνημα υπάρχει ένα αντίστοιχο στατιστικό

μοντέλο Hidden Markov Model (HMM). Από στατιστικής πλευράς, ένας κατάλογος από πιθανοτικά μοντέλα βασικών φωνητικών μονάδων χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει λέξεις. Οι ακολουθίες των HMMs που χρειάζονται για να αναπαραστήσουν την αρχική έκφραση συνδέονται ώστε να σχηματίσουν ένα απλό μοντέλο και υπολογίζεται η πιθανότητα να παράγει αυτό το μοντέλο την παρατηρούμενη ακολουθία λέξεων. Η πιθανότητα αυτή υπολογίζεται χρησιμοποιώντας ένα σύνθετο HMM που αναπαριστά την ακολουθία των λέξεων και αποτελείται από απλά HMM φωνητικά μοντέλα, συνδεδεμένα σειριακά μεταξύ τους. Οι προφορές του λεξικού προφορών υποδεικνύουν στο σύστημα αναγνώρισης ποια ακουστικά μοντέλα να συνδέσει για να δημιουργήσει το μοντέλο λέξης.

Έτσι, κατασκευάζεται ένα δίκτυο, που υλοποιεί τη γραμματική και σε κάθε επιτρεπόμενη πρόταση αντιστοιχίζεται ένα σύνολο από μοντέλα HMMs. Όταν νέα δεδομένα φωνής πρόκειται να αναγνωριστούν, το σύστημα υπολογίζει τις πιθανότητες τα δεδομένα αυτά να είχαν παραχθεί με βάση καθένα από τα αποθηκευμένα HMMs. Το αποτέλεσμα της αναγνώρισης φωνής είναι η πρόταση με τη μεγαλύτερη πιθανότητα.

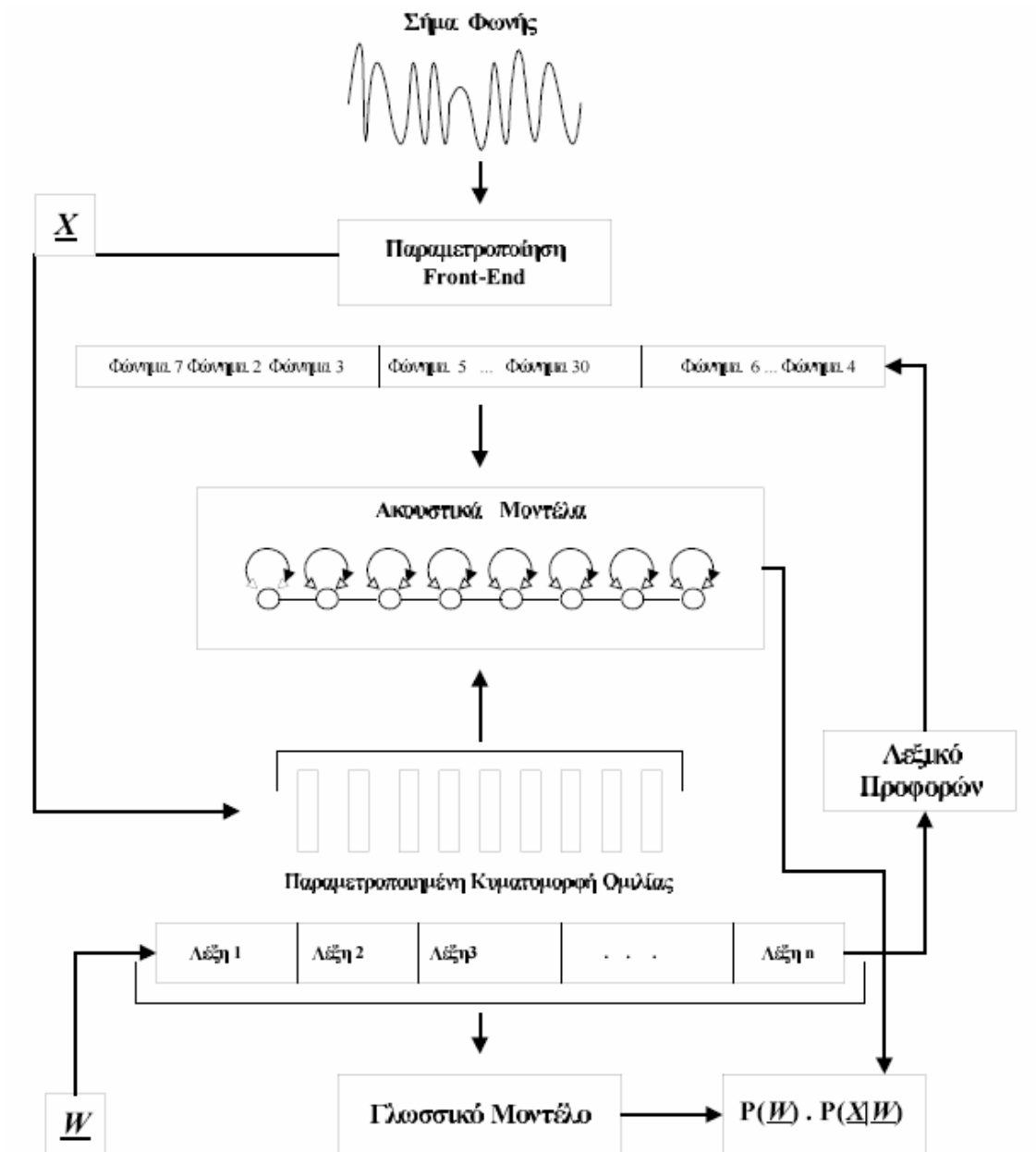
Συνοπτικά, ένα σύστημα αναγνώρισης περιλαμβάνει τα εξής:

- Παραμετροποίηση front-end: η αναγνώριση ξεκινά με την επεξεργασία του ψηφιακού σήματος ομιλίας από ένα front end σύστημα. Εδώ, το σήμα εισόδου της φωνής διαιρείται σε τμήματα (frames) και από κάθε τμήμα να εξάγεται ένα εξομαλυμένο φάσμα χρησιμοποιώντας φασματική ανάλυση (Linear Prediction Analysis LPC, Mel-Frequency Cepstral Coefficients MFCC, μοντελοποίηση κοχλίας). Με τον τρόπο αυτό, εξάγουμε από τις κυματομορφές ομιλίας την απαραίτητη πληροφορία για τα μοντέλα HMMs.
- Ακουστικά μοντέλα: αποτελούν την ακριβή αναπαράσταση των κατανομών του κάθε ήχου από τα HMMs και παρέχουν μία μέθοδο υπολογισμού της πιθανότητας κάθε ακολουθίας φωνημάτων, δεδομένης μιας λέξης. Επειδή ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να

παραχθούν διαφορετικοί ήχοι ποικίλει ανάλογα με την επίδραση από τα συμφραζόμενα, πρέπει να εκπαιδεύτούν διαφορετικά HMMs για κάθε διαφορετικό περιβάλλον στο οποίο εμφανίζεται ένα φώνημα. Η απλούστερη και πιο διαδεδομένη προσέγγιση είναι η χρήση των triphones, όπου κάθε φώνημα έχει ένα διαφορετικό HMM μοντέλο για κάθε μοναδικό ζεύγος από αριστερούς και δεξιούς γείτονες.

- Γλωσσικό μοντέλο: παράγει ένα μηχανισμό για τον υπολογισμό της πιθανότητας εμφάνισης κάποιας λέξης σε μία έκφραση, δεδομένων των προηγούμενων λέξεων, ώστε να δίνει ακριβείς προβλέψεις με βάση το προηγούμενο ιστορικό. Ένας απλός και αποδοτικός τρόπος για να επιτευχθεί αυτός ο υπολογισμός είναι η χρήση των Μαρκοβιανών γραμματικών N-οστής τάξης (N-grams), στις οποίες θεωρούμε ότι η N-οστή λέξη εξαρτάται μόνο από τις προηγούμενες N-1 λέξεις. Οι N-grams κωδικοποιούν στιγμιαία τη σύνταξη, τον τονισμό και τη στίξη.

Το Σχήμα 2-4 [4], δείχνει πώς συνδυάζονται τα στοιχεία αυτά σε ένα σύστημα αναγνώρισης φωνής.



Σχήμα 2-4 Σύστημα αναγνώρισης φωνής με στατιστικές μεθόδους

Η είσοδος στη μηχανή ASR, δηλαδή το σήμα φωνής του χρήστη, μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα για την περαιτέρω ανάλυση μέσω του front-end συστήματος. Η διαδικασία μετατροπής λαμβάνει υπόψη τις ακουστικές ιδιότητες του ανθρώπινου αυτιού. Με το φιλτράρισμα του σήματος, η μηχανή ASR

ελαχιστοποιεί οποιοδήποτε παρασιτικό θόρυβο (background noise) στο ψηφιακό σήμα. Έπειτα, μέσω της αποκωδικοποίησης το ψηφιακό σήμα αντιστοιχίζεται με τα ακουστικά μοντέλα (HMM) των λέξεων (tokens) της γραμματικής.

Έτσι, δημιουργείται ένας γράφος με κόμβους από καταστάσεις HMM συνδεδεμένο με μεταβάσεις καταστάσεων, ενώ οι κόμβοι στο τέλος των λέξεων είναι συνδεδεμένοι με μεταβάσεις λέξεων. Κάθε μονοπάτι από τον αρχικό κόμβο ως κάποιο σημείο του γράφου μπορεί να υπολογιστεί προσθέτοντας ως προς όλες τις πιθανότητες μετάβασης, κατανομές εξόδου και γλωσσικού μοντέλου των κλάδων που διασχίζονται. Η αποκωδικοποίηση εκμεταλλεύεται τη μέθοδο βελτιστοποίησης του Bellman και είναι γνωστή ως αποκωδικοποίηση Viterbi. Τα συστήματα με μεγάλα λεξιλόγια είναι περίπλοκα και απαιτείται ένα είδος κλαδέματος (pruning), ώστε το πεδίο έρευνας να είναι μόνο το ουσιώδες για την αναγνώριση. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται αποκωδικοποίηση beam Viterbi.

Τέλος, η πιθανότητα που εκφράζει το αν η είσοδος ταιριάζει με το ακουστικό μοντέλο, ποσοлогείται με τη βοήθεια ενός αποτελέσματος εμπιστοσύνης. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ένας τύπος ποσοτικού μέτρου για το πόσο βέβαιο είναι το σύστημα ότι έκανε σωστή αναγνώριση. Η μηχανή ASR επιστρέφει την καλύτερη εικασία της για την έκφραση που είπε χρήστης, για την ακρίβεια, υπολογίζει αυτό το αποτέλεσμα εμπιστοσύνης για τα πλέον πιθανά μονοπάτια και μετά επιλέγει αυτό με το υψηλότερο αποτέλεσμα εμπιστοσύνης.

## 2.3 Σύνθεση φωνής (TTS, ηχογραφημένα audio)

Η τεχνολογία σύνθεσης φωνής TTS (Text-to-Speech) συνθέτει ομιλία από γραπτό κείμενο. Παρόλο που εξακολουθεί να υστερεί σε ποιότητα, σε σύγκριση με την ανθρώπινη ομιλία, έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος τα τελευταία χρόνια. Η πρόοδος αυτή αφορά την φυσικότητα της συντεθειμένης ομιλίας και οφείλεται στην τελειοποίηση της προσέγγισης που λέγεται concatenative synthesis.

Ένα σύστημα σύνθεσης φωνής που υλοποιεί αυτήν την προσέγγιση (concatenative synthesizer), χρησιμοποιεί μια μεγάλη βάση δεδομένων με

αποσπάσματα/segments ηχογραφημένης ομιλίας. Η έξοδος του συστήματος δημιουργείται συνδέοντας σε σειρά μια ακολουθία από αυτά τα προηχογραφημένα αποσπάσματα (segments). Στη συνέχεια εφαρμόζεται επεξεργασία σήματος, για να επιτευχθεί το κατάλληλο περίγραμμα συγχρονισμού και προσωδίας, καθώς και για να εξομαλυνθούν τα όρια μεταξύ των τμημάτων (segments) έτσι ώστε να μην είναι ευδιάκριτα τα σημεία σύνδεσης.

Εναλλακτικά, μπορούμε απλά να χρησιμοποιήσουμε προηχογραφημένα μηνύματα για όλες τις παρακινήσεις του συστήματος προς το χρήστη. Η επιλογή ανάμεσα στη χρήση προηχογραφημένων μηνυμάτων και TTS (Text-to-Speech) είναι μία από τις σημαντικότερες αποφάσεις που επηρεάζουν τον «ήχο και την αίσθηση» μιας φωνητικής διεπαφής χρήστη.

Χρησιμοποιώντας την σύνθεση φωνής (TTS), κερδίζουμε ουσιαστικά σε ευελιξία, αφού αυτή προσαρμόζεται σε δυναμική είσοδο και δεν χρειάζεται να διαχειριστούμε αρχεία audio. Χάνουμε, όμως, σε ποιότητα φωνής και προφοράς.

Αντίστοιχα, με τα προηχογραφημένα μηνύματα, κερδίζουμε καλύτερη ποιότητα φωνής, ενώ δεν χρειάζεται να ανησυχούμε για την προφορά των λέξεων (τονισμός, προσωδία, ύφος). Από την άλλη πλευρά, όμως, δεν είναι ιδιαίτερα ευέλικτα, αφού δεν μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε για δεδομένα που δημιουργούνται δυναμικά και η διαχείριση της βιβλιοθήκης των audio αρχείων μπορεί να είναι πρόκληση για μια μεγάλη εφαρμογή. Ακόμα, κάθε αλλαγή απαιτεί να ξαναηχογραφηθεί το μήνυμα, συνήθως από κάποιον επαγγελματία. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι ακριβό, αν η audio εφαρμογή αλλάζει συνεχώς.

Μια λύση για τις εφαρμογές που χρησιμοποιούν προηχογραφημένα μηνύματα είναι η χρήση προηχογραφημένων φράσεων ή λέξεων, οι οποίες θα συνδυαστούν δυναμικά, προκειμένου να εξυπηρετήσουν έξοδο με δυναμικό περιεχόμενο. Πράγματι, το να «κομματιάσεις» προτάσεις ή φράσεις για να δημιουργήσεις ένα μήνυμα, αποτελεί κοινή πρακτική. Τα «συντεθειμένα» μηνύματα είναι πιο ευέλικτα και προωθούν την επαναχρησιμοποίηση των audio files. Παρόλ'αυτά, με τη μέθοδο αυτή περιπλέκεται το πρόβλημα της διαχείρισης

της βιβλιοθήκης (repository) των audio files, ενώ μια αλλαγή σε ένα audio file μπορεί να επηρεάσει πολλά μηνύματα.

### 3 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΝΗΤΙΚΗΣ ΠΥΛΗΣ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τις σχεδιαστικές αποφάσεις που έπρεπε να πάρουμε κατά την υλοποίηση της φωνητικής διεπαφής και την περιγραφή των τμημάτων από τα οποία αποτελείται η εφαρμογή. Συγκεκριμένα, δικαιολογούμε τις επιλογές μας όσον αφορά την στρατηγική διαλόγου, τις προτροπές του συστήματος, τις καθολικές εντολές και τα ηχογραφημένα μηνύματα για την έξοδο της εφαρμογής. Μετά, ακολουθεί η λεπτομερής περιγραφή της διεπαφής, η περιγραφή της βάσης δεδομένων, καθώς και η διασύνδεσή της με την διεπαφή.

#### 3.1 Αρχές σχεδιασμού του interface

Η φωνητική διεπαφή αλληλεπιδρά με το χρήστη καθαρά μέσω του ήχου, δηλαδή έχουμε φωνητική είσοδο από το χρήστη και φωνητική έξοδο από το σύστημα. Οι διεπαφές αυτού του τύπου παρουσιάζουν εξαιρετικές σχεδιαστικές προκλήσεις, δεδομένου ότι εξαρτώνται από την δυνατότητα επικοινωνίας με το χρήστη μέσω παροδικών μηνυμάτων. Η πληροφορία που δίνεται στο χρήστη δεν διατηρείται ώστε να μπορεί να την επεξεργαστεί για ένα χρονικό διάστημα, ο χρήστης ακούει κάτι και μετά έχει περάσει. Δεν υπάρχει οθόνη, για να δείχνει τις πληροφορίες, τις οδηγίες ή τις εντολές, όπως συμβαίνει σε μια οπτική διεπαφή Ιστού (Web interface), όπου τα στοιχεία διατηρούνται μέχρι ο χρήστης να εκτελέσει κάποια ενέργεια. Εδώ, οι χρήστες δεν έχουν την ευκαιρία να επανεξετάσουν την έξοδο (απάντηση) του συστήματος ή να δηλώσουν τις επιθυμίες τους στο ρυθμό που τους βολεύει. Αντίθετα, ο ρυθμός ελέγχεται κατά ένα μεγάλο μέρος από το σύστημα.

Η εφήμερη φύση της εξόδου στις φωνητικές διεπαφές θέτει σημαντικές γνωστικές απαιτήσεις στο χρήστη. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να σιγουρευτούμε ότι η διεπαφή μας δεν υπερφορτώνει το χρήστη, δεν επιβαρύνει τη βραχυπρόθεσμη μνήμη και δεν προκαλεί τη δυνατότητα εκμάθησής του χωρίς λόγο, ενώ παρέχει τα μέσα σ' αυτόν ώστε να επηρεάσει το ρυθμό της αλληλεπίδρασης.

### **3.1.1 Στρατηγική διαλόγου (Dialog strategy)**

Ένας συνηθισμένος τρόπος ταξινόμησης των στρατηγικών διαλόγου είναι ο διαχωρισμός τους σε κατευθυνόμενο διάλογο (όπου η πρωτοβουλία ανήκει στο σύστημα και ο διάλογος κατευθύνεται από αυτό) και σε διαλόγους μικτής – πρωτοβουλίας (εδώ και οι δύο συνομιλητές παίρνουν πρωτοβουλία και ο διάλογος κατευθύνεται τόσο από το σύστημα, όσο και από το χρήστη).

Σε έναν κατευθυνόμενο διάλογο, το σύστημα υποβάλλει πολύ συγκεκριμένες ερωτήσεις στο χρήστη και περιμένει πολύ συγκεκριμένες απαντήσεις από αυτόν. Στην πραγματικότητα, το σύστημα αρχίζει και κατευθύνει την όλη αλληλεπίδραση. Υπάρχουν δύο μορφές δομής κατευθυνόμενων διαλόγων: αυτή της συμπλήρωσης φόρμας (form-filling) και αυτή της ιεραρχίας επιλογών (menu hierarchy). Στην μορφή συμπλήρωσης φόρμας, ο χρήστης υποβάλλεται σε μια σειρά κατευθυνόμενων ερωτήσεων σαν να συμπλήρωνε μια φόρμα (π.χ., «Θα θέλατε να ακούσετε τις πληροφορίες πτήσεων;», «Πείτε μας το αεροδρόμιο αναχώρησης.», κτλ). Ενώ, στις ιεραρχίες επιλογών, παρουσιάζουμε στο χρήστη μια λίστα με διάφορες επιλογές (π.χ., «Ποιο από τα παρακάτω θα θέλατε να κάνετε: να ακούσετε τις πληροφορίες πτήσεων, να κάνετε κράτηση ή να ακούστε τις ειδικές προσφορές μας;»).

Η στρατηγική διαλόγου μικτής – πρωτοβουλίας, επιτρέπει στους χρήστες περισσότερη ευελιξία σε αυτά που μπορούν να πουν. Κατ' αρχάς, η πρωτοβουλία διαλόγου προέρχεται από το χρήστη. Ανάλογα με την απάντηση του χρήστη, το σύστημα μπορεί να πάρει την πρωτοβουλία και να παρακινήσει το χρήστη να εισάγει τις πληροφορίες που λείπουν. Ο χρήστης παρέχει κάποιες από τις απαραίτητες πληροφορίες, και έπειτα το σύστημα παίρνει την πρωτοβουλία και παρακινεί για τα υπόλοιπα.

Λαμβάνοντας υπόψη το κοινό που θα χρησιμοποιήσει την φωνητική πύλη, θεωρήσαμε ότι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της διεπαφής πρέπει να είναι η εύκολη χρήση και η απλότητα. Σύμφωνα με τα παραπάνω και με τη φύση των

πληροφοριών της εφαρμογής, επιλέξαμε την στρατηγική του κατευθυνόμενου διαλόγου. Χρησιμοποιήσαμε την μορφή συμπλήρωσης φόρμας για τη συλλογή των στοιχείων της καλλιέργειας και την μορφή ιεραρχίας επιλογών για το μενού επόμενης εντολής (μετά την ανακοίνωση των οδηγιών ποτίσματος).

### **3.1.2 Προτροπές (Prompting)**

Οι προτροπές/μηνύματα του συστήματος (prompting) αποτελούν ένα πολύ σημαντικό ζήτημα για τις φωνητικές διεπαφές/interface. Η σχεδίαση των διαλόγων θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να καθιστά δυνατή την αποδοτική επικοινωνία των χρηστών με την εφαρμογή. Σχεδιάζοντας κατάλληλα τους διαλόγους μπορούμε να μειώσουμε τα λάθη, να αυξήσουμε την ικανοποίηση του χρήστη και ενισχύσουμε την παραγωγικότητα του συστήματος.

Κατά τη σχεδίαση της διεπαφής/interface, προσπαθήσαμε να κάνουμε σωστή επιλογή φωνητικών μηνυμάτων για να καθοδηγήσουμε τους χρήστες, είτε είναι έμπειροι είτε αρχάριοι, έτσι ώστε να παίρνουν γρήγορα και εύκολα τις πληροφορίες που τους ενδιαφέρουν. Οι βασικές αρχές που ακολουθήσαμε περιγράφονται παρακάτω.

Χρησιμοποιήσαμε *κλιμακούμενα μηνύματα* (Incremental Prompts) προκειμένου να έχουν την ευκαιρία οι μεν έμπειροι χρήστες να προχωρούν γρήγορα, οι δε αρχάριοι να παίρνουν τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τη χρήση της εφαρμογής. Για μια συγκεκριμένη εισαγωγή στο σύστημα ξεκινάμε με ένα σύντομο μήνυμα. Αν ο χρήστης δεν απαντήσει με σωστό τρόπο ή δεν απαντήσει καθόλου, το σύστημα συνεχίζει με ένα μήνυμα που αποκαλύπτει περισσότερη πληροφορία σχετικά με το πώς πρέπει να απαντήσει. Αν το σύστημα εξακολουθεί να μην έχει αναγνωρίσει έγκυρη απάντηση, τα επόμενα μηνύματα παρέχουν λεπτομερείς οδηγίες για το τι πρέπει να κάνει ο χρήστης.

*Καθοδηγητικά μηνύματα* (Leading Prompts) χρησιμοποιήθηκαν για να αποφύγουμε τα λάθη αναγνώρισης. Δεδομένου ότι για κάθε ερώτηση υπάρχει μεγάλη ποικιλία απαντήσεων, απαιτείται μια γραμματική κατανόησης, η οποία να

μπορεί να ελέγξει την μεταβλητότητα μιας τέτοιας εισόδου. Παρόλ'αυτά είναι δύσκολο να γράψουμε μια γραμματική που να καλύπτει όλες τις πιθανές απαντήσεις σε μια συγκεκριμένη ερώτηση. Από την άλλη μεριά, πολλές αποτυχίες αναγνώρισης αποθαρρύνουν γρήγορα το χρήστη. Γι'αυτό, προσπαθήσαμε να αποφύγουμε τα γενικά μηνύματα, τα οποία επιτρέπουν μεγάλη ποικιλία απαντήσεων και καταλήγουν, συνήθως, σε ανακριβείς ή ασαφείς απαντήσεις. Όταν η ερώτηση είναι πολύ γενική, οι απαντήσεις διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό, ιδίως όταν το σύστημα συνομιλεί με αρχάριους χρήστες. Ακόμα και αν πρόκειται για έμπειρους χρήστες, οι απαντήσεις διαφέρουν από χρήστη σε χρήστη. Αυτό διορθώνεται, κάνοντας πιο συγκεκριμένη την ερώτηση.

Για παράδειγμα, μετά την ανακοίνωση των οδηγιών ποτίσματος, ακολουθεί το εξής μήνυμα:

*Αν θέλετε να μάθετε πληροφορίες για κάποια άλλη καλλιέργεια, πείτε άλλη καλλιέργεια. Για να ξανακούσετε τον κωδικό σας πείτε κωδικός. Μπορείτε να πείτε επανάληψη, για να ακούσετε ξανά τις οδηγίες ποτίσματος ή ανακοινώσεις για να ακούσετε τις ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος.*

το οποίο ενημερώνει τους χρήστες για τις επιλογές που έχουν και τις λέξεις κλειδιά που μπορούν να χρησιμοποιήσουν. Ένα γενικό μήνυμα, όπως :

*Τι θα θέλατε να κάνετε μετά;*

δίνει μεγάλη ελευθερία στους χρήστες, η οποία όμως, μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στους αρχάριους, ενώ μεταφράζεται σε μεγάλες απαιτήσεις στη σχεδίαση της γραμματικής για να καλύψει τους έμπειρους.

Σκοπός μας ήταν τα μηνύματα να είναι συγκεκριμένα και να δίνουν μια ιδέα στο χρήστη για το πώς πρέπει να απαντήσει. Μια τακτική που ακολουθήσαμε όπου ήταν δυνατό, ήταν να συμπεριλάβουμε σημαντικές λέξεις (λέξεις κλειδιά), δηλαδή λέξεις που περιμένουμε να χρησιμοποιήσει ο χρήστης, στο τέλος της ερώτησης.

Για παράδειγμα, στην ερώτηση που αφορά στο είδος εδάφους της καλλιέργειας το αρχικό μήνυμα είναι:

*Σύμφωνα με τα στοιχεία μας, το έδαφος κοντά στο χωράφι σας είναι <μέσο>. Σωστά;*

Προσθέτοντας τη λέξη *Σωστά* στο τέλος του μηνύματος οδηγούμε το χρήστη να απαντήσει μονολεκτικά χρησιμοποιώντας τις λέξεις σωστά, λάθος, ναι, όχι που είναι και οι λέξεις που αναγνωρίζει η ενεργή γραμματική.

Για ένα πιο γενικό μήνυμα, π.χ.

*Είναι το έδαφος του χωραφιού σας μέσο;*

Θα έπρεπε να προσθέσουμε φράσεις στη γραμματική, για καλύψουμε όσο το δυνατόν περισσότερες πιθανές απαντήσεις, όπως:

- ναι, είναι
- είναι
- δεν είναι
- μπα, δεν είναι
- μπορεί
- μάλλον
- ναι, μέσο είναι

Ακόμα, συμπεριλάβαμε *μηνύματα επιβεβαίωσης* (confirmation), όπου κρίθηκε απαραίτητο. Η σύγχρονη τεχνολογία αναγνώρισης φωνής δεν μπορεί να εγγυηθεί ότι το σύστημα «άκουσε» ακριβώς αυτό που είπε ο χρήστης. Στις περιπτώσεις που η ενέργεια που θα ακολουθήσει θα έχει κάποιες συνέπειες, πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι ο χρήστης ζήτησε να γίνει αυτή η ενέργεια. Η επιβεβαίωση και η ενημέρωση του χρήστη για τις ενέργειες του συστήματος, βοηθούν στην καλύτερη εξυπηρέτηση των χρηστών, αφού διασφαλίζουν ότι οι ενέργειες του συστήματος εκτελούνται κατά τη βούλησή τους. Επειδή, όπως είπαμε, δεν υπάρχει οπτική πληροφορία που να ενημερώνει το χρήστη για το τι

συμβαίνει, οι χρήστες αισθάνονται πιο άνετα αν ξέρουν ότι το σύστημα «κατάλαβε» αυτό που είπαν και τι πρόκειται να γίνει στη συνέχεια. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι επιβεβαίωσης : η ρητή (explicit) και η υπονοούμενη (implicit) επιβεβαίωση.

Στην ρητή επιβεβαίωση επαναλαμβάνουμε στο χρήστη την αίτησή του (request) για να ελέγξουμε αν το σύστημα έχει καταλάβει σωστά την είσοδο από αυτόν. Οι ρητές επιβεβαιώσεις είναι ιδιαίτερα χρήσιμες όταν η επόμενη ενέργεια μπορεί να προκαλέσει γεγονότα που δεν μπορούν να ανακληθούν. Θα πρέπει όμως να λάβουμε υπόψη και το γεγονός ότι πολλές επιβεβαιώσεις για απαντήσεις που δεν είναι κρίσιμες, μπορεί να είναι κουραστικές για τους χρήστες και επομένως θα επηρεάσουν αρνητικά τη λειτουργικότητα της διεπαφής.

Εδώ, χρησιμοποιήσαμε ρητές επιβεβαιώσεις για τις εισαγωγές ημερομηνιών, καθώς και για τα κυρία χαρακτηριστικά των καλλιέργειών, που είναι η περιοχή στην οποία βρίσκονται και το είδος καλλιέργειας, μετά τη συλλογή όλων των στοιχείων της καλλιέργειας.

Σε άλλες περιπτώσεις, όταν η ενέργεια που θα εκτελέσει το σύστημα δεν είναι κρίσιμη, χρησιμοποιήσαμε υπονοούμενη (implicit) επιβεβαίωση. Με τον τρόπο αυτό, διαβεβαιώνουμε το χρήστη ότι το σύστημα αναγνώρισε σωστά αυτό που είπε και ότι πρόκειται να εκτελέσει την ενέργεια που ζητήθηκε. Ενημερώνοντας τον χρήστη για τα αποτελέσματα των ενεργειών του συστήματος, αποφεύγουμε τις συγχύσεις, χωρίς να επιβαρύνουμε τη διεπαφή με μία ακόμη ερώτηση. Έπειδή, ο χρήστης δεν μπορεί να «δει» σε ποιο σημείο της διεπαφής βρίσκεται, και επομένως δεν μπορεί να αντιληφθεί αν βρίσκεται σε λάθος σημείο (εξαιτίας π.χ. λάθους αναγνώρισης), δίνουμε το στίγμα με τις υπονοούμενες επιβεβαιώσεις. Έτσι, βοηθάμε τον χρήστη να ακολουθήσει τη ροή του διαλόγου και να έχει τον έλεγχο των ενεργειών που εκτελούνται.

Υπονοούμενες επιβεβαιώσεις χρησιμοποιούμε σε πολλά μηνύματα του συστήματος. Για παράδειγμα, στο μήνυμα που συλλέγει το τοπωνύμιο, επαναλαμβάνουμε το δήμο που δήλωσε ο χρήστης:

*Κοντά σε ποιο χωριό του δήμου <Μοιρών> βρίσκεται;*

Στο μήνυμα που συλλέγει την ηλικία της καλλιέργειας, επαναλαμβάνουμε το είδος καλλιέργειας που αναγνωρίστηκε από το σύστημα:

*Είπατε ότι καλλιεργείτε <ελιές>. Πείτε μας πόσων ετών είναι.*

Ακόμα, με υπονοούμενη επιβεβαίωση ενημερώνουμε το χρήστη όταν το σύστημα αναγνωρίσει την εντολή «προηγούμενο», π.χ.

*Ας επιστρέψουμε να διορθώσουμε <την ηλικία> που είπατε.*

Έστω, ότι στην ερώτηση εισαγωγής τοπωνυμίου το σύστημα αναγνωρίζει σαν απάντηση του χρήστη την εντολή «πίσω», κατά λάθος. Παρ'όλο που ο χρήστης είπε το όνομα ενός χωριού, το οποίο μπορεί να μην είναι καταχωρημένο, το σύστημα θα ξαναζητήσει από το χρήστη το όνομα του δήμου στον οποίο βρίσκεται το χωράφι του. Χωρίς την υπονοούμενη επιβεβαίωση:

*Ας επιστρέψουμε να διορθώσουμε <το δήμο> που είπατε.*

ο χρήστης θα βρισκόταν σε σύγχυση, αφού δεν θα ήταν προφανής η αιτία που άλλαξε η ροή του διαλόγου και επέστρεψε στο προηγούμενο βήμα.

Προσπαθήσαμε τα μηνύματά μας να είναι όσο το δυνατόν πιο σύντομα και περιεκτικά. Έρευνες έχουν δείξει ότι ένας άνθρωπος μπορεί να συγκρατήσει από 5 μέχρι 9 διαφορετικές πληροφορίες μόνο. Οι χρήστες δεν μπορούν να επεξεργαστούν μεγάλα ποσά νέων πληροφοριών ταυτόχρονα και δεν θυμούνται τις νέες πληροφορίες εάν δεν τους είναι αμέσως χρήσιμες. Επομένως, είναι σημαντικό να μην υπερφορτώνουμε τη μνήμη του χρήστη, βομβαρδίζοντάς τον με πληροφορίες. Αλλιώς, μπορεί ο χρήστης να μην κατανοήσει την ερώτηση, να ξεχάσει τις πληροφορίες που του δόθηκαν ή να εκνευριστεί με το σύστημα επειδή δεν μπορεί να το ακολουθήσει.

Προκειμένου να επιτύχουμε λειτουργική και εύκολη στη χρήση διεπαφή, δηλαδή να βοηθήσουμε τους χρήστες στο να δίνουν σωστές εντολές προς το σύστημα, χρησιμοποιήσαμε απλά μηνύματα, ενώ προσπαθήσαμε να δίνουμε τις

σημαντικές πληροφορίες στο τέλος των μηνυμάτων, ώστε να είναι πιθανότερο να τις συγκρατήσει ο χρήστης.

Έτσι, στην εισαγωγή κωδικού η ανακοίνωση είναι:

*Πείτε τον πενταψήφιο κωδικό της καλλιέργειάς σας. Αν δεν τον θυμάστε ή αν δεν έχετε κωδικό, πείτε δεν έχω.*

Αν το μήνυμα ήταν:

*Πείτε τον πενταψήφιο κωδικό της καλλιέργειάς σας.*

Τότε, ένας αρχάριος χρήστης θα μπορούσε να βρεθεί σε σύγχυση, εάν δεν είχε ξαναχρησιμοποιήσει την εφαρμογή και επομένως δεν είχε κωδικό ή αν απλά δεν θυμόταν τον κωδικό της καλλιέργειάς του. Θεωρώντας δύσκολο να γράψουμε μια γραμματική που να επιτρέπει στο σύστημα να αναγνωρίσει όλες τις πιθανές απαντήσεις, που θα μπορούσαν να δώσουν οι χρήστες για να ενημερώσουν ότι δεν θα εισάγουν κωδικό και να προχωρήσουν στη διαδικασία συλλογής των στοιχείων της καλλιέργειας, προτείνουμε στο τέλος του μηνύματος, για να είναι πιο εύκολο να θυμηθεί ο χρήστης ότι έχει και αυτή την επιλογή, συγκεκριμένη φράση που μπορεί να χρησιμοποιήσει. Ακόμα, τα σύντομα μηνύματα ενθαρρύνουν έμμεσα τους χρήστες να είναι και οι ίδιοι σύντομοι στις απαντήσεις τους, γεγονός που κάνει αποδοτικότερο τον διάλογό τους με το σύστημα και βοηθάει την αναγνώριση.

Τέλος, όπως συνηθίζεται στις φωνητικές διεπαφές, επιλέξαμε ευγενικά μηνύματα (polite prompts). Οι εφαρμογές αναγνώρισης φωνής είναι επιρρεπείς στα λάθη, τα οποία μπορεί να οφείλονται είτε στο χρήστη, είτε σε λάθος αναγνώρισης από το σύστημα. Στις περιπτώσεις που ο χρήστης δεν δώσει καμία απάντηση ή όταν συμβεί κάποιο λάθος, τα μηνύματα προς το χρήστη είναι πάντα ευγενικά και αφήνουν να εννοηθεί ότι το σύστημα δεν κατάφερε να καταλάβει το χρήστη. Με τον τρόπο αυτό, ενθαρρύνουμε τους χρήστες να δώσουν άλλη μια ευκαιρία στο σύστημα, χωρίς να τους κάνουμε να νιώσουν ότι φταίνε για το λάθος που έγινε.

### 3.1.3 Καθολικές Εντολές (Universals)

Επιλέξαμε ένα μικρό σύνολο *καθολικών εντολών* (Universals) προς το σύστημα, δηλαδή εντολές που είναι πάντα διαθέσιμες, αναξάρτητα από το σημείο της εφαρμογής στο οποίο βρισκόμαστε. Με τον τρόπο αυτό, προσομοιώνουμε την λειτουργία της ράβδου εργαλείων (toolbar) των γραφικών διεπαφών. Η ράβδος εργαλείων (toolbar) είναι σταθερή. Παραμένει στην οθόνη και οι εικόνες της δεν αλλάζουν ποτέ, ενώ παρέχει μια οπτική υπενθύμιση των δημοφιλών ενεργειών και μια συντόμευση προς αυτές. Αντίστοιχα, και οι καθολικές εντολές είναι σταθερές.

Δεδομένου ότι ο αριθμός των καθολικών εντολών πρέπει να είναι μικρός, συνδέσαμε τις εντολές αυτές με λειτουργίες που βοηθούν το χρήστη όταν αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα. Συγκεκριμένα, οι καθολικές εντολές που υποστηρίζει το σύστημα είναι: «Βοήθεια», «Προηγούμενο» και «Έξοδος», και παρέχουν τις εξής λειτουργίες:

Εντολή	Λειτουργία
Βοήθεια	Ανακοίνωση λεπτομερών οδηγιών ως προς τη χρήση του συστήματος
Προηγούμενο	Διόρθωση τελευταίας εισόδου από το χρήστη
Έξοδος	Τερματισμός της εφαρμογής

### 3.1.4 Ηχογραφημένα μηνύματα

Για την φωνητική απόκριση του συστήματος καταλήξαμε στην χρήση ηχογραφημένων μηνυμάτων αντί για συντεθειμένη φωνή (synthesized speech). Το βασικό κριτήριο για την επιλογή αυτή ήταν να επιτύχουμε όσο το δυνατό πιο ευχάριστη εμπειρία για τον χρήστη. Σε αντίθεση με την απρόσωπη συντεθειμένη, η φυσική ομιλία δίνει ένα πιο φιλικό και ευχάριστο χαρακτήρα στην διεπαφή. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι χρήστες της εφαρμογής θα πρέπει να καλούν συχνά (περίπου 1 φορά την εβδομάδα) για να ενημερώνονται σχετικά με τις ανάγκες

άρδευσης της καλλιέργειάς τους, θελήσαμε να δημιουργήσουμε μια προσιτή διεπαφή που δε θα κουράζει το χρήστη.

Βέβαια, το μειονέκτημα των ηχογραφημένων μηνυμάτων είναι ότι δεν είναι ευέλικτα και επομένως έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος για να συμπεριλάβουμε το δυναμικό περιεχόμενο των VoiceXML σελίδων. Οι δυναμικές πληροφορίες, π.χ. τα είδη καλλιέργειας που υποστηρίζει το σύστημα, ηχογραφήθηκαν σαν ξεχωριστά αρχεία για να μπορούμε να τα χρησιμοποιούμε αυτόνομα. Σε γενικές γραμμές, προσπαθήσαμε να ηχογραφήσουμε τα μηνύματα ολόκληρα, «κόβοντας» μόνο στα σημεία, όπου έχουμε δυναμικό περιεχόμενο, έτσι ώστε να επιτύχουμε καλύτερο αποτέλεσμα.

Εφόσον τα μηνύματα της εφαρμογής ήταν σχετικά λίγα σε αριθμό, θεωρήσαμε εύκολη τη διαχείριση των audio αρχείων και δεδομένων των σημαντικών πλεονεκτημάτων της φυσικής ομιλίας έναντι της συντεθειμένης, πειστήκαμε ότι θα είχαμε πολύ καλύτερη εμπειρία χρήστη με μικρό κόστος.

### 3.2 Περιγραφή του interface

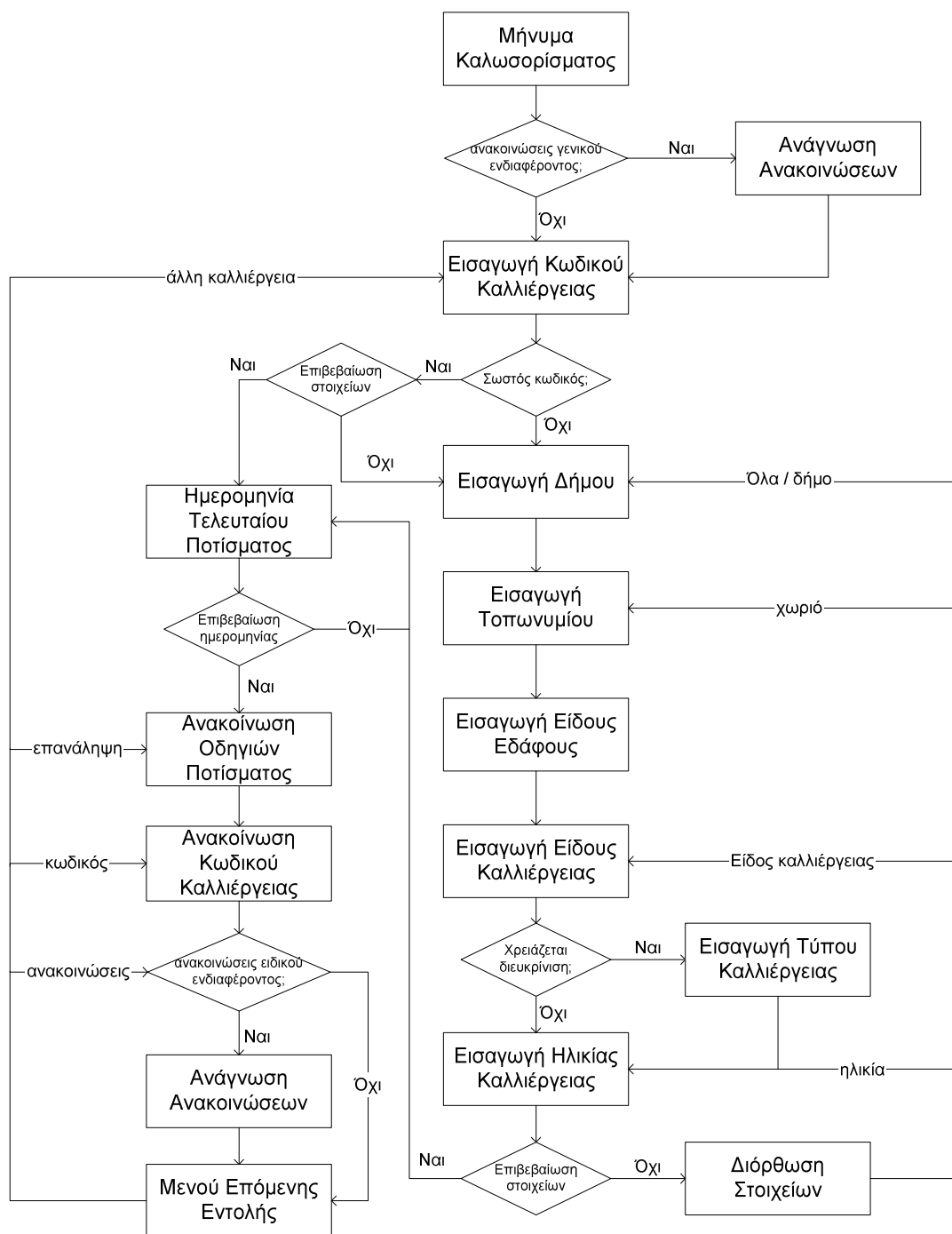
Το σύστημα μετά από μια σειρά ερωτήσεων συλλέγει τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό της ποσότητας νερού και ανακοινώνει στο χρήστη πόσα κυβικά ανά στρέμμα πρέπει να ποτίσει. Τα στοιχεία αυτά είναι :

- η περιοχή στην οποία βρίσκεται το χωράφι, συγκεκριμένα ζητάμε από το χρήστη να προσδιορίσει το δήμο και το χωριό κοντά στο οποίο βρίσκεται το χωράφι του.
- το είδος εδάφους του χωραφιού
- το είδος καλλιέργειας
- την ηλικία των φυτών

Ο συνδυασμός των 4 αυτών στοιχείων χαρακτηρίζει τις καλλιέργειες των χρηστών. Προκειμένου να διευκολύνουμε τους χρήστες που επισκέπτονται συχνά το σύστημα, μειώνοντας τον αριθμό των στοιχείων που πρέπει να εισαχθούν

κάθε φορά, αντιστοιχίζουμε σε κάθε τέτοια τετράδα στοιχείων έναν κωδικό. Εισάγοντας τον κωδικό της καλλιέργειας, τα στοιχεία ανακτώνται από τη βάση και έτσι αποφεύγουμε την επανάληψη της διαδικασίας εισαγωγής των στοιχείων.

Στο Σχήμα 3-1, φαίνεται το γενικό διάγραμμα ροής του διαλόγου.



Σχήμα 3-1 Διάγραμμα Ροής Διαλόγου της εφαρμογής

### 3.2.1 Γενική συμπεριφορά του συστήματος

Σε οποιοδήποτε σημείο του διαλόγου, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ζητήσει βοήθεια λέγοντας μία από τις παρακάτω φράσεις :

- βοήθεια
- πάλι
- ξανά
- δεν κατάλαβα.
- πώς;
- τι να κάνω;

Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα παρέχει αναλυτικές οδηγίες σχετικά με την πιο πρόσφατη ανακοίνωση.

Με τις φράσεις :

- (πήγαινε) (λίγο) (πιο) πίσω
- (πήγαινε) (λίγο) (στο) προηγούμενο
- δεν είπα αυτό!
- δεν θέλω αυτό!

ο χρήστης μπορεί να διορθώσει το τελευταίο στοιχείο που είπε. Ενώ, λέγοντας «Έξοδος», εξέρχεται από την εφαρμογή.

Επίσης, εάν ο χρήστης δεν απαντήσει σε κάποια ερώτηση ή το σύστημα δεν αναγνωρίσει την εντολή που έδωσε, επαναλαμβάνεται η τελευταία ανακοίνωση μετά από ενημέρωση του χρήστη σχετικά με το γεγονός.

<b>Γεγονός</b>	<b>Ανακοίνωση</b>
Δεν υπάρχει είσοδος από το χρήστη για ένα ορισμένο διάστημα	«Λυπάμαι, αλλά δεν σας άκουσα.»
Λάθος στην αναγνώριση	«Λυπάμαι, αλλά δεν σας κατάλαβα.»
Έξοδος	«Ευχαριστούμε πολύ. Γεια σας!»
Διόρθωση τελευταίου στοιχείου	«Ας επιστρέψουμε να διορθώσουμε <το δῆμο> που είπατε.»

Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να διακόψει (barge-in) την ανακοίνωση του συστήματος και να διατυπώσει την

εντολή του προς αυτό. Με τον τρόπο αυτό, οι έμπειροι χρήστες μπορούν να διασχίσουν γρήγορα την εφαρμογή, ενώ οι αρχάριοι χρήστες μπορούν να ακούσουν τις λεπτομερείς παρακινήσεις πριν διατυπώσουν την απάντησή τους.

### **3.2.2 Περιγραφή καταστάσεων διαλόγου**

#### Ανακοινώσεις Γενικού Ενδιαφέροντος

Μετά το μήνυμα καλωσορίσματος, ο χρήστης ενημερώνεται για την ύπαρξη ανακοινώσεων γενικού ενδιαφέροντος και μπορεί να επιλέξει αν θα τις ακούσει ή όχι. Οι ανακοινώσεις αυτές είναι προηχογραφημένες και απευθύνονται σε όλους τους χρήστες.

Σε όλες τις καταστάσεις διαλόγου που περιγράφουμε η **Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>** αναφέρεται στην προτροπή που αναπαράγει το σύστημα την πρώτη φορά που ο χρήστης βρίσκεται στην κατάσταση αυτή. Η **Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>** αναφέρεται στο μήνυμα που αναπαράγει το σύστημα τη δεύτερη συνεχόμενη φορά που ο χρήστης εισέρχεται στην ίδια κατάσταση, κ.ο.κ. Η ανακοίνωση **Βοήθεια** αναφέρεται στο μήνυμα που αναπαράγει το σύστημα εάν ο χρήστης δώσει την καθολική εντολή «Βοήθεια».

#### **Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>**

*Θα θέλατε να ακούσετε τις <3> ανακοινώσεις γενικού ενδιαφέροντος;*

#### **Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>**

*Αν θέλετε να ακούσετε τις ανακοινώσεις, πείτε ναι, διαφορετικά πείτε όχι. Θα θέλατε να ακούσετε τις <3> ανακοινώσεις γενικού ενδιαφέροντος;*

#### **Βοήθεια**

*Αν θέλετε να ακούσετε τις ανακοινώσεις, πείτε ναι, διαφορετικά πείτε όχι. Θα θέλατε να ακούσετε τις <3> ανακοινώσεις γενικού ενδιαφέροντος;*

Εάν ο χρήστης απαντήσει θετικά, ακούγονται οι ανακοινώσεις γενικού ενδιαφέροντος και μπορεί να πλοηγηθεί με τις εντολές: επόμενη, προηγούμενη, επανάληψη και τέλος.

### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

*Ανακοίνωση <1> : (ανακοίνωση)*

### ***Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>***

*Μπορείτε να πείτε προηγούμενη, επόμενη, επανάληψη ή τέλος.*

### ***Βοήθεια***

*Για να ακούσετε την επόμενη ανακοίνωση, πείτε επόμενη. Για να ακούσετε την προηγούμενη ανακοίνωση, πείτε προηγούμενη. Για να ξανακούσετε την ανακοίνωση νούμερο <1>, πείτε επανάληψη. Για να προχωρήσουμε, πείτε τέλος.*

Όταν τελειώσουν οι ανακοινώσεις ακούγεται το μήνυμα:

### ***Ανακοίνωση***

*Για να ακούσετε ξανά τις ανακοινώσεις που μόλις ακούσατε, πείτε επανάληψη. Για να συνεχίσουμε πείτε συνέχεια.*

Αν ο χρήστης απάντησε «συνέχεια», προχωράμε στην εισαγωγή κωδικού καλλιέργειας.

### ***Ανακοίνωση***

*Σε οποιοδήποτε σημείο της εφαρμογής, μπορείτε να πείτε βοήθεια, για οδηγίες σχετικά με τη χρήση της εφαρμογής ή, προηγούμενο για να αλλάξετε το τελευταίο στοιχείο που είπατε.*

### Εισαγωγή Κωδικού Καλλιέργειας

Στο τέλος κάθε κλήσης ανακοινώνεται στο χρήστη ο κωδικός της καλλιέργειάς του. Έτσι, κατά την επόμενη κλήση, ο χρήστης μπορεί να εισάγει τον κωδικό του στο σύστημα. Έχει τη δυνατότητα να τον πει σαν πενταψήφιο αριθμό π.χ. δέκα χιλιάδες ή ανά ψηφίο π.χ. ένα, μηδέν, μηδέν, μηδέν, μηδέν. Διαφορετικά, θα πρέπει να δηλώσει τα στοιχεία της καλλιέργειάς του από την αρχή.

#### ***Ανακοίνωση***

*Πείτε τον πενταψήφιο κωδικό της καλλιέργειάς σας. Αν δεν τον θυμάστε ή αν δεν έχετε κωδικό, πείτε δεν έχω.*

#### ***Βοήθεια***

*Πείτε τον πενταψήφιο κωδικό της καλλιέργειάς σας. Για παράδειγμα, πείτε 10000 ή 1, 0, 0, 0, 0. Αν δεν τον θυμάστε ή αν δεν έχετε κωδικό, πείτε δεν έχω.*

### Επιβεβαίωση Κωδικού

Εάν ο κωδικός είναι έγκυρος, ζητάμε από το χρήστη να επιβεβαιώσει το είδος καλλιέργειας και την περιοχή στην οποία βρίσκεται η καλλιέργειά του. Με αυτόν τον τρόπο, προσπαθούμε να αποφύγουμε λάθη που οφείλονται είτε στο χρήστη, π.χ. θυμάται λάθος κωδικό, είτε στο σύστημα, π.χ. αναγνώρισε διαφορετικό κωδικό από αυτόν που είπε ο χρήστης, ο οποίος τυχαίνει να είναι καταχωρημένος στο σύστημα.

#### ***Ανακοίνωση***

*Θέλετε πληροφορίες για την άρδευση της καλλιέργειάς σας από <ελιές> στην περιοχή <Καστέλι>. Σωστά;*

### ***Βοήθεια***

*Επιβεβαιώστε με ναι ή όχι τα ακόλουθα στοιχεία. Θέλετε πληροφορίες για την άρδευση της καλλιέργειάς σας από <ελιές> στην περιοχή <Καστέλι>. Σωστά;*

Σε περίπτωση λάθους, δηλαδή αν ο κωδικός που αναγνωρίστηκε δεν είναι καταχωρημένος, ενημερώνουμε για την αποτυχία και συλλέγουμε τα στοιχεία της καλλιέργειας.

### ***Ανακοίνωση***

*Ο κωδικός που έχετε εισαγάγει δεν αντιστοιχεί σε κάποια καλλιέργεια.*

### **Εισαγωγή Δήμου**

Ο χρήστης καλείται να δηλώσει σε ποιο δήμο βρίσκεται η καλλιέργειά του. Προς το παρόν οι δήμοι που υποστηρίζονται από το σύστημα είναι: Θερίσσου, Νέας Κυδωνίας, Μουσούρων, Μοιρών, Αστερουσίων, Τυμπακίου, Κόφινα, Αρκαλοχωρίου, Γορτύνας.

### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

*Πείτε μας σε ποιο δήμο βρίσκεται το χωράφι σας.*

### ***Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>***

*Μπορείτε να επαναλάβετε σε ποιο δήμο βρίσκεται το χωράφι σας; Για παράδειγμα πείτε, στο δήμο Μοιρών.*

### ***Ανακοίνωση 3<sup>η</sup>***

*Μπορείτε να επαναλάβετε σε ποιο δήμο βρίσκεται το χωράφι σας; Οι διαθέσιμες επιλογές είναι :*

*Για το νομό <Χανίων> οι δήμοι : <Θερίσσου, Νέας Κυδωνίας, Μουσούρων>.*

Για το νομό <Ηρακλείου> οι δήμοι : <Μοιρών, Αστερουσίων, Τυμπακίου, Κόφινα, Αρκαλοχωρίου, Γορτύνας>.

### ***Βοήθεια***

Πείτε το όνομα του δήμου στον οποίο βρίσκεται το χωράφι σας. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι :

Για το νομό <Χανίων> οι δήμοι : <Θερίσσου, Νέας Κυδωνίας, Μουσούρων>.

Για το νομό <Ηρακλείου> οι δήμοι : <Μοιρών, Αστερουσίων, Τυμπακίου, Κόφινα, Αρκαλοχωρίου, Γορτύνας>.

### **Εισαγωγή Τοπωνυμίου**

Εδώ, ο χρήστης δηλώνει το χωριό κοντά στο οποίο βρίσκεται η καλλιέργειά του. Πρέπει να διαλέξει ένα από τα χωριά που είναι αποθηκευμένα στο σύστημα και ανήκουν στο δήμο που έχει επιλέξει στην προηγούμενη ερώτηση.

### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

Κοντά σε ποιο χωριό του δήμου <Μοιρών> βρίσκεται;

### ***Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>***

Παρακαλώ, πείτε μας, κοντά σε ποιο χωριό του δήμου <Μοιρών> βρίσκεται το χωράφι σας.

### ***Ανακοίνωση 3<sup>η</sup>***

Παρακαλώ, πείτε μας, κοντά σε ποιο χωριό του δήμου <Μοιρών> βρίσκεται το χωράφι σας. Μπορείτε να επιλέξετε ένα από τα χωριά : <Αληθινή, Γαλιά, Καστέλι, Κουσές, Μοίρες βόρεια, Μοίρες νότια, Πέρι, Πετροκεφάλι, Πόμπια, Ρούφας>.

### **Βοήθεια**

Πείτε μας το χωριό κοντά στο οποίο βρίσκεται το χωράφι σας. Μπορείτε να επιλέξετε ένα από τα χωριά : <Αληθινή, Γαλιά, Καστέλι, Κουσές, Μοίρες βόρεια, Μοίρες νότια, Πέρι, Πετροκεφάλι, Πόμπια, Ρούφας>.

### **Εισαγωγή Είδους Εδάφους**

Το σύστημα ανακτά τον τύπο εδάφους (ελαφρύ, μέσο, βαρύ) της περιοχής που υπέδειξε ο χρήστης και ζητά την επιβεβαίωση του.

### **Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>**

Σύμφωνα με τα στοιχεία μας, το έδαφος κοντά στο χωράφι σας είναι <μέσο>. Σωστά;

### **Ανακοίνωση 3<sup>η</sup>**

Επιβεβαιώστε με ναι ή όχι αν το έδαφος κοντά στο χωράφι σας είναι <μέσο>. Αν δεν γνωρίζετε το είδος εδάφους του χωραφιού σας, πείτε "δεν γνωρίζω".

### **Βοήθεια**

Επιβεβαιώστε με ναι ή όχι αν το έδαφος κοντά στο χωράφι σας είναι <μέσο>. Αν δεν γνωρίζετε το είδος εδάφους του χωραφιού σας, πείτε "δεν γνωρίζω".

Σε περίπτωση που ο χρήστης απαντήσει ότι δεν γνωρίζει το είδος εδάφους, συνεχίζουμε τη διαδικασία με το είδος εδάφους που προτείνει το σύστημα.

### **Ανακοίνωση**

Ας θεωρήσουμε ότι το έδαφος του χωραφιού σας είναι <μέσο>.

Ενώ, εάν ο παραγωγός γνωρίζει (έχει ανάλυση εδάφους) ότι ο τύπος εδάφους του χωραφιού του διαφέρει από αυτόν που προτείνει το σύστημα, καλείται να εισάγει τον σωστό τύπο εδάφους.

### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

*Πείτε μας το είδος εδάφους του χωραφιού σας.*

### ***Ανακοίνωση 3<sup>η</sup>***

*Πείτε μας το είδος εδάφους του χωραφιού σας. Για παράδειγμα, πείτε βαρύ.*

### ***Βοήθεια***

*Παρακαλώ, πείτε μας το είδος εδάφους του χωραφιού σας. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι : <ελαφρύ, μέσο, βαρύ>. Αν δεν γνωρίζετε το είδος εδάφους του χωραφιού σας πείτε "δεν γνωρίζω".*

### **Εισαγωγή Είδους Καλλιέργειας**

Προς το παρόν, τα είδη καλλιέργειας που υποστηρίζονται από το σύστημα χωρίζονται σε 5 κατηγορίες : ελιές, εσπεριδοειδή, αβοκάντο, αμπέλια, κηπευτικά. Οι κατηγορίες μπορεί να συμπεριλαμβάνουν τύπους καλλιέργειας. Για παράδειγμα, η κατηγορία αμπέλια αποτελείται από τους τύπους αμπέλι επιτραπέζιο και αμπέλι οινοποιήσιμο. Ο διαχωρισμός σε τύπους καλλιέργειας γίνεται με βάση τη διαφορά στους φυτικούς συντελεστές Κc, οι οποίοι επηρεάζουν τη συνάρτηση υπολογισμού του νερού άρδευσης.

### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

*Πείτε μας τι καλλιεργείτε στο χωράφι σας.*

### ***Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>***

*Πείτε μας πάλι τι καλλιεργείτε στο χωράφι σας. Για παράδειγμα, ελιές, κηπευτικά.*

### **Ανακοίνωση 3'**

Πείτε μας τι καλλιεργείτε στο χωράφι σας. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι : <ελιές, εσπεριδοειδή, αβοκάντο, αμπέλια, κηπευτικά>.

### **Βοήθεια**

Πείτε μας τι καλλιεργείτε στο χωράφι σας. Μπορείτε να πείτε: <ελιές, εσπεριδοειδή, αβοκάντο, αμπέλια, κηπευτικά>.

Στην ερώτηση αυτή, ο χρήστης μπορεί επιλέξει οποιοδήποτε τύπο ή κατηγορία καλλιέργειας. Εάν επιλέξει κατηγορία με διαφορετικούς τύπους, το σύστημα ζητά διευκρίνιση.

### Εισαγωγή Τύπου Καλλιέργειας

### **Ανακοίνωση 1'**

Τι είδους <κηπευτικά> καλλιεργείτε στο χωράφι σας;

### **Ανακοίνωση 3'**

Παρακαλώ, πείτε μας τι είδους <κηπευτικά> καλλιεργείτε στο χωράφι σας. Μπορείτε να πείτε: <ντομάτες, πατάτες, αγγούρια, πεπόνια, καρπούζια>.

### **Βοήθεια**

Πείτε μας τι είδους <κηπευτικά> καλλιεργείτε στο χωράφι σας. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι : <ντομάτες, πατάτες, αγγούρια, πεπόνια, καρπούζια>.

### Εισαγωγή Ηλικίας Καλλιέργειας

Οι κατηγορίες καλλιέργειας που αναφέραμε παραπάνω, χωρίζονται σε πολυετείς και μονοετείς. Επομένως, οι κατηγορίες ελιές, εσπεριδοειδή, αμπέλια

και αβοκάντο είναι πολυετείς και μετράμε την ηλικία τους σε έτη, ενώ τα κηπευτικά είναι μονοετή και μετράμε την ηλικία τους σε ημέρες.

Για τις πολυετείς καλλιέργειες :

### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

Είπατε ότι καλλιεργείτε <ελιές>. Πείτε μας πόσων ετών είναι.

### ***Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>***

Πείτε μας πόσων ετών είναι τα δένδρα σας. Αν είναι πάνω από δέκα ετών, πείτε 'πάνω από δέκα'.

### ***Βοήθεια***

Πείτε μας πριν πόσα χρόνια φυτέψατε τα δένδρα σας. Για παράδειγμα, πείτε 'πριν τρία χρόνια'. Αν η ηλικία τους είναι μεγαλύτερη των δέκα ετών, πείτε 'πάνω από δέκα'.

Για τις μονοετείς καλλιέργειες :

### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

Είπατε ότι καλλιεργείτε <ντομάτες>. Πείτε μας πότε φυτέψατε την καλλιέργειά σας.

### ***Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>***

Παρακαλώ, πείτε μας πότε φυτέψατε την καλλιέργειά σας. Για παράδειγμα, πείτε το πρώτο δεκαήμερο του Απριλίου, πριν 8 μέρες ή 10 τετάρτου.

### ***Βοήθεια***

Παρακαλώ, πείτε μας πότε φυτέψατε την καλλιέργειά σας. Για παράδειγμα, πείτε το πρώτο δεκαήμερο του Απριλίου, πριν 8 μέρες ή 10 τετάρτου.

Σε περίπτωση που ο χρήστης εισάγει ημερομηνία που δεν έχει περάσει ακόμα ή η ηλικία ξεπερνά τις 160 ημέρες, τον ενημερώνουμε για το λάθος και επιστρέφουμε για να συλλέξουμε τη σωστή ηλικία της καλλιέργειας.

#### Επιβεβαίωση Στοιχείων

Στο σημείο αυτό ζητάμε την επιβεβαίωση του χρήστη για τα στοιχεία που έχει εισάγει στο σύστημα.

#### **Ανακοίνωση**

Θέλετε πληροφορίες για την άρδευση της καλλιέργειάς σας από <ελιές> στην περιοχή <Καστέλι>. Σωστά;

#### **Βοήθεια**

Επιβεβαιώστε με ναι ή όχι τα ακόλουθα στοιχεία. Θέλετε πληροφορίες για την άρδευση της καλλιέργειάς σας από <ελιές> στην περιοχή <Καστέλι>. Σωστά;

Εάν ο χρήστης απαντήσει θετικά, προχωράμε στην τελευταία ερώτηση που αφορά την ημερομηνία τελευταίου ποτίσματος της καλλιέργειας. Διαφορετικά, προσπαθούμε να διορθώσουμε τα λανθασμένα στοιχεία.

#### Διόρθωση Στοιχείων

#### **Ανακοίνωση 1'**

Ποιο στοιχείο που αφορά την καλλιέργειά σας θέλετε να αλλάξετε;

#### **Ανακοίνωση 2'**

Ποιο στοιχείο που αφορά την καλλιέργειά σας θέλετε να αλλάξετε; Αν θέλετε να αλλάξετε όλα τα στοιχεία, πείτε όλα.

### **Ανακοίνωση 3'**

Ποιο στοιχείο που αφορά την καλλιέργειά σας θέλετε να αλλάξετε; Μπορείτε να αλλάξετε : το δήμο, το χωριό, το είδος καλλιέργειας, την ηλικία της καλλιέργειας ή όλα τα στοιχεία. Αν θέλετε να αλλάξετε όλα τα στοιχεία, πείτε όλα.

### **Βοήθεια**

Παρακαλώ, πείτε μας ποιο στοιχείο που αφορά την καλλιέργειά σας θέλετε να αλλάξετε. Μπορείτε να αλλάξετε : το δήμο, το χωριό, το είδος καλλιέργειας, την ηλικία της καλλιέργειας ή όλα τα στοιχεία. Αν θέλετε να αλλάξετε όλα τα στοιχεία, πείτε όλα.

Ανάλογα με την απάντηση, επιστρέφουμε στην αντίστοιχη φόρμα προκειμένου να συλλέξουμε τα σωστά στοιχεία.

<b>Απάντηση</b>	<b>Ενέργεια</b>
Δήμος	Ζητάμε να δηλώσει πάλι το δήμο, κατά συνέπεια το χωριό και, αν χρειαστεί, τον τύπο εδάφους
Χωριό	Ζητάμε να δηλώσει πάλι το χωριό και, αν χρειαστεί, τον τύπο εδάφους
Είδος καλλιέργειας	Ζητάμε να δηλώσει πάλι το είδος και την ηλικία καλλιέργειας
Ηλικία	Ζητάμε να δηλώσει πάλι την ηλικία καλλιέργειας
Όλα	Επαναλαμβάνεται η διαδικασία εισαγωγής των στοιχείων από την αρχή
Κανένα	Επιστρέφουμε στην επιβεβαίωση στοιχείων

### Εισαγωγή Ημερομηνίας Τελευταίου Ποτίσματος

Μετά την επιβεβαίωση των στοιχείων, ο χρήστης δηλώνει πότε πότισε τελευταία φορά την καλλιέργειά του. Εισάγει ημερομηνία της μορφής 5/8 ή 5 Αυγούστου ή πριν 7 μέρες και καλείται να επιβεβαιώσει την ακριβή ημερομηνία ποτίσματος που υπολογίζεται από το σύστημα. Υπάρχει και η επιλογή «δεν έχω ποτίσει», η οποία έχει νόημα για την αρχή της άνοιξης, εποχή κατά την οποία δεν αρχίζει ακόμα το πότισμα.

#### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

*Πότε ποτίσατε τελευταία φορά το χωράφι σας;*

#### ***Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>***

*Μπορείτε να μας πείτε πότε ποτίσατε τελευταία φορά το χωράφι σας; Αν δεν έχετε ποτίσει καθόλου πείτε δεν έχω ποτίσει.*

#### ***Βοήθεια***

*Παρακαλώ, πείτε μας πότε ποτίσατε τελευταία φορά την καλλιέργειά σας. Για παράδειγμα, την προηγούμενη Δευτέρα, προχθές ή την Τρίτη. Αν δεν έχετε ποτίσει καθόλου, πείτε δεν έχω ποτίσει.*

Σε περίπτωση που ο χρήστης εισάγει ημερομηνία που δεν έχει περάσει ακόμα τον ενημερώνουμε για το λάθος και επιστρέφουμε για να συλλέξουμε τη σωστή ηλικία της καλλιέργειας. Ενώ, αν ο χρήστης απαντήσει ότι δεν έχει ποτίσει, ζητάμε επιβεβαίωση.

#### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

*Επομένως, δεν έχετε ποτίσει τις τελευταίες 15 μέρες. Σωστά;*

### ***Ανακοίνωση 2'***

*Απαντήστε με Σωστά ή Λάθος. Δεν έχετε ποτίσει τις τελευταίες 15 μέρες. Σωστά;*

### ***Βοήθεια***

*Αν δεν έχετε ποτίσει την καλλιέργειά σας τις τελευταίες 15 μέρες, πείτε σωστά, διαφορετικά, πείτε λάθος.*

### **Επιβεβαίωση Ημερομηνίας**

### ***Ανακοίνωση 1'***

*Είπατε ότι ποτίσατε <την Κυριακή 30 Απριλίου>. Σωστά;*

### ***Βοήθεια***

*Επιβεβαιώστε με ναι ή όχι. Είπατε ότι ποτίσατε <την Κυριακή 30 Απριλίου>. Σωστά;*

### **Ανακοίνωση Οδηγιών Ποτίσματος**

Το σύστημα ανακοινώνει την ποσότητα νερού που υπολόγισε ότι χρειάζεται η συγκεκριμένη καλλιέργεια, σύμφωνα με τα στοιχεία του κοντινότερου μετεωρολογικού σταθμού (εξατμισοδιαπνοή, βροχόπτωση) και τον φυτικό συντελεστή Κ<sub>c</sub>, ανάλογα με το είδος καλλιέργειας, τον τύπο εδάφους και την έλλειψη υδατικών πόρων της περιοχής, εάν πρόκειται για πολυετή καλλιέργεια άνω των 10 ετών. Για κάθε καλλιέργεια υπάρχει μέγιστη δόση νερού.

Οι οδηγίες διαφέρουν σύμφωνα με την ποσότητα νερού. Συγκεκριμένα, υπάρχουν οι εξής περιπτώσεις :

- Δεν χρειάζεται πότισμα

- Η προτεινόμενη δόση είναι μικρότερη από το 30% της μέγιστης δόσης, λέμε ότι μπορεί και να μην ποτίσει και να ξανακαλέσει σε 1-2 μέρες
- 1 δόση μικρότερη της μέγιστης
- Η ποσότητα νερού είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη δόση, αλλά μικρότερη από το διπλάσιό της, προτείνουμε 2 δόσεις της μισής ποσότητας με ενδιάμεσο διάστημα 3 μέρες
- Η ποσότητα νερού είναι μεγαλύτερη από το διπλάσιο της μέγιστης δόσης, προτείνουμε 2 μέγιστες δόσεις με ενδιάμεσο διάστημα 3 μέρες

<b>Νερό άρδευσης</b>	<b>Ανακοίνωση</b>
Το χωράφι δεν χρειάζεται πότισμα	«Η βροχή που έπεσε από την τελευταία φορά που ποτίσατε είναι αρκετή, δε θα χρειαστεί να ρίξετε επιπλέον νερό.»
Μικρότερο από το 30% της μέγιστης δόσης	«Θα πρέπει να ποτίσετε <0,4> κυβικά μέτρα νερό για κάθε στρέμμα της καλλιέργειάς σας. Μπορείτε είτε να ποτίσετε σήμερα, είτε να ξανακαλέσετε <σε δύο τρεις μέρες.>»
Μικρότερο της μέγιστης δόσης	«Θα πρέπει να ποτίσετε <8> κυβικά μέτρα νερό για κάθε στρέμμα της καλλιέργειάς σας.»
Μεγαλύτερο από τη μέγιστη δόση, αλλά μικρότερη από το διπλάσιό της	«Θα πρέπει να ποτίσετε <18,4> κυβικά μέτρα νερό για κάθε στρέμμα της καλλιέργειάς σας. Επειδή όμως το χωράφι σας δε θα μπορέσει να κρατήσει τόσο νερό, θα πρέπει να ποτίσετε σε δύο δόσεις. Στην πρώτη δόση θα ρίξετε <9,2> κυβικά στο στρέμμα, και μετά από τρεις μέρες ποτίστε τα υπόλοιπα <9,2>.»

μεγαλύτερο από το διπλάσιο της μέγιστης δόσης	«Θα πρέπει να ποτίσετε <20> κυβικά μέτρα νερό για κάθε στρέμμα της καλλιέργειάς σας. Επειδή όμως το χωράφι σας δε θα μπορέσει να κρατήσει τόσο νερό, θα πρέπει να ποτίσετε σε δύο δόσεις. Στην πρώτη δόση θα ρίξετε <10> κυβικά στο στρέμμα, και μετά από τρεις μέρες ποτίστε τα υπόλοιπα <10>.»
---	--

Τέλος, αν ο παραγωγός έχει πάνω από 15 μέρες να ποτίσει, παρακινείται από το σύστημα να καλεί πιο συχνά.

### ***Ανακοίνωση***

Για την καλύτερη άρδευση της καλλιέργειάς σας, καλό θα ήταν να ξανακαλέσετε σε διάστημα μικρότερο από 15 μέρες.

### **Ανακοίνωση Κωδικού Καλλιέργειας**

Στο σημείο αυτό, υπενθυμίζουμε τον κωδικό της συγκεκριμένης καλλιέργειας στον χρήστη, έτσι ώστε να μπορεί να τον χρησιμοποιήσει, αν το επιθυμεί, σε επόμενες κλήσεις.

### ***Ανακοίνωση***

Ο κωδικός της καλλιέργειάς σας είναι <1, 0, 0, 0, 1>.

### **Ανακοινώσεις Ειδικού Ενδιαφέροντος**

Αν υπάρχουν ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος, ενημερώνουμε το χρήστη, ο οποίος μπορεί να επιλέξει αν θα τις ακούσει ή όχι. Οι ανακοινώσεις αυτές είναι προηχογραφημένες και αφορούν το είδος καλλιέργειας και την

περιοχή που έχει επιδείξει ο χρήστης. Οι ανακοινώσεις του συστήματος, καθώς και η πλοήγηση στην ανάγνωση των ανακοινώσεων ειδικού ενδιαφέροντος είναι αντίστοιχες με αυτές των ανακοινώσεων γενικού ενδιαφέροντος.

### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

*Θα θέλατε να ακούσετε τις <3> ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος;*

### ***Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>***

*Αν θέλετε να ακούσετε τις ανακοινώσεις, πείτε ναι, διαφορετικά πείτε όχι. Θα θέλατε να ακούσετε τις <3> ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος;*

### ***Βοήθεια***

*Αν θέλετε να ακούσετε τις ανακοινώσεις, πείτε ναι, διαφορετικά πείτε όχι. Θα θέλατε να ακούσετε τις <3> ανακοινώσεις γενικού ειδικού ενδιαφέροντος;*

Εάν ο χρήστης απαντήσει θετικά, ακούγονται οι ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος και μπορεί να πλοηγηθεί με τις εντολές: επόμενη, προηγούμενη, επανάληψη και τέλος.

### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

*Ανακοίνωση <1> : (ανακοίνωση)*

### ***Ανακοίνωση 2<sup>η</sup>***

*Μπορείτε να πείτε προηγούμενη, επόμενη, επανάληψη ή τέλος.*

### ***Βοήθεια***

*Για να ακούσετε την επόμενη ανακοίνωση, πείτε επόμενη. Για να ακούσετε την προηγούμενη ανακοίνωση, πείτε προηγούμενη. Για να ξανακούσετε την ανακοίνωση νούμερο <1>, πείτε επανάληψη. Για να προχωρήσουμε, πείτε τέλος.*

Όταν τελειώσουν οι ανακοινώσεις ακούγεται το μήνυμα:

### ***Ανακοίνωση***

*Για να ακούσετε ξανά τις ανακοινώσεις που μόλις ακούσατε, πείτε επανάληψη. Για να συνεχίσουμε πείτε συνέχεια.*

### **Μενού Επόμενης Εντολής**

Εδώ, η διαδικασία ενημέρωσης έχει τελειώσει και ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ξανακούσει κάποια από τις πληροφορίες που έχει ήδη πάρει ή να ενημερωθεί για κάποια καινούργια καλλιέργεια. Αν ο χρήστης επιλέξει την επιλογή «άλλη καλλιέργεια», επιστρέφει στην εισαγωγή κωδικού καλλιέργειας και ξαναρχίζει η διαδικασία συλλογής των στοιχείων της νέας καλλιέργειας.

### ***Ανακοίνωση 1<sup>η</sup>***

*Αν θέλετε να μάθετε πληροφορίες για κάποια άλλη καλλιέργεια, πείτε άλλη καλλιέργεια. Για να ξανακούσετε τον κωδικό σας πείτε κωδικός. Μπορείτε να πείτε επανάληψη, για να ακούσετε ξανά τις οδηγίες ποτίσματος ή ανακοινώσεις για να ακούσετε τις ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος.*

### ***Ανακοίνωση 3<sup>η</sup>***

*Για κάποια άλλη καλλιέργεια, πείτε άλλη καλλιέργεια. Για να ακούσετε ξανά τις οδηγίες ποτίσματος που μόλις ακούσατε, πείτε επανάληψη, ενώ αν θέλετε να ακούσετε τις ανακοινώσεις, πείτε ανακοινώσεις.*

### ***Βοήθεια***

*Αν θέλετε να μάθετε πληροφορίες για κάποια άλλη καλλιέργεια, πείτε άλλη καλλιέργεια. Για να ξανακούσετε τον κωδικό σας πείτε κωδικός. Για να ακούσετε ξανά τις οδηγίες ποτίσματος που μόλις ακούσατε, πείτε επανάληψη, ενώ αν θέλετε να ακούσετε τις ανακοινώσεις, πείτε ανακοινώσεις.*

Μετά από κάθε εντολή ο χρήστης καταλήγει και πάλι στο μενού επόμενης εντολής. Για να τερματίσει την εφαρμογή, θα πρέπει να δώσει την εντολή «Έξοδος».

### 3.3 Περιγραφή της βάσης δεδομένων

Οι πληροφορίες που κρατάμε στη βάση αφορούν τόσο τα χαρακτηριστικά μιας καλλιέργειας, που είναι απαραίτητα για την συνάρτηση υπολογισμού του νερού άρδευσης, όσο και δεδομένα που υποστηρίζουν την λειτουργία της φωνητικής πύλης. Με τον τρόπο αυτό, μπορούμε να ανακτούμε δυναμικά από τη βάση τα στοιχεία που χρειαζόμαστε κάθε φορά, εξασφαλίζοντας την επεκτασιμότητα της εφαρμογής.

#### 3.3.1 Δεδομένα

Όπως έχουμε αναφέρει τα στοιχεία που διακρίνουν τις καλλιέργειες είναι: το είδος καλλιέργειας, η ηλικία της και το είδος εδάφους. Είδαμε ότι στο φωνητικό interface το είδος εδάφους προσδιορίζεται από την περιοχή στην οποία βρίσκεται το χωράφι. Αυτό γίνεται για την διευκόλυνση των χρηστών, αφού είναι ευκολότερο να δηλώσουν το χωριό κοντά στο οποίο βρίσκεται το χωράφι τους, από το να δηλώσουν τον τύπο εδάφους, τον οποίο μπορεί να μη γνωρίζουν, καθώς γι'αυτό χρειάζεται εδαφολογική μελέτη.

Οι περιοχές είναι καταχωρημένες στη βάση ως εξής: κάθε νομός έχει έναν ή περισσότερους δήμους και κάθε δήμος ένα ή περισσότερα τοπωνύμια. Για κάθε τοπωνύμιο κρατάμε πληροφορία για το τι είδος εδάφους έχει και ποιος είναι ο κοντινότερος μετεωρολογικός σταθμός. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι 5 και εκτός από τα ονόματα και τις μετρήσεις τους (θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, εξάτμιση, εξατμισοδιαπνοή, βροχόπτωση, κτλ)

αποθηκεύουμε την ποσοστιαία έλλειψη υδατικών πόρων της περιοχής όπου βρίσκονται εγκατεστημένοι.

Για παράδειγμα, το χωριό Βαρύπετρο ανήκει στο δήμο Θερίσσου του νομού Χανίων, έχει μέσο έδαφος και ο κοντινότερος μετεωρολογικός σταθμός είναι αυτός της Αγυιάς. Επομένως, ανάλογα με την περιοχή που δίνει ο χρήστης στην φωνητική πύλη, καθορίζεται το είδος εδάφους και ο μετεωρολογικός σταθμός από τον οποίο θα πάρουμε μετρήσεις.

Τα είδη καλλιέργειας είναι κατηγοριοποιημένα με τον ακόλουθο τρόπο: χωρίζονται σε κατηγορίες καλλιέργειας και κάθε κατηγορία ανήκει σε μια από τις δύο γενικές υποκατηγορίες που είναι τα μονοετή και τα πολυετή φυτά. Ακόμη, κάθε κατηγορία περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους τύπους καλλιέργειας. Για τους τύπους καλλιέργειας κρατάμε τους αντίστοιχους φυτικούς συντελεστές  $K_c$ .

Για παράδειγμα, η κατηγορία ελιές, ανήκει στην υποκατηγορία πολυετή, περιλαμβάνει τον τύπο ελιές και οι φυτικοί της συντελεστές, ανάλογα με τον μήνα άρδευσης, είναι:

<b>Μήνας</b>	<b><math>K_c</math></b>
Ιανουάριος	0,5
Φεβρουάριος	0,35
Μάρτιος	0,35
Απρίλιος	0,35
Μάιος	0,3
Ιούνιος	0,3
Ιούλιος	0,35
Αύγουστος	0,42
Σεπτέμβριος	0,48
Οκτώβριος	0,5
Νοέμβριος	0,5
Δεκέμβριος	0,5

Αντίθετα, η κατηγορία κηπευτικά, ανήκει στην υποκατηγορία μονοετή και περιλαμβάνει τους τύπους: αγγούρια, καρπούζια, ντομάτες, πατάτες, πεπόνια. Οι φυτικοί συντελεστές για τα αγγούρια, ανάλογα με την ηλικία της καλλιέργειας, είναι:

<b>Ηλικία</b> (σε ημέρες)	<b>Kc</b>
10	0,5
20	0,5
30	0,54
40	0,64
50	0,79
60	0,93
70	1
80	1
90	1
100	1
110	1
120	0,98
130	0,92
140	0,92
150	0,92

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι επειδή το έδαφος έχει συγκεκριμένη χωρητικότητα, υπάρχει μέγιστη δόση νερού που μπορεί να συγκρατήσει. Έτσι, δεν έχει νόημα να ρίξουμε περισσότερο νερό από τη μέγιστη αυτή δόση, αφού δεν θα αξιοποιηθεί από την καλλιέργεια. Η μέγιστη δόση εξαρτάται από το είδος εδάφους, την υποκατηγορία και την ηλικία της καλλιέργειας. Αναλυτικά, ισχύουν τα παρακάτω:

Είδος καλλιέργειας	Είδος εδάφους	Αριθμός εφαρμογών	Μέγιστη δόση (mm)
Πολυετείς έως 10 ετών	ελαφρύ	2	7
	μέσο	2	10
	βαρύ	2	10
Πολυετείς άνω των 10 ετών	ελαφρύ	2	12
	μέσο	2	20
	βαρύ	2	20
Μονοετείς	ελαφρύ	2	4
	μέσο	2	6
	βαρύ	2	6

Επομένως, για μια καλλιέργεια από ελιές στην περιοχή Βαρύπετρο, δηλαδή με μέσο είδος εδάφους, και ηλικία 15 χρόνια, η μέγιστη δόση νερού είναι 20 mm ανά στρέμμα.

Επίσης, στη βάση καταχωρούνται οι ανακοινώσεις που θέλουμε να ακούγονται στη φωνητική διεπαφή. Συγκεκριμένα, υπάρχουν οι ανακοινώσεις γενικού ενδιαφέροντος που απευθύνονται σε όλους τους χρήστες και οι ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος. Οι ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος μπορεί να αφορούν την ευρύτερη περιοχή ενός μετεωρολογικού σταθμού, π.χ. πρόγνωση του καιρού για την επόμενη εβδομάδα, ή μια κατηγορία καλλιέργειας, π.χ. δοσολογία φυτοφαρμάκων για τα κηπευτικά.

Τέλος, προκειμένου να διευκολύνουμε τους χρήστες της εφαρμογής, οι τύποι καλλιέργειας που υποστηρίζονται από το σύστημα βρίσκονται αποθηκεύμενοι στη βάση και με εναλλακτικά ονόματα. Για παράδειγμα, ο τύπος αμπέλι οινοποιήσιμο μπορεί να αναγνωριστεί και με τα ονόματα πρέμνα, σταφιδάμπελα, σταφιδάμπελο.

### **3.3.2 Λειτουργικότητα**

Η ύπαρξη της βάσης δεδομένων στο σύστημα δίνει δυναμικό χαρακτήρα στη φωνητική πύλη. Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στους χρήστες μέσω της φωνητικής διεπαφής, βρίσκονται αποθηκευμένες στη βάση. Εφόσον έχουμε τη δυνατότητα να διαχειριζόμαστε τα δεδομένα της βάσης, με τις διάφορες ερωτήσεις προς αυτή που έχουμε υλοποιήσει, μπορούμε να διαχειριστούμε και την πληροφορία που φτάνει στους χρήστες. Αυτό είναι δυνατό, επειδή η φωνητική διεπαφή δεν είναι στατική, δηλαδή πάντα ίδια, αλλά δυναμική, δηλαδή αλλάζει και περιέχει συγκεκριμένα δεδομένα που αντλεί από τη βάση κάθε φορά.

Οι βασικές λειτουργίες της βάσης είναι:

1. Ανάκτηση δεδομένων από τη βάση.
2. Ερωτήσεις για την συνάρτηση του νερού άρδευσης
3. Εισαγωγή και διαγραφή δεδομένων.
4. Εργασίες για την διατήρηση της βάσης.

#### Ανάκτηση δεδομένων

Τα δεδομένα της βάσης χρησιμοποιούνται από τη φωνητική διεπαφή για τις γραμματικές αναγνώρισης, τις ανακοινώσεις βοήθειας, καθώς και τον υπολογισμό του νερού άρδευσης.

Το σύστημα αναγνωρίζει τις λέξεις που περιλαμβάνει η γραμματική που είναι ενεργή κάθε φορά. Οι γραμματικές για το δήμο, το τοπωνύμιο, το είδος καλλιέργειας και το είδος εδάφους είναι δυναμικές. Αυτό σημαίνει ότι οι λέξεις που περιλαμβάνουν ανακτώνται δυναμικά από τη βάση. Με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίζουμε ότι η φωνητική πύλη αναγνωρίζει όλα π.χ. τα τοπωνύμια που βρίσκονται καταχωρημένα στη βάση. Έτσι, αν προσθέσουμε ένα τοπωνύμιο στη βάση, η πύλη θα αναγνωρίζει το νέο τοπωνύμιο χωρίς να χρειαστεί να ενημερώσουμε τη διεπαφή.

Η βάση έχει ερωτήσεις που επιστρέφουν όλους τους νομούς, τους δήμους, τα τοπωνύμια, τα είδη εδάφους, τις κατηγορίες καλλιέργειας, τους τύπους καλλιέργειας, τα ονόματα καλλιέργειας, τους μετεωρολογικούς σταθμούς και τις ανακοινώσεις ειδικού και γενικού ενδιαφέροντος που είναι ενεργές για την ημερομηνία κλήσης.

Οι ερωτήσεις ανάκτησης δεδομένων χρησιμοποιούνται και στις δυναμικές φόρμες για τις ανακοινώσεις βοήθειας. Οι φόρμες που συλλέγουν το δήμο, το τοπωνύμιο, το είδος καλλιέργειας και το είδος εδάφους, ενημερώνουν το χρήστη για τις πιθανές απαντήσεις που μπορεί να δώσει. Για παράδειγμα, στην φόρμα εισαγωγής του είδους εδάφους η ανακοίνωση βοήθειας είναι:

*Παρακαλώ, πείτε μας το είδος εδάφους του χωραφιού σας. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι : <ελαφρύ, μέσο, βαρύ>. Αν δεν γνωρίζετε το είδος εδάφους του χωραφιού σας πείτε "δεν γνωρίζω".*

Οι διαθέσιμες επιλογές είναι τα είδη εδάφους που βρίσκονται στη βάση και ανακτώνται δυναμικά από αυτή.

#### Ερωτήσεις για την συνάρτηση του νερού άρδευσης

Για να υπολογίσουμε τις αρδευτικές ανάγκες χρειαζόμαστε τις μετρήσεις των μετεωρολογικών σταθμών, το φυτικό συντελεστή και τη μέγιστη δόση. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί παίρνουν μετρήσεις για τις διάφορες παραμέτρους τους κάθε μια ώρα. Από τις παραμέτρους αυτές, εστιάζουμε στην εξατμισοδιαπνοή και τη βροχόπτωση.

Έχουμε υλοποιήσει ερωτήσεις προς τη βάση, οι οποίες επιστρέφουν το άθροισμα των μετρήσεων εξατμισοδιαπνοής, καθώς και την ημερήσια βροχόπτωση για ένα συγκεκριμένο διάστημα. Ακόμα, έχουμε ερωτήσεις που επιστρέφουν το φυτικό συντελεστή για τις πολυετείς και τις μονοετείς καλλιέργειες και τη μέγιστη δόση για την καλλιέργεια που μας ενδιαφέρει.

### Εισαγωγές και διαγραφές δεδομένων

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η λύση της βάσης χρησιμοποιήθηκε κυρίως για να υπάρχει ευελιξία στα δεδομένα του συστήματος. Οι ερωτήσεις εισαγωγής δεδομένων επιτρέπουν την επέκταση της βάσης και επόμενα της εφαρμογής. Έτσι, μπορούμε να επεκτείνουμε την εφαρμογή ώστε να περιλαμβάνει περισσότερες περιοχές, είδη καλλιέργειας ή μετεωρολογικούς σταθμούς. Ακόμα, είναι εφικτή η καταχώρηση νέων καλλιεργειών και ανακοινώσεων.

Για την καλύτερη διαχείριση των δεδομένων, υπάρχουν στη βάση και οι αντίστοιχες διαγραφές, με τη διαφορά ότι δεν μπορούμε να διαγράψουμε τους μετεωρολογικούς σταθμούς γιατί τότε θα έπρεπε να διαγράψουμε και τις μετρήσεις τους. Οι διαγραφές δίνουν τη δυνατότητα διόρθωσης της πληροφορίας που βρίσκεται στη βάση.

### Εργασίες για την διατήρηση της βάσης

Τέλος, έχουμε υλοποιήσει τέσσερις εργασίες, οι οποίες συμβάλλουν στην καλή λειτουργία της βάσης. Αυτές αφορούν την ανανέωση των ηλικιών των καταχωρημένων καλλιεργειών και τη διαγραφή των ανακοινώσεων ειδικού και γενικού ενδιαφέροντος.

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, παραθέτουμε αναλυτικά το μοντέλο Οντότητας – Συσχέτισης, το Σχεσιακό σχήμα, τις λειτουργίες (stored procedures) και τις εργασίες (jobs) της βάσης δεδομένων.

## 3.4 Διασύνδεση βάσης – interface (Αρχιτεκτονική Software)

Το σύστημα αποτελείται από τρία κύρια επίπεδα: τα δεδομένα (database), την επιχειρησιακή λογική (business logic) και την διεπαφή χρήστη (user interface). Τα δεδομένα βρίσκονται αποθηκευμένα στην σχεσιακή βάση που

περιγράψαμε παραπάνω. Η επιχειρησιακή λογική (business logic) αντιπροσωπεύει τη διαχείριση των δεδομένων και αποτελεί τον πυρήνα της εφαρμογής, καθώς τα δεδομένα και η επεξεργασία τους είναι ο λόγος ύπαρξης της εφαρμογής. Η επιχειρησιακή λογική (business logic) προσδιορίζει και περιγράφει τη ροή των πληροφοριών, τους υπολογισμούς που αφορούν τα δεδομένα, τις δομές δεδομένων, τους περιορισμούς και τους ελέγχους για κάθε πρόβλημα με το οποίο ασχολείται η εφαρμογή. Στην περίπτωση μας, η διεπαφή χρήστη είναι η φωνητική διεπαφή που έχουμε ήδη αναλύσει.

Για την διασύνδεση των τριών επιπέδων του συστήματος χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο Model – View – Controller (MVC). Η βασική ιδέα του MVC μοντέλου είναι ο καθαρός διαχωρισμός της επιχειρησιακής λογικής (business logic) και της παρουσίασης των δεδομένων στο χρήστη. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ίδια επιχειρησιακή λογική για διαφορετικές διεπαφές χρήστη (ή διεπαφές για διαφορετικούς τύπους χρηστών π.χ. administrator, simple user). Έτσι, εκτός από τη φωνητική διεπαφή, μπορούμε να υλοποιήσουμε και μια διεπαφή Ιστού (web interface) για την εφαρμογή, η οποία θα χρησιμοποιεί την βάση και την επιχειρησιακή λογική που έχουμε ήδη υλοποιήσει για τη φωνητική πύλη.

#### **3.4.1 Μοντέλο Model – View - Controller (MVC)**

Το μοντέλο MVC είναι μια μέθοδος, δοκιμασμένη στο χρόνο, για το διαχωρισμό μιας εφαρμογής σε τρία ευδιάκριτα κομμάτια/συστατικά έτσι ώστε οι τροποποιήσεις σε ένα κομμάτι μπορούν να γίνουν με τον ελάχιστο αντίκτυπο στα άλλα. Ο πρωταρχικός στόχος του μοντέλου είναι να απομονωθούν οι αλλαγές της διεπαφής χρήστη (User Interface), ώστε να μην επιφέρουν αλλαγές στην επιχειρησιακή λογική (business logic) της εφαρμογής. Ο λόγος για τη διαίρεση αυτή είναι ότι οι διεπαφές χρήστη και η επιχειρησιακή λογική οδηγούνται σε αλλαγές για διαφορετικούς λόγους, ενώ έχουν και διαφορετική συχνότητα αλλαγής (είθισται η διεπαφή χρήστη να χρειάζεται αλλαγές πολύ πιο συχνά από

την επιχειρησιακή λογική). Κάνοντας αυτόν το διαχωρισμό μπορούμε να διαμορφώνουμε την διεπαφή χρήστη, χωρίς να κάνουμε οποιαδήποτε αλλαγή στην επιχειρησιακή λογική και αντίστροφα.

Το μοντέλο διαιρεί μια εφαρμογή σε τρία κομμάτια καθένα από τα οποία αναλαμβάνει έναν συγκεκριμένο ρόλο. Ο ελεγκτής (Controller) αντιπροσωπεύει την είσοδο του συστήματος, το μοντέλο (Model) την επεξεργασία των δεδομένων, ενώ η όψη (View) αντιπροσωπεύει την έξοδο του συστήματος. Αναλυτικά, τα τρία κομμάτια της εφαρμογής είναι [8]:

#### Model

Το μοντέλο έχει την ευθύνη για την πραγματική επιχειρησιακή λογική και την κατάσταση της εφαρμογής. Διαχειρίζεται τη συμπεριφορά και τα δεδομένα της εφαρμογής, δίνει πληροφορία σχετικά με την κατάστασή της στην όψη (View) και μπορεί να αλλάξει την κατάσταση της εφαρμογής με βάση τις εντολές του ελεγκτή (Controller). Με άλλα λόγια, το μοντέλο ξέρει τους κανόνες για να ανακτήσει και να αναβαθμίσει την κατάσταση της εφαρμογής. Ακόμα, είναι το μόνο μέρος του συστήματος που μιλά με τη βάση δεδομένων.

#### View

Η όψη είναι αρμόδια για την παρουσίαση. Λαμβάνει τα δεδομένα από το μοντέλο (Model) και τα παρουσιάζει στο χρήστη σε μια μορφή κατάλληλη για αλληλεπίδραση, συνήθως μέσω μιας διεπαφής/interface. Έχει πρόσβαση στην κατάσταση του μοντέλου (Model) από τον ελεγκτή (Controller). Αν και όχι άμεσα, ο ελεγκτής βάζει τα δεδομένα του μοντέλου σε ένα μέρος όπου η όψη μπορεί να τα βρει. Επίσης, είναι το κομμάτι που παίρνει την είσοδο από το χρήστη και την επιστρέφει στον ελεγκτή.

#### Controller

Λαμβάνει την είσοδο του χρήστη και καταλαβαίνει τι σημαίνει για το μοντέλο (Model), δηλαδή μεταφράζει την είσοδο στις συγκεκριμένες ενέργειες

που πρέπει να γίνουν σύμφωνα με την αίτησή του χρήστη. Ενημερώνει το μοντέλο να ανανεωθεί και καθιστά διαθέσιμη τη νέα κατάσταση του μοντέλου στην όψη (View).

Γενικά Χαρακτηριστικά:

- Η όψη (View) μπορεί να αλλάξει ανεξάρτητα από τον ελεγκτή (Controller) και το μοντέλο (Model).
- Το μοντέλο (Model) κρύβει τις εσωτερικές λεπτομέρειες (δομές δεδομένων), από την όψη (view) και τον ελεγκτή (Controller).
- Εάν το μοντέλο (Model) ακολουθεί μια ακριβή σύμβαση (διεπαφή), τότε το κομμάτι (component) αυτό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές (web interface, voice portal).
- Ο διαχωρισμός του κώδικα του μοντέλου (Model) από τον κώδικα του ελεγκτή (Controller) επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση της επιχειρησιακής λογικής, ενώ συγκεντρώνει τον έλεγχο της εφαρμογής.

Αρχές του MVC:

- Το μοντέλο MVC βασίζεται στον διαχωρισμό των ρόλων και στις χαλαρές συνδέσεις των τμημάτων (components).
- Αυξάνει τη συνοχή στα επιμέρους τμήματα/κομμάτια.
- Μειώνει την επανάληψη κώδικα.
- Αυξάνει τη γενική πολυπλοκότητα της εφαρμογής. (Αυτό ισχύει επειδή ακόμα κι αν τα επιμέρους κομμάτια έχουν μεγαλύτερη συνοχή, το MVC προσθέτει πολλά νέα συστατικά στην εφαρμογή.)
- Ελαχιστοποιεί τον αντίκτυπο των αλλαγών στα άλλα κομμάτια/τμήματα της εφαρμογής.

### 3.4.2 Υλοποίηση του μοντέλου MVC

Στην εφαρμογή μας, τα τρία κομμάτια/τμήματα του μοντέλου MVC έχουν ως εξής:

#### Model

Το μοντέλο, αποτελείται από μία κλάση Java, η οποία περιέχει τις μεθόδους για την ανάκτηση των δεδομένων από τη βάση καθώς και τον υπολογισμό του νερού άρδευσης (βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β).

#### View

Οι όψεις του μοντέλου είναι τα αρχεία VoiceXML, οι γραμματικές XML, για τις στατικές σελίδες, και JSP, για τις σελίδες με δυναμικό περιεχόμενο, της φωνητικής διεπαφής.

#### Controller

Ο ελεγκτής αποτελείται από ένα servlet και μία κλάση Java για κάθε λειτουργία της εφαρμογής. Κάθε κλάση διεκπεραιώνει μία ενέργεια του συστήματος, με τη βοήθεια του μοντέλου και καλεί την επόμενη όψη. Για παράδειγμα, μία κλάση αναλαμβάνει να ανακτήσει από τη βάση (καλώντας την αντίστοιχη μέθοδο του μοντέλου), να καλέσει και να στείλει στην αντίστοιχη όψη όλους τους δήμους που υποστηρίζονται από το σύστημα. Το servlet απλά δέχεται τις αιτήσεις (requests) του χρήστη (όλες χρησιμοποιούν την HTTP GET method) και ανάλογα με την ενέργεια που απαιτεί κάθε αίτηση, τις προωθεί στην κατάλληλη κλάση για επεξεργασία.

Όλες οι δομές που περιγράφουμε παραπάνω, βρίσκονται στον servlet container (Tomcat), ο οποίος αναλαμβάνει την επικοινωνία με τον Voice Browser μέσω του πρωτοκόλλου HTTP. Ο Voice Browser, κατ'αναλογία με τον Web

Browser, είναι υπεύθυνος για την παρουσίαση των σελίδων VoiceXML στον χρήστη.

Επομένως, η διαδικασία είναι η ακόλουθη: κάθε φορά που ο χρήστης εισάγει πληροφορία στο σύστημα, η αντίστοιχη όψη (μέσω του Voice Browser και του Container) στέλνει μία HTTP αίτηση στον ελεγκτή, ο οποίος μεταφέρει την αίτηση σε μία από τις κλάσεις του. Αυτή, με τη σειρά της, χρησιμοποιεί την επιχειρησιακή λογική, δηλαδή το μοντέλο, για να παράγει την απάντηση στην αίτηση και επιλέγει την επόμενη όψη για τον χρήστη. Τέλος, σύμφωνα με τα αποτελέσματα παράγεται η επόμενη όψη και παραδίδεται από τον Container στον Voice Browser για να παρουσιαστεί στο χρήστη.

## 4 Χρήση – Δοκιμή – Αξιολόγηση της εφαρμογής

Σε αυτό το στάδιο προσπαθήσαμε να δοκιμάσουμε και να αξιολογήσουμε το σύστημα με στόχο τη βελτίωσή του. Κατά κύριο λόγο, ασχοληθήκαμε με την βελτίωση της αναγνώρισης της εισόδου από τους χρήστες. Είδαμε νωρίτερα ότι η αναγνώριση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις γραμματικές της εφαρμογής, αφού οι γραμματικές καθορίζουν όλες τις εκφράσεις που μπορεί να αναγνωρίσει το σύστημα. Επομένως, οι γραμματικές επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση του συστήματος.

Αρχικά, λοιπόν, δοκιμάσαμε τις γραμματικές της εφαρμογής για να διαπιστώσουμε ότι λειτουργούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία, κάναμε δοκιμές ως προς:

- την ερμηνεία, δηλαδή ελέγξαμε αν οι γραμματικές παραδίδουν στον κώδικα της εφαρμογής την αναμενόμενη ερμηνεία φυσικής γλώσσας για μια ορισμένη συλλογή φράσεων.
- την υπερ-παραγωγή (over-generation), για να ανιχνεύσουμε αν υπάρχουν ακατάλληλες ή χωρίς νόημα προτάσεις που υποστηρίζονται από τη γραμματική. Στην έξοδο αυτού του εργαλείου, βλέπουμε όλες τις προτάσεις που καθορίζονται από τα μονοπάτια (paths) των γραμματικών, οπότε μπορούμε να ελέγξουμε ότι η γραμματική παράγει, και επομένως αναγνωρίζει, μόνο επιθυμητές προτάσεις.
- την ασάφεια, για να εντοπίσουμε φράσεις που αναγνωρίζονται από τη γραμματική και επιστρέφουν παραπάνω από μια ερμηνείες.

Αφού βεβαιωθήκαμε ότι οι γραμματικές που υλοποιήσαμε περνούν με επιτυχία τις παραπάνω δοκιμές, προχωρήσαμε στην δοκιμή της εφαρμογής όσον αφορά τη λειτουργικότητα και την αποδοτικότητά της. Προκειμένου να ελέγξουμε αν το σύστημα αναγνωρίζει ικανοποιητικά τις εκφράσεις των χρηστών

και ενεργεί σύμφωνα με τις επιθυμίες τους, προσπαθήσαμε να αξιολογήσουμε την αναγνώριση του συστήματος με βάση τις γραμματικές.

Το σύστημα αναγνώρισης καθιστά διαθέσιμες στην εκάστοτε εφαρμογή διάφορες παραμέτρους/μεταβλητές. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι η σειρά των λέξεων που αναγνωρίστηκαν, η ερμηνεία φυσικής γλώσσας (Natural Language Interpretation), η οποία καθορίζεται από τη γραμματική, και το ποσοστό εμπιστοσύνης (confidence level), δηλαδή το πόσο βέβαιο είναι το σύστημα ότι έκανε σωστή αναγνώριση. Η ερμηνεία φυσικής γλώσσας, ουσιαστικά καθορίζει τι σημαίνει για την εφαρμογή η είσοδος που αναγνωρίστηκε, δηλαδή ποιά θα πρέπει να είναι η επόμενη ενέργεια. Για παράδειγμα, στην φόρμα ανάγνωσης των ανακοινώσεων γενικού ενδιαφέροντος το σύστημα επιλέγει αν θα προχωρήσει στην ανάγνωση των ανακοινώσεων ή συνεχίσει με την εισαγωγή του κωδικού καλλιέργειας, βάση της απάντησης του χρήστη, δηλαδή της ερμηνείας φυσικής γλώσσας που θα επιστρέψει η γραμματική.

Για να δοκιμάσουμε την ικανότητα αναγνώρισης του συστήματος, ελέγχουμε αν το σύστημα αναγνωρίζει τις λέξεις που λένε οι χρήστες και αν επιστρέφει τις σωστές ερμηνείες φυσικής γλώσσας. Επομένως, πρέπει να συγκρίνουμε τις ακριβείς εκφράσεις των χρηστών με τις φράσεις που επέστρεψε η αναγνώριση, καθώς και την ερμηνεία φυσικής γλώσσας για τις προτάσεις αυτές. Η σύγκριση των ερμηνειών φυσικής γλώσσας (Natural Language Interpretations) είναι σημαντική γιατί φανερώνει αν οι ενέργειες του συστήματος ήταν αυτές που ζήτησε ο χρήστης.

Συνήθως, συμπεριλαμβάνουμε πολλές παρεμφερείς λέξεις στις γραμματικές για την ίδια ενέργεια, δηλαδή με την ίδια ερμηνεία (Natural Language Interpretation). Για παράδειγμα, οι λέξεις ντομάτα, τομάτα, ντοματιές, τοματιές, έχουν την ίδια ερμηνεία για το σύστημα: ντομάτες. Πολλές φορές, συμβαίνει το σύστημα να μην έχει αναγνωρίσει την λέξη που είπε ο χρήστης, αλλά μια παραπλήσια που υποστηρίζει η γραμματική, η οποία όμως έχει την ίδια ερμηνεία. Για παράδειγμα, μπορεί ο χρήστης να έχει πει ντομάτες και το σύστημα να αναγνωρίσει ντοματιές. Έτσι, αν συγκρίνουμε απλά τις λέξεις βλέπουμε ότι το

σύστημα έχει κάνει λάθος αναγνώριση. Αντίθετα, αν λάβουμε υπόψη την ερμηνεία που έχουν για το σύστημα οι δύο λέξεις, δηλαδή τις ερμηνείες φυσικής γλώσσας, βλέπουμε ότι και στις δύο περιπτώσεις το σύστημα θα κάνει την ίδια ενέργεια, άρα μπορούμε να πούμε ότι ο χρήστης δεν επηρεάστηκε από το λάθος αυτό.

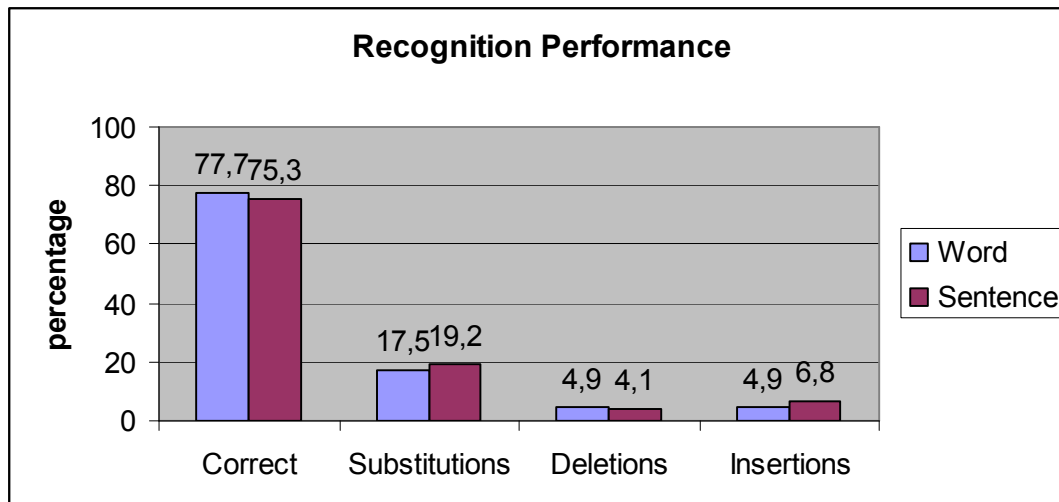
Για την αξιολόγηση του συστήματος αναγνώρισης επεξεργαστήκαμε 60 κλήσεις χρηστών προς το σύστημα, με μέση διάρκεια κλήσης 3 λεπτά.

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε έχει ως εξής:

- Συγκεντρώσαμε τις αναγνωρίσεις του συστήματος για όλες τις απαντήσεις των χρηστών, στα τηλεφωνήματα αυτά, σε αρχεία υπόθεσης (hypothesis files)
- Καταγράψαμε τις ακριβείς απαντήσεις των χρηστών σε αρχεία μεταγραφής (transcription files)
- Χρησιμοποιώντας σαν είσοδο σε κατάλληλο εργαλείο τις γραμματικές της εφαρμογής και τα παραπάνω αρχεία, δημιουργήσαμε τα αντίστοιχα αρχεία με τις ερμηνείες φυσικής γλώσσας, hypothesis-nl και transcription-nl files
- Συγκρίναμε τα αρχεία υπόθεσης και μεταγραφής, καθώς και τα hypothesis-nl και transcription-nl files με τη βοήθεια εργαλείου λογισμικού για τέστ αξιολόγησης συστημάτων αναγνώρισης φωνής.

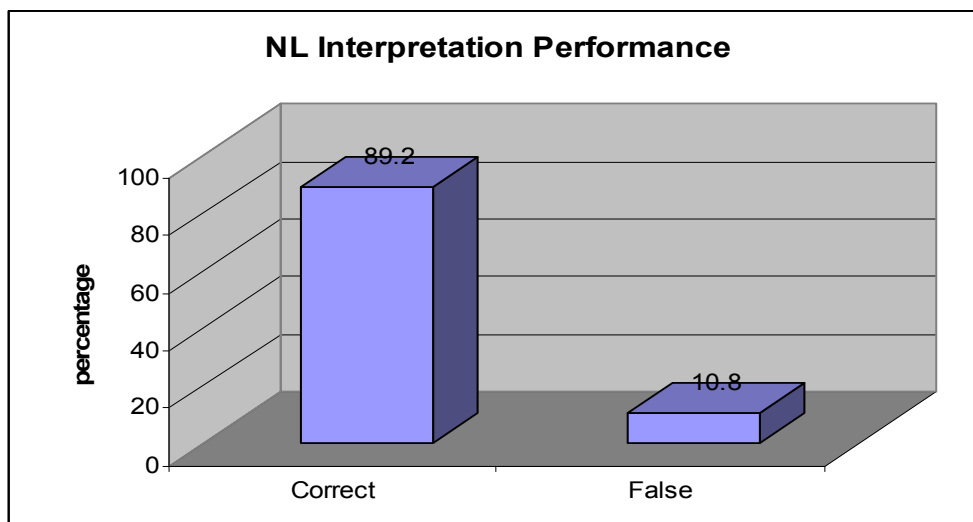
Όσον αφορά την σύγκριση των αρχείων υπόθεσης και μεταγραφής τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 24,7% των προτάσεων των αρχείων υπόθεσης περιέχουν λάθη. Στο Ραβδόγραμμα 4-1, εξετάζουμε τις επιδόσεις του συστήματος αναγνώρισης σε επίπεδο προτάσεων και λέξεων. Αναλυτικά, βλέπουμε τα ποσοστά των προτάσεων χωρίς λάθη, των προτάσεων με αντικαταστάσεις (Substitutions), με διαγραφές (Deletions) και με εισαγωγές λέξεων (Insertions). Αντίστοιχα, παραθέτουμε τα ποσοστά των σωστά αναγνωρισμένων λέξεων (Correct), των λέξεων για τις οποίες ο recognizer επέστρεψε λάθος λέξη

(Substitutions), των λέξεων που παρέλειψε (Deletions), καθώς και των λέξεων που εισήγαγε ο recognizer (Insertions).



**Ραβδόγραμμα 4-1** Επιδόσεις του συστήματος αναγνώρισης με βάση την σύγκριση των αρχείων υπόθεσης και μεταγραφής

Για να ελέγξουμε τις επιδόσεις του συστήματος αναγνώρισης ως προς την ερμηνεία φυσικής γλώσσας, προχωρήσαμε στην σύγκριση των hypothesis-nl και transcription-nl files. Στο Ραβδόγραμμα 4-2, εξετάζουμε τα αποτελέσματα της σύγκρισης ως προς τα ποσοστά των περιπτώσεων σωστής (Correct) και λανθασμένης (False) ερμηνείας φυσικής γλώσσας της εισόδου του χρήστη. Βλέπουμε, δηλαδή, ότι στο 89,2% των περιπτώσεων, το σύστημα ερμήνευσε σωστά την εντολή που έχει δώσει ο χρήστης και έπραξε ανάλογα.



**Ραβδόγραμμα 4-2** Επιδόσεις του συστήματος αναγνώρισης όσον αφορά την ερμηνεία φυσικής γλώσσας με βάση την σύγκριση των hypothesis-nl και transcription-nl files

Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι οι λέξεις που παραλείπει ή εισάγει ο recognizer είναι συνήθως άρθρα, τα οποία δεν επηρεάζουν την ερμηνεία φυσικής γλώσσας και κατά συνέπεια την απόδοση του συστήματος.

Επίσης, παρατηρούμε ότι στις συγκρίσεις των NL Interpretation files έχουμε καλύτερα αποτελέσματα, γεγονός που δηλώνει ότι σε γενικές γραμμές το σύστημα λειτουργεί επιθυμητά ακόμα κι αν δεν έχει αναγνωρίσει σωστά όλες τις λέξεις που πρόφερε ο χρήστης.

### **Συμπεράσματα**

Κατά την διαδικασία καταγραφής των εκφράσεων των χρηστών, διαπιστώσαμε κάποιες μικρές ελλείψεις στις γραμματικές της εφαρμογής. Για να καλύψουμε τις ελλείψεις αυτές, συμπεριλάβαμε στις γραμματικές κάποιες εκφράσεις των χρηστών που δεν είχαμε προβλέψει. Π.χ. στην γραμματική που χρησιμοποιούμε στην Διόρθωση στοιχείων για το μήνυμα του συστήματος:

*Ποιο στοιχείο που αφορά την καλλιέργειά σας θέλετε να αλλάξετε;*

συμπεριλάβαμε την επιλογή «Κανένα», ενώ στην γραμματική που αναγνωρίζει τα είδη καλλιέργειας προσθέσαμε τις λέξεις τομάτες και τοματιές.

Ακόμα, για να αποφύγουμε τα λάθη στην ερμηνεία φυσικής γλώσσας, εκμεταλλευτήκαμε το ποσοστό εμπιστοσύνης που επιστρέφει το σύστημα αναγνώρισης. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης πει ότι καλλιεργεί «μηλιές», το σύστημα θα αναγνωρίσει τη λέξη «ελιές» με χαμηλό ποσοστό εμπιστοσύνης και θα προχωρήσει την εκτέλεση του προγράμματος. Στην περίπτωση αυτή έχουμε και λάθος αναγνώριση και λάθος ερμηνεία φυσικής γλώσσας. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού υιοθετήσαμε την εξής τακτική: αν το ποσοστό εμπιστοσύνης είναι μικρό, λιγότερο από 40%, ζητάμε από τον χρήστη να επαναλάβει την εντολή του.

Μετά από αυτές τις αλλαγές παρατηρήσαμε μια μικρή βελτίωση των ποσοστών της αναγνώρισης σε επίπεδο λέξεων, της τάξης του 4% για την αναγνώριση λέξεων και 2% για την ερμηνεία φυσικής γλώσσας.

Η μικρή αύξηση οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι διάλογοι του συστήματος είναι κατευθυνόμενοι, με αποτέλεσμα οι απαντήσεις από τους χρήστες να είναι στην πλειοψηφία τους μονολεκτικές και συγκεκριμένες. Επιπλέον, οι περισσότεροι χρήστες ήταν εξοικειωμένοι με την εφαρμογή και γνώριζαν τις εντολές του συστήματος, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούν λέξεις που ήξεραν ότι «καταλαβαίνει» το σύστημα.

## 5 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Έχοντας ολοκληρώσει την παρουσίαση της συγκεκριμένης εφαρμογής καθώς και την αξιολόγησή της, ας εξετάσουμε την περαιτέρω αναπτυξή της, τόσο όσον αφορά στο κομμάτι της λειτουργικότητας της, όσο και στο θέμα της κάλυψης περισσότερων αναγκών.

Προκειμένου να επεκτείνουμε πρώτο κομμάτι, αυτό της λειτουργικότητάς της, θα μπορούσαμε να τροποποιήσουμε την εφαρμογή, έτσι ώστε να δέχεται στοιχεία για τα αρδευτικά μέσα που χρησιμοποιεί ο χρήστης και να δίνει σαν έξοδο όχι τα κυβικά νερού, αλλά χρόνο ποτίσματος καθώς και συγκεκριμένες οδηγίες που εξαρτώνται από τη χρησιμοποιούμενη αρδευτική τεχνολογία: π.χ. σε ποια παροχή θα πρέπει να ρυθμιστεί η άρδευση, με ποια ταχύτητα θα πρέπει να περιστρέφεται κ.λ.π. Παράλληλα, θα μπορούσε να εφαρμοστεί και κατάλληλη τεχνολογία που να παρέχει πιο ακριβείς οδηγίες για την άρδευση των καλλιεργειών μιας περιοχής, λαμβάνοντας υπόψη και άλλες παραμέτρους, όπως είναι η πρόβλεψη καιρού για τις επόμενες ημέρες (π.χ. να μην προτείνεται πότισμα εάν προκειται να βρέξει).

Σχετικά με το δεύτερο μέρος, δεδομένου ότι το σύστημα υποστηρίζει πλήρως εισαγωγές νέων περιοχών και ειδών καλλιέργειας, θα μπορούσε να διευρυνθεί για όλη την Ελλάδα και να καλύπτει και άλλα είδη καλλιεργειών, προσφέροντας καλύτερη γεωγραφική κάλυψη για μεγαλύτερη ποικιλία καλλιεργειών. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσαν όχι μόνο να επωφεληθούν πολλοί περισσότεροι χρήστες, αλλά να δημιουργηθεί και ένα αρκετά έγκυρο και άμεσο αρχείο για την αγροτική ανάπτυξη στη χώρα μας.


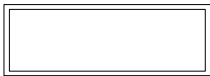
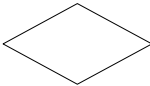
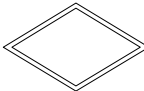





Επιπλέον, θα μπορούσε να επεκταθεί το σύστημα ώστε να υποστηρίζει και άλλους τύπους χρηστών, π.χ. ερευνητές που ενδιαφέρονται για στατιστικά στοιχεία (Υπουργεία Γεωργίας, Περιβάλλοντος), γεωπόνους που ενδιαφέρονται για πειραματικά δεδομένα, κ.α.

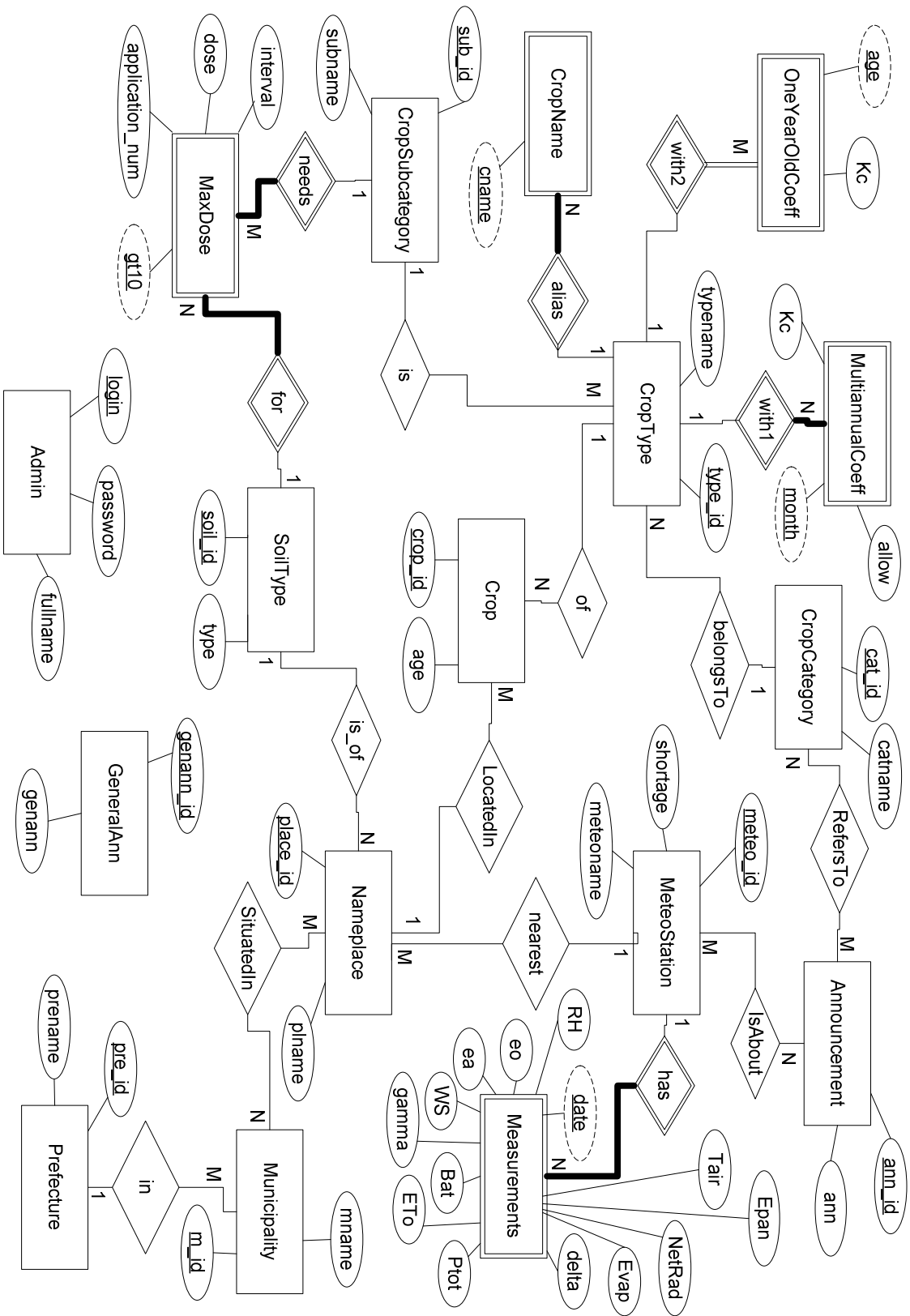
## 6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

### 6.1 Υλοποίηση της βάσης δεδομένων

Το μοντέλο Οντότητας – Συσχέτισης (Entity – Relationship model)

Υπόμνημα

<u>Symbol</u>	<u>Meaning</u>
	Entity
	Weak Entity
	Relationship
	Identifying Relationship
	Attribute
	Key Attribute
	Partial Key Attribute
	Total participation of E2 in R
	Cardinality Ratio 1:N for E1:E2 in R



## **ΣΧΕΣΙΑΚΟ ΣΧΗΜΑ**

Το σχεσιακό σχήμα της βάσης :

Admin(login, password, fullname)  
Announcement(ann\_id, ann, start\_date, end\_date)  
Crop(crop\_id, **place\_id**, **type\_id**, age)  
CropCategory(cat\_id, catname)  
CropName(type\_id, cname)  
CropSubcategory(sub\_id, subname)  
CropType(type\_id, **cat\_id**, **sub\_id**, typename)  
GeneralAnn(genann\_id, genann, start\_date, end\_date)  
IsAbout(**ann\_id**, **meteo\_id**)  
MaxDose(**sub\_id**, **soil\_id**, gt10, application\_num, interval, dose)  
Measurements(date, **meteo\_id**, Tair, RH, WS, NetRad, Ptot, ETo, gamma, delta, eo, ea, G, Bat, Evap, Epan)  
MeteoStation(meteo\_id, meteoname, shortage)  
MultiannualCoeff(**type\_id**, month, Kc, allow)  
Municipality(m\_id, pre\_id, mname)  
Nameplace(place\_id, **meteo\_id**, **soil\_id**, pname)  
OneYearOldCoeff(**type\_id**, age, Kc)  
Prefecture(pre\_id, prename)  
RefersTo(**cat\_id**, **ann\_id**)  
SituatedIn(**place\_id**, **m\_id**)  
SoilType(soil\_id, type)

Στο παραπάνω σχεσιακό σχήμα τα primary keys είναι υπογραμμισμένα και τα foreign keys εμφανίζονται με έντονη γραφή.

Ο πίνακας Admin περιέχει τους διαχειριστές του συστήματος και έχει τα εξής πεδία :

login (τύπου char(10)) : το όνομα χρήστη

password (τύπου nvarchar(25)) : κωδικός πρόσβασης

fullname (τύπου nvarchar(50)) : το όνομα του διαχειριστή

Ο πίνακας Announcement περιέχει τις ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος και έχει τα εξής πεδία :

ann\_id (τύπου int) : ο κωδικός καταχώρησης κάθε ανακοίνωσης

ann (τύπου image) : η (φωνητική) ανακοίνωση σε δυαδική μορφή

start\_date (τύπου datetime) : η ημερομηνία ενεργοποίησης

end\_date (τύπου datetime) : η ημερομηνία απενεργοποίησης

Για τις ημερομηνίες, θέτουμε τον περιορισμό (constraint) η ημερομηνία απενεργοποίησης να είναι μεγαλύτερη ή ίση με την ημερομηνία ενεργοποίησης.

Ο πίνακας Crop περιέχει τις καλλιέργειες (χωράφια) που είναι καταχωρημένες στο σύστημα και έχει τα εξής πεδία :

crop\_id (τύπου int) : ο κωδικός κάθε καλλιέργειας

**place\_id** (τύπου int) : ο κωδικός κάθε περιοχής (τοπωνυμίου)

**type\_id** (τύπου int) : ο κωδικός κάθε είδους καλλιέργειας

age (τύπου int) : η ηλικία σε έτη ή σε ημέρες για τις πολυετείς ή τις μονοετείς καλλιέργειες αντίστοιχα.

Για τον κωδικό καλλιέργειας θέτουμε τον περιορισμό (constraint) να είναι πενταψήφιος, δηλαδή  $9999 < \text{crop\_id} < 100000$ .

Ο πίνακας CropCategory περιέχει τις κατηγορίες καλλιεργειών. Προς το παρόν, οι κατηγορίες που υπάρχουν στο σύστημα είναι : ελιές, εσπεριδοειδή, αμπέλια, αβοκάντο και κηπευτικά. Τα πεδία του πίνακα είναι :

cat\_id (τύπου int) : ο κωδικός κάθε κατηγορίας

catname (τύπου nvarchar(50)) : το όνομα της κατηγορίας

Ο πίνακας CropName περιέχει τα διαφορετικά ονόματα των ειδών καλλιέργειας. Για παράδειγμα, για το είδος «αμπέλι επιτραπέζιο» το σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει τα ονόματα : αμπέλι επιτραπέζιο, πρέμνα, σταφιδάμπελα και σταφιδάμπελο. Τα πεδία του πίνακα είναι :

type\_id (τύπου int) : ο κωδικός κάθε είδους καλλιέργειας

cname (τύπου nvarchar(50)) : το όνομα του είδους καλλιέργειας

Ο πίνακας CropSubcategory περιέχει τις «υποκατηγορίες» καλλιεργειών : πολυετείς και μονοετείς

sub\_id (τύπου int) : ο κωδικός κάθε υποκατηγορίας

subname (τύπου nvarchar(50)) : το όνομα της υποκατηγορίας

Ο πίνακας CropType περιέχει τα είδη καλλιέργειας. Προς το παρόν, τα είδη που υπάρχουν στο σύστημα είναι : ελιές, εσπεριδοειδή, αμπέλι επιτραπέζιο, αμπέλι οινοποιήσιμο, αβοκάντο, ντομάτες, πατάτες, πεπόνια, καρπούζια και αγγούρια. Τα πεδία του πίνακα είναι :

type\_id (τύπου int) : ο κωδικός κάθε είδους καλλιέργειας

**cat\_id** (τύπου int) : ο κωδικός κάθε κατηγορίας

**sub\_id** (τύπου int) : ο κωδικός κάθε υποκατηγορίας (μονοετές ή πολυετές)

typename (τύπου nvarchar(50)) : το είδος καλλιέργειας

Στον πίνακα αυτόν, υπάρχει το έναυσμα μετά από διαγραφή (trigger after delete) check\_cat, το οποίο διαγράφει τις κατηγορίες που δεν έχουν τύπους καλλιέργειας. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζουμε ότι αν διαγραφούν όλοι οι τύποι που αντιστοιχούν σε μία κατηγορία, θα διαγραφεί και η κατηγορία από το σύστημα.

Ο πίνακας GeneralAnn περιέχει τις ανακοινώσεις γενικού ενδιαφέροντος και έχει τα εξής πεδία :

genann\_id (τύπου int) : ο κωδικός καταχώρησης κάθε ανακοίνωσης

genann (τύπου image) : η (φωνητική) ανακοίνωση σε δυαδική μορφή

start\_date (τύπου datetime) : η ημερομηνία ενεργοποίησης

end\_date (τύπου datetime) : η ημερομηνία απενεργοποίησης

Για τις ημερομηνίες, θέτουμε τον περιορισμό (constraint) η ημερομηνία απενεργοποίησης να είναι μεγαλύτερη ή ίση με την ημερομηνία ενεργοποίησης.

Ο πίνακας IsAbout περιέχει τις συσχετίσεις των μετεωρολογικών σταθμών με τις ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος που τους αφορούν. Τα πεδία του πίνακα είναι :

**ann\_id** (τύπου int) : ο κωδικός καταχώρησης κάθε ανακοίνωσης

**meteo\_id** (τύπου int) : ο κωδικός του μετεωρολογικού σταθμού

Ο πίνακας MaxDose περιέχει τη μέγιστη δόση νερού άρδευσης (?) που μπορεί να συκρατήσει ένας συγκεκριμένος τύπος εδάφους ανάλογα με την υποκατηγορία της καλλιέργειας (πολυετής / μονοετής) και την ηλικία της. Τα πεδία του πίνακα είναι :

**sub\_id** (τύπου int) : ο κωδικός κάθε υποκατηγορίας (μονοετές ή πολυετές)

**soil\_id** (τύπου int) : ο κωδικός του είδους εδάφους

**gt10** (τύπου smallint) : 1 εάν πρόκειται για πολυετή καλλιέργεια άνω των 10 ετών, 0 διαφορετικά

application\_num (τύπου smallint) : ο αριθμός εφαρμογών της δόσης

interval (τύπου int) : το διάστημα σε ημέρες που πρέπει να μεσολαβήσει μεταξύ δύο εφαρμογών μέγιστης δόσης

dose (τύπου real) : η μέγιστη δόση σε mm

Για τα πεδία application\_num, interval και dose υπάρχει ο περιορισμός να είναι θετικοί αριθμοί.

Ο πίνακας Measurements περιέχει τις μετρήσεις των μετεωρολογικών σταθμών (παίρνουμε μετρήσεις κάθε ώρα?). Τα πεδία του έχουν ως εξής :

date (τύπου datetime) : η ακριβής ημερομηνία των μετρήσεων

**meteo\_id** (τύπου int) : ο κωδικός του μετεωρολογικού σταθμού

Tair (τύπου real) : θερμοκρασία αέρα σε °C

RH (τύπου real) : σχετική υγρασία (RH%)

WS (τύπου real) : ταχύτητα ανέμου σε m/s

NetRad (τύπου real) : καθαρή ακτινοβολία σε  $Mj/m^2$

Ptot (τύπου real) : βροχόπτωση σε mm

ETo (τύπου real) : εξατμισοδιαπνοή mm/h

gamma (τύπου real) : ψυχομετρική σταθερά σε  $KPa/^{\circ}C$

delta (τύπου real) :  $\Delta$  ( $KPa/^{\circ}C$ )

eo (τύπου real) : πίεση ατμών κορεσμού σε KPa

ea (τύπου real) : πίεση ατμών σε KPa

G (τύπου real) : Πυκνότητα θερμικής ροής σε  $(MJ/m^2)/h$

Bat (τύπου real) : μπαταρία σε v

Evap (τύπου real) : εξάτμιση mm

Epan (τύπου real) : εξάτμιση από εξατμισίμετρο σε mm/day

Ο πίνακας MeteoStation περιέχει τους μετεωρολογικούς σταθμούς του συστήματος. Τα πεδία του πίνακα είναι :

meteo\_id (τύπου int) : ο κωδικός του μετεωρολογικού σταθμού

meteoname (τύπου nvarchar(50)) : το όνομα του σταθμού

shortage (τύπου int) : η % έλλειψη υδατικών πόρων για την περιοχή που βρίσκεται ο σταθμός

Για το πεδίο shortage θέτουμε τον περιορισμό να παίρνει τιμές ανάμεσα στο 0 και στο 100, αφού πρόκειται για την % έλλειψη υδατικών πόρων.

Ο πίνακας MultiannualCoeff περιέχει τους φυτικούς συντελεστές Kc που συνιστώνται ανά είδος καλλιέργειας και εποχής του χρόνου για τις πολυετείς καλλιέργειες. Τα πεδία του πίνακα είναι :

**type\_id** (τύπου int) : ο κωδικός κάθε είδους καλλιέργειας

month (τύπου smallint) : ο μήνας

Kc (τύπου float) : ο φυτικός συντελεστής

allow (τύπου bit) : 1 αν ο συντελεστής επιδέχεται μείωση όταν υπάρχει έλλειψη υδατικών πόρων, 0 διαφορετικά

Για το πεδίο month θέτουμε τον περιορισμό να παίρνει τιμές από 1 έως 12, αφού πρόκειται για τους 12 μήνες του χρόνου.

Ο πίνακας Municipality περιέχει τους δήμους που υπάρχουν στο σύστημα. Τα πεδία του πίνακα είναι :

m\_id (τύπου int) : ο κωδικός κάθε δήμου

pre\_id (τύπου int) : ο κωδικός του νομού στον οποίο ανήκει ο κάθε δήμος

mname (τύπου nvarchar(50)) : το όνομα του δήμου

Ο πίνακας Nameplace περιέχει τα τοπωνύμια - περιοχές που υπάρχουν στο σύστημα. Τα πεδία του πίνακα είναι :

place\_id (τύπου int) : ο κωδικός κάθε τοπωνυμίου

**meteo\_id** (τύπου int) : ο κωδικός του κοντινότερου μετεωρολογικού σταθμού για κάθε περιοχή

**soil\_id** (τύπου int) : ο κωδικός του είδους εδάφους

plname (τύπου nvarchar(50)) : το όνομα του τοπωνυμίου

Στον πίνακα αυτόν, υπάρχει το έναυσμα μετά από διαγραφή (trigger after delete) check\_munc, το οποίο διαγράφει τους δήμους που δεν έχουν περιοχές. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζουμε ότι αν διαγραφούν όλες οι περιοχές που αντιστοιχούν σε ένα δήμο, θα διαγραφεί και ο δήμος από το σύστημα.

Ο πίνακας OneYearOldCoeff περιέχει τους φυτικούς συντελεστές Kc που συνιστώνται ανά ηλικία (σε ημέρες) για τις μονοετείς καλλιέργειες. Τα πεδία του πίνακα είναι :

**type\_id** (τύπου int) : ο κωδικός κάθε είδους καλλιέργειας

age (τύπου int) : η ηλικία του φυτού

Kc (τύπου float) : ο φυτικός συντελεστής

Για το πεδίο age θέτουμε τον περιορισμό να παίρνει τιμές από 0 έως 365, αφού πρόκειται για την ηλικία των μονοετών φυτών σε ημέρες.

Ο πίνακας Prefecture περιέχει τους νομούς που υπάρχουν στο σύστημα.

Τα πεδία του πίνακα είναι :

pre\_id (τύπου int) : ο κωδικός του κάθε νομού

prename (τύπου nvarchar(50)) : το όνομα του νομού

Ο πίνακας RefersTo περιέχει τις συσχετίσεις των ανακοινώσεων ειδικού ενδιαφέροντος με τις κατηγορίες καλλιεργειών. Τα πεδία του πίνακα είναι :

**cat\_id** (τύπου int) : ο κωδικός κάθε κατηγορίας

**ann\_id** (τύπου int) : ο κωδικός καταχώρησης κάθε ανακοίνωσης

Ο πίνακας SituatedIn περιέχει τις συσχετίσεις των τοπωνυμίων με τους δήμους στους οποίους ανήκουν.

**place\_id** (τύπου int) : ο κωδικός κάθε περιοχής (τοπωνυμίου)

**m\_id** (τύπου int) : ο κωδικός κάθε δήμου

Ο πίνακας SoilType περιέχει τα είδη εδάφους που υποστηρίζονται από το σύστημα. Τα πεδία του πίνακα είναι :

soil\_id (τύπου int) : ο κωδικός του είδους εδάφους

type (τύπου nvarchar(50)) : το όνομα του είδους εδάφους (ελαφρύ, μέσο, βαρύ)

## **STORED PROCEDURES**

### **1. all\_ann**

Επιστρέφει τις ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος που αφορούν έναν συγκεκριμένο σταθμό ή/και έναν συγκεκριμένο τύπο καλλιέργειας.

π.χ.η exec all\_ann 1, 2, '2006-01-15'

επιστρέφει τις ανακοινώσεις που αφορούν την περιοχή του μετεωρολογικού σταθμού με id 1, δηλαδή του σταθμού της Αγυιάς, και αυτές που αφορούν τον τύπο καλλιέργειας με id 2, δηλαδή τα εσπεριδοειδή, εάν είναι ενεργές για την ημερομηνία 2006-01-15.

Ορίσματα	Το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int), το id του τύπου καλλιέργειας type_id (int) η ημερομηνία (datetime)
Επιστρεφόμενες τιμές	ann_id: Το id της ανακοίνωσης (int) ann : Το body της ανακοίνωσης (image/binary)

## 2. associate\_ann\_cat

Συσχετίζει μία ανακοίνωση ειδικού ενδιαφέροντος με μία κατηγορία καλλιέργειας.

π.χ.η exec associate\_ann\_cat 1, 1

συσχετίζει την ανακοίνωση ειδικού ενδιαφέροντος με id 1, με την κατηγορία καλλιέργειας με id 1, δηλαδή τις ελιές.

Ορίσματα	Το id της ανακοίνωσης ειδικού ενδιαφέροντος ann_id (int), το id της κατηγορίας καλλιέργειας cat_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

## 3. associate\_ann\_meteo

Συσχετίζει μία ανακοίνωση ειδικού ενδιαφέροντος με έναν μετεωρολογικό σταθμό.

π.χ.η exec associate\_ann\_meteo 1, 1

συσχετίζει την ανακοίνωση ειδικού ενδιαφέροντος με id 1, με τον μετεωρολογικό σταθμό με id 1, δηλαδή το σταθμό της Αγυιάς.

Ορίσματα	To id της ανακοίνωσης ειδικού ενδιαφέροντος ann_id (int), το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

#### 4. category\_of\_type

Επιστρέφει την κατηγορία στην οποία ανήκει κάθε τύπος καλλιέργειας.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	cat_id: Το id της κατηγορίας καλλιέργειας (int) typename: Το όνομα του τύπου καλλιέργειας (int)

#### 5. check\_admin

Επιστρέφει το id και το όνομα του διαχειριστή αν είναι καταχωρημένος στη βάση.

π.χ. η exec check\_admin 'admin', 'password'

επιστρέφει το id και το όνομα του αντίστοιχου διαχειριστή.

Ορίσματα	To login του διαχειριστή/administrator (nvarchar(50)), το password του διαχειριστή (nvarchar(50))
Επιστρεφόμενες τιμές	id: Το id του διαχειριστή (int) aname: Το όνομα του διαχειριστή (nvarchar(50))

#### 6. check\_ptot

Επιστρέφει την ωριαία βροχόπτωση για το συγκεκριμένο διάστημα.

π.χ. η exec check\_ptot '2005-12-12', '2005-12-28', 4

επιστρέφει την βροχόπτωση για κάθε ώρα από τις 12:00 μμ 2005-12-12 μέχρι τις 12:00 μμ 2005-12-28, για τον μετεωρολογικό σταθμό με id 4, δηλαδή τον σταθμό του Αμπελούζου.

Ορίσματα	Τις ημερομηνίες from_date (datetime), to_date (datetime) το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	date: η ακριβής ημερομηνία (datetime) Ptot: η βροχόπτωση (real)

## 7. clear\_duplicates

Ο πίνακας Crop έχει τις καταχωρημένες καλλιέργειες (= χωράφια) των χρηστών του συστήματος. Οι κωδικοί δίνονται με βάση την ηλικία, την περιοχή και το είδος καλλιέργειας. Για τις πολυετείς καλλιέργειες που είναι 11 ετών και άνω δεν ανανεώνουμε την ηλικία τους (όπως συμβαίνει για τις πολυετείς κάτω των 10 ετών και για τις μονοετείς καλλιέργειες). Επομένως, είναι πιθανό να υπάρξουν tuples (πλειάδες) με ίδια χαρακτηριστικά (ηλικία = 11, περιοχή και είδος καλλιέργειας) και διαφορετικούς κωδικούς. Η clear\_duplicates καλείται 1 φορά το χρόνο όταν αυξάνουμε την ηλικία των πολυετών, και διαγράφει τα περριτά tuples κρατώντας αυτό με τον μικρότερο κωδικό.

π.χ. εάν στον πίνακα Crop υπάρχουν τα εξής tuples (πλειάδες) :

κωδικός καλλιέργειας	κωδικός περιοχής	κωδικός τύπου καλλιέργειας	ηλικία
10000	1	1	11
10001	1	1	10

την επόμενη χρονιά που και η καλλιέργεια με κωδικό 10001 θα είναι 11 ετών δεν θα χρειάζεται να κρατάμε ξεχωριστή καταχώρηση για αυτήν, αφού θα

έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την καλλιέργεια με κωδικό 10000. Έτσι, όταν αυξήσουμε την ηλικία των πολυετών, καλώντας την `clear_duplicates` θα σβήσουμε το tuple με κωδικό 10001.

### 8. `count_cat_types`

Επιστρέφει το πλήθος των τύπων καλλιέργειας που ανήκουν σε κάθε κατηγορία (π.χ. 1 τύπος στην κατηγορία "ελιές", 3 τύποι στην κατηγορία "αμπέλια", κτλ)

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	num: Το πλήθος των τύπων καλλιέργειας (int) cat_id: Το id της κατηγορίας καλλιέργειας (int)

### 9. `find_crop`

Επιστρέφει τα στοιχεία της καλλιέργειας (= χωραφιού) με αυτόν τον κωδικό (αν είναι καταχωρημένη στο σύστημα). `exec find_crop 10000`

Ορίσματα	τον κωδικό καλλιέργειας code (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	type_id: Το id του τύπου καλλιέργειας (int) age: Η ηλικία της καλλιέργειας (int) (σε ημέρες για τα μονοετή, σε χρόνια για τα πολυετή) place_id: Το id της περιοχής στην οποία βρίσκεται η καλλιέργεια (int) meteo_id: Το id του κοντινότερου μετεωρολογικού σταθμού (int) soil_id: Το id του είδους εδάφους (int) sub_id: Το id της υποκατηγορίας καλλιέργειας (μονοετή/πολυετή) (int) typename: Το όνομα του τύπου καλλιέργειας

	(nvarchar(50)) pname: Το όνομα της περιοχής (nvarchar(50))
--	---

### 10. gen\_ann

Επιστρέφει τις ανακοινώσεις γενικού ενδιαφέροντος.

Π.χ. η exec gen\_ann '2006-01-11'

Επιστρέφει τις ανακοινώσεις γενικού ενδιαφέροντος που είναι ενεργές για την ημερομηνία 2006-01-11.

Ορίσματα	την ημερομηνία (datetime)
Επιστρεφόμενες τιμές	ann_id: Το id της ανακοίνωσης (int) ann : Το body της ανακοίνωσης (image/binary)

### 11. get\_all\_villages

Επιστρέφει τα στοιχεία όλων των περιοχών.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	place_id :Το id της περιοχής (int) pname: Το όνομα της περιοχής (nvarchar(50)) meteo_id: Το id του μετεωρολογικού σταθμού στον οποίο ανήκει (int) soil_id: Το id είδους εδάφους της περιοχής (int)

### 12. get\_alt\_eto

Επιστρέφει το άθροισμα των μετρήσεων ΕΤο.

Π.χ. η exec get\_alt\_eto '2005-12-12', '2005-12-28', 4

επιστρέφει το άθροισμα των μετρήσεων ΕΤο του μετεωρολογικού σταθμού με id 4, δηλαδή τον σταθμό του Αμπελούζου, για το διάστημα ανάμεσα στις 2005-12-12 και 2005-12-28.

Εάν δεν έχουμε επαρκείς μετρήσεις για το διάστημα αυτό (κανονικά παίρνουμε μετρήσεις καθε 1 ώρα, επομένως θα πρέπει να έχουμε  $(to\_date - from\_date) * 24$  μετρήσεις), συγκεκριμένα εάν έχουμε λιγότερες από το 90%, υπολογίζουμε την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ETo από την εξατμηση του εξατμισιμέτρου Evar με χρήση του συντελεστή λ. Ο συντελεστής αυτός ισούται με τον μέσο όρο του λόγου ETo / Evar για τις 10 μέρες πριν από την εμφάνιση του προβλήματος. Η διαδικασία υπολογισμού του αθροίσματος ETo έχει ως εξής:

- αθροίζουμε τις μετρήσεις Eto
- εξετάζουμε εάν έχουμε επαρκείς μετρήσεις με κλήση της stored procedure: valid\_eto, εάν είναι επαρκείς επιστρέφουμε το άθροισμα, διαφορετικά
- υπολογίζουμε τον συντελεστή λ με κλήση της stored procedure: get\_lambda
- αθροίζουμε τις ποσότητες (Evar \* λ) για τις μετρήσεις που λείπουν και
- προσθέτουμε τα δύο αθροίσματα.

Ορίσματα	Τις ημερομηνίες from_date (datetime), to_date (datetime) το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	ETo_Total: το άθροισμα των μετρήσεων ETo (real)

### 13. get\_area\_list

Επιστρέφει για όλες τις περιοχές το όνομα της περιοχής, του δήμου στον οποίο ανήκουν, του κοντινότερου μετεωρολογικού σταθμού και του είδους εδάφους τους.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	place_id: Το id της περιοχής (int) mname: Το όνομα του δήμου (nvarchar(50)) meteoname: Το όνομα του μετεωρολογικού σταθμού (nvarchar(50)) pname: Το όνομα της περιοχής (nvarchar(50)) type: Το είδος εδάφους (nvarchar(50))

#### 14. get\_categories

Επιστρέφει τις κατηγορίες καλλιεργειών.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	cat_id: Το id της κατηγορίας (int) catname: Το όνομα της κατηγορίας (nvarchar(50))

#### 15. get\_category\_types

Επιστρέφει τους τύπους καλλιέργειας και την κατηγορία στην οποία ανήκουν. Δεν εμφανίζονται οι τύποι που είναι κατηγορίες καλλιέργειας και καταχωρούνται στον πίνακα CropType για διευκόλυνση στην φωνητική πύλη π.χ. κηπευτικά, αμπέλια. Εμφανίζονται, όμως οι κατηγορίες που έχουν μόνο έναν τύπο καλλιέργειας π.χ. ελιές, αβοκάντο. Ο διαχωρισμός γίνεται με βάση το πλήθος των τύπων καλλιέργειας που ανήκουν σε κάθε κατηγορία, δηλαδή με κλήση της stored procedure: count\_cat\_types.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	type_id: Το id του τύπου καλλιέργειας (int) cat_id: Το id της κατηγορίας (int) catname: Το όνομα της κατηγορίας (nvarchar(50)) typename: Το όνομα του τύπου καλλιέργειας

	(nvarchar(50))
--	----------------

### 16. get\_crops

Επιστρέφει όλα τα ονόματα των τύπων καλλιέργειας.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	<p>type_id: Το id του τύπου καλλιέργειας (int)</p> <p>(Τύποι: ελιές, εσπεριδοειδή, πορτοκαλιές, νερατζιές, ντομάτες, πατάτες, αβοκάντο, κτλ)</p> <p>cname: Το όνομα καλλιέργειας (nvarchar(50))</p> <p>(Ονόματα: λιανολιές, νεράτζια, πρέμνα, ξυνά, κτλ)</p>

### 17. get\_crops\_types

Επιστρέφει τους τύπους καλλιέργειας και σε ποια κατηγορία ανήκουν.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	<p>type_id: Το id του τύπου καλλιέργειας (int)</p> <p>typename: Το όνομα του τύπου καλλιέργειας (nvarchar(50))</p> <p>cat_id: Το id της κατηγορίας καλλιέργειας (int)</p> <p>catname: Το όνομα της κατηγορίας καλλιέργειας (nvarchar(50))</p>

### 18. get\_dose

Επιστρέφει τη μέγιστη δόση για την συγκεκριμένη καλλιέργεια.

Π.χ. η exec get\_dose 1, 2, 15

Επιστρέφει τη μέγιστη δόση για μία καλλιέργεια από ελιές, σε περιοχή με μέσο έδαφος, ηλικίας 15 ετών, η οποία είναι δύο δόσεις από 20 mm με ενδιαμέσο διάστημα τρεις μέρες.

Ορίσματα	Το id του τύπου καλλιέργειας (type_id int) Το id του είδους εδάφους (soil_id int) η ηλικία της καλλιέργειας (age int)
Επιστρεφόμενες τιμές	dose: Η δόση σε mm (real) application_num: Ο αριθμός εφάρμογών (smallint) interval: Το διάστημα ανάμεσα στις δόσεις (int)

### 19. get\_eto\_ptot

Επιστρέφει τις μετρήσεις ETo και Ptot (=Rain).

Π.χ. η exec get\_eto\_ptot '2005-12-11', '2005-12-21', 4

επιστρέφει τις μετρήσεις ETo και Ptot για το διάστημα από 2005-12-11 μέχρι 2005-12-21, για τον μετεωρολογικό σταθμό με id 4, δηλαδή τον σταθμό του Αμπελούζου.

Ορίσματα	Τις ημερομηνίες from_date (datetime), to_date,(datetime) το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	date: Η ημερομηνία (datetime) ETo: Η μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής (real) Ptot: Η μέτρηση της βροχόπτωσης (real)

### 20. get\_lamda

Επιστρέφει τον συντελεστή λ, ο οποίος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής στην περίπτωση που δεν έχουμε επαρκείς μετρήσεις ETo. Για τον υπολογισμό του λ βρίσκουμε το 1<sup>ο</sup> δεκαήμερο για το οποίο έχουμε επαρκείς μετρήσεις ETo (καλώντας την stored procedure: valid\_eto) και στην συνέχεια υπολογίζουμε τον μέσο όρο του λόγου ETo/Evar για το δεκαήμερο αυτό.

Π.χ. η exec get\_lamda '2005-12-11', 1

Επιστρέφει τον συντελεστή  $\lambda$  με βάση το 1<sup>ο</sup> δεκαήμερο με ικανές μετρήσεις ΕΤο από την ημερομηνία 2005-12-11 και πίσω, για τον μετεωρολογικό σταθμό με id 1, δηλαδή τον σταθμό της Αυγιάς.

Ορίσματα	Την ημερομηνία start_date (datetime) το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	lamda: Ο συντελεστής $\lambda$ (real)

## 21. get\_meteo\_stats

Επιστρέφει την ημερομηνία τελευταίας ενημέρωσης για κάθε μετεωρολογικό σταθμό.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	meteo_id: Το id του μετεωρολογικού σταθμού (int) meteoname: Το όνομα του μετεωρολογικού σταθμού (nvarchar(50)) last_date: Την ημερομηνία της τελευταίας καταχώρησης του σταθμού (datetime)

## 22. get\_multi\_kc

Επιστρέφει τον φυτικό συντελεστή  $K_c$  για τις πολυετείς καλλιέργειες και το αν μπορεί να εφαρμοστεί ελλειμματική άρδευση τον συγκεκριμένο μήνα.

Π.χ. η exec get\_multi\_kc 3, 9

Επιστρέφει τον συντελεστή  $K_c$  για τον τύπο καλλιέργειας με id 3, δηλαδή το επιτραπέζιο αμπέλι, για τον μήνα Σεπτέμβριο και allow 1, που σημαίνει ότι αν χρειαστεί μπορεί να εφαρμοστεί ελλειμματική άρδευση.

Ορίσματα	To id του τύπου καλλιέργειας type_id (int) τον μήνα για τον οποίο θέλουμε τον συντελεστή Kc (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	Kc: Ο φυτικός συντελεστής (float) allow: 1 αν μπορεί να εφαρμοστεί ελλειμματική άρδευση, διαφορετικά 0 (bit)

### 23. get\_municipalities

Επιστρέφει όλους τους δήμους.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	m_id: Το id του δήμου (int) mname: Το όνομα του δήμου (nvarchar(50))

### 24. get\_muns\_in\_pre

Επιστρέφει τους δήμους που ανήκουν σε ένα νομό.

Π.χ. η exec get\_muns\_in\_pre 1

Επιστρέφει τους δήμους που ανήκουν στο νομό με id 1, δηλαδή το νομό Ηρακλείου.

Ορίσματα	To id του νομού pre_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	m_id: Το id του δήμου (int) mname: Το όνομα του δήμου (nvarchar(50))

### 25. get\_oneyear\_kc

Επιστρέφει τον φυτικό συντελεστή Kc για τις μονοετείς καλλιέργειες.

Π.χ. η exec get\_oneyear\_kc 6, 7

Επιστρέφει τον συντελεστή Kc για τον τύπο καλλιέργειας με id 6, δηλαδή τις ντομάτες, με ηλικία 7 ημέρες.

Ορίσματα	Το id του τύπου καλλιέργειας type_id (int) την ηλικία της καλλιέργειας σε ημέρες (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	Kc: Ο φυτικός συντελεστής (float)

## 26. get\_prefectures

Επιστρέφει όλους τους νομούς.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	pre_id: Το id του νομού (int) prename: Το όνομα του νομού (nvarchar(50))

## 27. get\_ptot

Επιστρέφει το ημερήσιο άθροισμα της βροχόπτωσης Ptot για ένα συγκεκριμένο διάστημα. Το ημερήσιο άθροισμα υπολογίζεται με κλήση της stored procedure get\_rain για κάθε ημέρα.

Π.χ. η exec get\_ptot '2005-12-11', '2005-12-21', 4

επιστρέφει την βροχόπτωση κάθε ημέρας για το διάστημα από 2005-12-11 μέχρι 2005-12-21, για τον μετεωρολογικό σταθμό με id 4, δηλαδή τον σταθμό του Αμπελούζου.

Ορίσματα	Τις ημερομηνίες from_date (datetime), to_date (datetime) το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	ptot_sum: Το άθροισμα της βροχόπτωσης (real)

## 28. get\_rain

Επιστρέφει την βροχόπτωση για μία συγκεκριμένη μέρα.

Π.χ. η exec get\_rain '2005-12-11', 4

επιστρέφει την βροχόπτωση για τις 11-12-2005, για τον μετεωρολογικό σταθμό με id 4, δηλαδή τον σταθμό του Αμπελούζου.

Ορίσματα	Την ημερομηνία from_date (datetime) το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	ptot_sum: Το άθροισμα της βροχόπτωσης (real)

### 29. get\_shortage

Επιστρέφει την % έλλειψη υδατικών πόρων για ένα συγκεκριμένο σταθμό.

Ορίσματα	το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	shortage: έλλειψη υδατικών πόρων (int)

### 30. get\_soils

Επιστρέφει όλα τα είδη εδάφους.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	soil_id: Το id του είδους (int) type: Το όνομα του είδους (π.χ. ελαφρύ) (nvarchar(50))

### 31. get\_stations

Επιστρέφει όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	meteo_id: Το id του μετεωρολογικού σταθμού (int) meteoname: Το όνομα του μετεωρολογικού σταθμού (nvarchar(50))

### 32. get\_subcategory

Επιστρέφει την υποκατηγορία στην οποία ανήκει ένας συγκεκριμένος τύπος καλλιέργειας.

Π.χ. η exec get\_subcategory 1

Επιστρέφει την υποκατηγορία στην οποία ανήκει ο τύπος καλλιέργειας με id 1, δηλαδή οι ελιές, που είναι πολυετείς.

Ορίσματα	Το id του τύπου καλλιέργειας type_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	sub_id: Το id της υποκατηγορίας (int) (1=μονοετή, 2=πολυετή)

### 33. get\_typeids

Επιστρέφει τα id των τύπων που ανήκουν σε μία συγκεκριμένη κατηγορία καλλιέργειας.

Π.χ. η exec get\_typeids 3

Επιστρέφει τα id των τύπων που ανήκουν στην κατηγορία με id 3, δηλαδή τα αμπέλια.

Ορίσματα	Το id της κατηγορίας καλλιέργειας cat_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	type_id: Το id του τύπου καλλιέργειας (int)

### 34. get\_types

Επιστρέφει όλους τους τύπους καλλιέργειας.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	type_id: Το id του τύπου καλλιέργειας (int) typename: Το όνομα του τύπου καλλιέργειας (nvarchar(50))

### 35. get\_types\_num

Επιστρέφει το πλήθος των τύπων καλλιέργειας που είναι καταχωρημένοι στη βάση.

Ορίσματα	-
Επιστρεφόμενες τιμές	types_num: Το πλήθος των τύπων καλλιέργειας (int)

### 36. get\_vegetable\_cat

Επιστρέφει τους τύπους καλλιέργειας που ανήκουν σε μία συγκεκριμένη κατηγορία.(εκτός από την ίδια την κατηγορία)

Π.χ. η exec get\_vegetable\_cat 5

Επιστρέφει τους τύπους καλλιέργειας που ανήκουν στην κατηγορία με id 5, δηλαδή τα κηπευτικά.(=ντομάτες, αγγούρια, πατάτες, πεπόνια, καρπούζια)

Ορίσματα	To id της κατηγορίας καλλιέργειας cat_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	type_id: Το id του τύπου καλλιέργειας (int) typename: Το όνομα του τύπου καλλιέργειας (nvarchar(50))

### 37. get\_vegetables

Επιστρέφει τα ονόματα καλλιέργειας που ανήκουν σε μία συγκεκριμένη κατηγορία.(εκτός από την ίδια την κατηγορία)

Π.χ. η exec get\_vegetables 3

Επιστρέφει τα ονόματα καλλιέργειας της κατηγορίας με id 3, δηλαδή τα αμπέλια.(αμπέλι επιτραπέζιο, πρέμνα, σταφιδάμπελα, σταφιδάμπελο, αμπέλι οينوποιήσιμο, κρασάμπελα, κρασάμπελο, οινάμπελα, οινάμπελο)

Ορίσματα	To id της κατηγορίας καλλιέργειας cat_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	type_id: Το id του τύπου καλλιέργειας (int) cname: Το όνομα καλλιέργειας (nvarchar(50))

### 38. get\_vegetables\_num

Επιστρέφει το πλήθος των τύπων καλλιέργειας που ανήκουν σε μία συγκεκριμένη κατηγορία.

Π.χ. η exec get\_vegetable\_num 5

Επιστρέφει το πλήθος των τύπων καλλιέργειας που ανήκουν στην κατηγορία με id 5, δηλαδή της κατηγορίας των κηπευτικών.

Ορίσματα	To id της κατηγορίας καλλιέργειας cat_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	types_num: Το πλήθος των τύπων καλλιέργειας (int)

### 39. get\_village\_soil

Επιστρέφει το είδος εδάφους μιας συγκεκριμένης περιοχής.

Π.χ. η exec get\_village\_soil 45

Επιστρέφει το είδος εδάφους της περιοχής με id 45, δηλαδή του λευκοχωρίου.

Ορίσματα	To id της περιοχής place_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	soil_id: Το id του είδους εδάφους (int) type: Το όνομα του είδους εδάφους(π.χ. ελαφρύ) (nvarchar(50))

### 40. get\_villages

Επιστρέφει τις περιοχές που ανήκουν σε έναν συγκεκριμένο δήμο, σε ποιόν μετεωρολογικό σταθμό ανήκουν και τι είδος εδάφους έχουν.

Ορίσματα	To id του δήμου m_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	place_id: Το id του χωριού (int) plname: Το όνομα του χωριού (nvarchar(50)) meteo_id: Το id του μετεωρολογικού σταθμού (int) soil_id: Το id του είδους εδάφους (nvarchar(50))

#### 41. get\_water\_stats

Επιστρέφει τα αθροίσματα των ETo και Ptot(=Rain) για ένα συγκεκριμένο διάστημα.

Ορίσματα	Τις ημερομηνίες from_date (datetime), to_date (datetime) το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	meteo_id: το id του μετεωρολογικού σταθμού (int) ETo_Total: το άθροισμα των ETo (real) Rain_Total: το άθροισμα των Ptot (real)

#### 42. is\_category

Ελέγχει αν ένας συγκεκριμένος τύπος καλλιέργειας είναι και κατηγορία. Στην περίπτωση που ο τύπος δεν είναι και κατηγορία επιστρέφεται το id της κατηγορίας στην οποία ανήκει ο τύπος.

Π.χ. η exec is\_category 10

Επιστρέφει την κατηγορία καλλιέργειας στην οποία ανήκει ο τύπος με id 10, δηλαδή τα καρπούζια, που είναι τα κηπευτικά.

Ορίσματα	To id του τύπου καλλιέργειας type_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	cat_id: το id της κατηγορίας καλλιέργειας (int)

### 43. modify\_shortage

Ενημερώνει την % έλλειψη υδατικών πόρων (shortage) για ένα συγκεκριμένο μετεωρολογικό σταθμό.

Π.χ. η exec modify\_shortage 3, 45

Δίνει τιμή 45 στην % έλλειψη υδατικών πόρων του μετεωρολογικού σταθμού με id 3, δηλαδή του σταθμού του τυμπακίου.

Ορίσματα	Το id του μετεωρολογικού σταθμού (int) τη νέα τιμή για την shortage(int 1-100)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 44. set\_allow

Δίνει τιμή 1 στο πεδίο allow του πίνακα MultiannualCoeff για ένα συγκεκριμένο μήνα, που σημαίνει ότι επιτρέπεται η εφαρμογή ελλειματικής άρδευσης τον συγκεκριμένο μήνα.

Π.χ. η exec set\_allow 1, 10

Επιτρέπει ελλειματική άρδευση για τον τύπο καλλιέργειας με id 1, δηλαδή τις ελιές, για το μήνα Οκτώβριο.

Ορίσματα	Το id του τύπου καλλιέργειας type_id (int) το μήνα month (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 45. valid\_eto

Ελέγχει εάν υπάρχουν επαρκείς μετρήσεις ΕΤο, δηλ. πάνω από το 90%, για ένα συγκεκριμένο διάστημα. Επιστρέφει 1 αν έχουμε επαρκείς μετρήσεις, 0 στην αντίθετη περίπτωση.

Ορίσματα	Τις ημερομηνίες from_date (datetime), to_date (datetime) το id του μετεωρολογικού σταθμού meteo_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	valid: 1 αν έχουμε επαρκείς μετρήσεις, 0 στην αντίθετη περίπτωση.(int)

## Εισαγωγές (Insertions)

### 1. insert\_admin

Εισάγει ένα νέο διαχειριστή.

Ορίσματα	Το όνομα διαχειριστή (nvarchar(50)) το όνομα χρήστη login (nvarchar(50)) τον κωδικό πρόσβασης password (nvarchar(50)) το όνομα screen_name (nvarchar(50))
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 2. insert\_category

Εισάγει μία κανούργια κατηγορία καλλιέργειας στους πίνακες CropCategory, CropType, CropName, δηλαδή σαν κατηγορία, τύπο και όνομα καλλιέργειας.

Ορίσματα	Το όνομα της νέας κατηγορίας (nvarchar(50)) την υποκατηγορία καλλιέργειας (μονοετή/πολυετή) sub_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 3. insert\_crop

Εισάγει μία νέα καλλιέργεια (= χωράφι). Στην περίπτωση που η καλλιέργεια είναι πολυετής με ηλικία μεγαλύτερη από 10 έτη, καταχωρείται με ηλικία 11. Ενώ, τις μονοετείς καλλιέργειες τις καταχωρούμε στρογγυλοποιώντας την ηλικία τους σε δεκαήμερα.

Ορίσματα	Την ηλικία της καλλιέργειας (int) (σε ημέρες για τις μονοετείς και σε έτη για τις πολυετείς καλλιέργειες) το id της περιοχής στην οποία βρίσκεται η καλλιέργεια place_id (int) το id του τύπου καλλιέργειας type_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	crop_id: Τον κωδικό της νέας καλλιέργειας. (int)

### 4. insert\_cropname

Εισάγει ένα νέο όνομα για ένα συγκεκριμένο τύπο καλλιέργειας.

Ορίσματα	Το όνομα καλλιέργειας (nvarchar(50)) τον τύπο καλλιέργειας (type_id) int
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 5. insert\_general\_ann

Εισάγει μία νέα ανακοίνωση γενικού ενδιαφέροντος.

Ορίσματα	Την ανακοίνωση (image), την ημερομηνία ενεργοποίησης (datetime) την ημερομηνία απενεργοποίησης (datetime)
----------	---

Επιστρεφόμενες τιμές	ann_id: το id της νέας ανακοίνωσης (int)
----------------------	--

## 6. insert\_maxdose

Εισάγει μία νέα μέγιστη δόση.

Ορίσματα	Τον αριθμό εφαρμογών της δόσης (int) το διάστημα ανάμεσα στις δόσεις (int) τη μέγιστη δόση σε mm (int) αν η καλλιέργεια είναι πάνω από 10 ετών 1, διαφορετικά 0 (gt10 int) την υποκατηγορία καλλιέργειας sub_id (int) το είδος εδάφους soil_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

## 7. insert\_municipality

Εισάγει ένα νέο δήμο.

Ορίσματα	Το όνομα του νέου δήμου (nvarchar(50)) τον νομό στον οποίο ανήκει prefecture_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

## 8. insert\_place

Εισάγει μία νέα περιοχή.

Ορίσματα	Το όνομα της περιοχής (nvarchar(50)) τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό meteo_id (int)
----------	---

	το είδος εδάφους soil_id (int) το δήμο στον οποίο ανήκει m_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 9. insert\_prefecture

Εισάγει ένα νέο νομό.

Ορίσματα	Το όνομα του νομού (nvarchar(50))
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 10. insert\_soil

Εισάγει ένα νέο είδος εδάφους.

Ορίσματα	Το όνομα του είδους εδάφους (nvarchar(50))
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 11. insert\_special\_ann

Εισάγει μία νέα ανακοίνωση ειδικού ενδιαφέροντος, χωρίς να την αντιστοιχίσει με κατηγορία καλλιέργειας ή μετεωρολογικό σταθμό.

Ορίσματα	Την ανακοίνωση (image) την ημερομηνία ενεργοποίησης (datetime) την ημερομηνία απενεργοποίησης (datetime)
Επιστρεφόμενες τιμές	ann_id: το id της νέας ανακοίνωσης (int)

## 12. insert\_station

Εισάγει ένα νέο μετεωρολογικό σταθμό.

Ορίσματα	Το όνομα του μετεωρολογικού σταθμού (nvarchar(50))
Επιστρεφόμενες τιμές	-

## 13. insert\_type

Εισάγει έναν κανούργιο τύπο καλλιέργειας στους πίνακες CropType, CropName, δηλαδή σαν τύπο και όνομα καλλιέργειας. Ακόμα, δημιουργεί καταχωρήσεις για τους φυτικούς του συντελεστές Κς, ανάλογα με την υποκατηγορία της καλλιέργειας.

Ορίσματα	Το όνομα του τύπου καλλιέργειας (nvarchar(50)) την κατηγορία στην οποία ανήκει cat_id (int) την υποκατηγορία στην οποία ανήκει sub_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

## Διαγραφές (Deletions)

### 1. delete\_ann

Διαγράφει μία συγκεκριμένη ανακοίνωση ειδικού ενδιαφέροντος (και τις συσχετίσεις της αν υπάρχουν).

Ορίσματα	Το id της ανακοίνωσης ειδικού ενδιαφέροντος ann_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

## 2. delete\_category

Διαγράφει μία συγκεκριμένη κατηγορία καλλιέργειας, καθώς και τους τύπους και τα ονόματα καλλιέργειας που της αντιστοιχούν.

Ορίσματα	Το id της κατηγορίας καλλιέργειας cat_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

## 3. delete\_cropname

Διαγράφει ένα συγκεκριμένο όνομα καλλιέργειας, εάν δεν πρόκειται όνομα τύπου καλλιέργειας.

Ορίσματα	Το όνομα καλλιέργειας cname (nvarchar(50))
Επιστρεφόμενες τιμές	-

## 4. delete\_gen\_ann

Διαγράφει μία συγκεκριμένη ανακοίνωση γενικού ενδιαφέροντος.

Ορίσματα	Το id της ανακοίνωσης γενικού ενδιαφέροντος genann_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

## 5. delete\_municipality

Διαγράφει ένα συγκεκριμένο δήμο, μαζί με τις περιοχές και τις καταχωρημένες καλλιέργειες (=χωράφια) που του αντιστοιχούν.

Ορίσματα	Το id του δήμου m_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 6. delete\_nameplace

Διαγράφει μία συγκεκριμένη περιοχή, μαζί με τις καταχωρημένες καλλιέργειες (=χωράφια) που του αντιστοιχούν.

Ορίσματα	Το id της περιοχής place_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 7. delete\_prefecture

Διαγράφει ένα συγκεκριμένο νομό, μαζί με τους δήμους, τις περιοχές και τις καταχωρημένες καλλιέργειες (=χωράφια) που του αντιστοιχούν.

Ορίσματα	Το id του νομού pre_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

### 8. delete\_type

Διαγράφει ένα συγκεκριμένο τύπο καλλιέργειας, μαζί με τους φυτικούς συντελεστές Κς, τα ονόματα καλλιέργειας και τις καταχωρημένες καλλιέργειες (=χωράφια) που του αντιστοιχούν.

Ορίσματα	Το id του τύπου καλλιέργειας type_id (int)
Επιστρεφόμενες τιμές	-

## **ΕΡΓΑΣΙΕΣ (JOBS)**

Για την συντήρηση της βάσης υλοποιήθηκαν οι εξής «εργασίες» :

### **1. crop\_age\_multi**

Καλείται μία φορά το χρόνο και αυξάνει κατά ένα την ηλικία των πολυετών καλλιεργειών (=χωραφιών) που είναι κάτω των 11 ετών. Ακόμη, διαγράφει τις πλειάδες του πίνακα Crop που έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά καλώντας την clear\_duplicates.

### **2. crop\_age\_oneyear**

Καλείται κάθε 10 μέρες και αυξάνει κατά 10 την ηλικία των μονοετών καλλιεργειών (=χωραφιών) και διαγράφει τις καλλιέργειες που έχουν ηλικία πάνω από 160 ημέρες.

### **3. del\_Ann**

Καλείται μία φορά το χρόνο και διαγράφει τις ανακοινώσεις ειδικού ενδιαφέροντος, για τις οποίες έχει περάσει η ημερομηνία απενεργοποίησής τους.

### **4. del\_GenAnn**

Καλείται μία φορά το χρόνο και διαγράφει τις ανακοινώσεις γενικού ενδιαφέροντος, για τις οποίες έχει περάσει η ημερομηνία απενεργοποίησής τους.

## 7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### 7.1 Μέθοδος υπολογισμού του νερού άρδευσης

Για να υπολογίσουμε την ποσότητα νερού άρδευσης ( $IR_{req}$ ) για μία καλλιέργεια σε χιλιοστά ανά στρέμμα, χρησιμοποιούμε τον μαθηματικό τύπο :

$$IR_{req} = \sum (ET_{crop}) - \sum (R_{eff}) \text{ mm/day}$$

Όπου το άθροισμα είναι από την ημερομηνία τελευταίας άρδευσης μέχρι την ημερομηνία κλήσης,  $ET_{crop}$  η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας και  $R_{eff}$  η ωφέλιμη βροχόπτωση.

Η εξατμισοδιαπνοή  $ET_{crop}$  υπολογίζεται από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ET_o$  του κοντινότερου μετεωρολογικού σταθμού και τον φυτικό συντελεστή  $K_c$  ως εξής :

$$ET_{crop} = K_c * ET_o.$$

Ενώ, για την ωφέλιμη βροχόπτωση ισχύει :

$$R_{eff} = Rain * 0.8$$

Όπου  $Rain$  η ημερήσια βροχόπτωση.

Από τα στοιχεία που εισάγει ο χρήστης (περιοχή στην οποία βρίσκεται η καλλιέργεια, είδος εδάφους, είδος καλλιέργειας, ηλικία καλλιέργειας και ημερομηνία τελευταίας άρδευσης) μπορούμε να βρούμε τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό, τον φυτικό συντελεστή  $K_c$  και τη μέγιστη δόση για την καλλιέργειά του.

Επομένως, τα βήματα που ακολουθούμε για να υπολογίσουμε το νερό άρδευσης είναι :

- Ελέγχουμε αν το διάστημα για το οποίο ζητά πληροφορίες ο χρήστης είναι μεγαλύτερο από 15 ημέρες. Σε αυτή την περίπτωση, θεωρούμε ημερομηνία τελευταίας άρδευσης την 15<sup>η</sup> μέρα πριν από την ημερομηνία κλήσης.

- Βρίσκουμε το άθροισμα των μετρήσεων  $E_{To}$  για το διάστημα που μας ενδιαφέρει. Εάν έχουμε λιγότερες από το 90% των μετρήσεων από τον μετεωρολογικό σταθμό, για τις μετρήσεις που λείπουν, υπολογίζουμε την εξατμισοδιαπνοή από την εξατμισμό του εξατμισιμέτρου  $E_{pan}$  ως  $E_{To} = \lambda * E_{pan}$ . Ο συντελεστής  $\lambda$  ισούται με τον μέσο όρο του λόγου  $E_{To}/E_{pan}$  για τις 10 ημέρες πριν από την εμφάνιση του προβλήματος.
- Ελέγχουμε αν υπήρξε καταρρακτώδης βροχή το διάστημα πριν από την ημερομηνία τελευταίας άρδευσης. Για τα μονοετή ελέγχουμε τις 2 προηγούμενες μέρες, ενώ για τα πολυετή τις 5 προηγούμενες μέρες. Θεωρούμε ότι αν το 80% της ημερήσιας βροχόπτωσης ( $R_{eff}$ ) ξεπερνά το διπλάσιο της μέγιστης δόσης για τη δεδομένη καλλιέργεια, έχουμε καταρρακτώδη βροχή. Στην περίπτωση αυτή, στο άθροισμα της ωφέλιμης βροχόπτωσης  $R_{eff}$ , προσθέτουμε και την ωφέλιμη βροχόπτωση για το διάστημα αυτό (τις 2 ή 5 προηγούμενες μέρες).
- Βρίσκουμε το άθροισμα της ωφέλιμης βροχόπτωσης για το διάστημα που ζητά ο χρήστης και ελέγχουμε αν στο διάστημα αυτό υπήρξε καταρρακτώδης βροχή. Εδώ, αν για κάποια μέρα διαπιστώσουμε ότι έχουμε καταρρακτώδη βροχή, δηλαδή αν το 80% της ημερήσιας βροχόπτωσης ( $R_{eff}$ ) ξεπερνά το διπλάσιο της μέγιστης δόσης για τη δεδομένη καλλιέργεια, θέτουμε την (ημερήσια) ωφέλιμη βροχόπτωση ίση με το διπλάσιο της μέγιστης δόσης.
- Εάν πρόκειται για πολυετή καλλιέργεια ελέγχουμε αν χρειάζεται να τροποποιήσουμε τον φυτικό συντελεστή  $K_c$  ανάλογα με την ηλικία και την έλλειψη υδατικών πόρων. Για τα δέντρα που είναι κάτω των 4 ετών, πολλαπλασιάζουμε τον συντελεστή  $K_c$  με 0,4 (γιατί το νεαρό δέντρο απαιτεί το 40% των αναγκών σε νερό που αντιστοιχεί σε ενήλικο δέντρο), για τα δέντρα που έχουν ηλικία μεταξύ 4 και 10 ετών πολλαπλασιάζουμε τον συντελεστή  $K_c$  με το 1/10 της ηλικίας

τους, π.χ. για ένα δέντρο 6 ετών πολ/ζουμε με 0,6. Για τα ενήλικα δέντρα, δηλαδή αυτά που είναι άνω των 10 ετών δεν χρειάζεται να τροποποιήσουμε τον φυτικό συντελεστή. Η έλλειψη υδατικών πόρων επηρεάζει το συντελεστή  $K_c$  ως εξής: αν η έλλειψη υδατικών πόρων είναι μεγαλύτερη από 50%, πολ/ζουμε τον φυτικό συντελεστή με 0,5, διαφορετικά αν η έλλειψη υδατικών πόρων είναι  $X < 50\%$ , πολ/ζουμε τον φυτικό συντελεστή με  $(100-X)/100$ . Σημειώνουμε ότι η τροποποίηση του συντελεστή  $K_c$  λόγω της έλλειψης υδατικών πόρων, γίνεται μόνο τους μήνες που η δεδομένη καλλιέργεια επιδέχεται ελλειμματική άρδευση.

- Στο σημείο αυτό μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα νερού άρδευσης :  $IR_{req} = \sum (ET_{crop}) - \sum (R_{eff})$  mm/day. Αν η ποσότητα  $IR_{req}$  είναι αρνητική ή μηδέν σημαίνει ότι η καλλιέργεια δεν χρειάζεται πότισμα. Στην περίπτωση που ξεπερνά τη μέγιστη δόση, προτείνουμε πότισμα σε δύο δόσεις (με ενδιάμεσο διάστημα 3 μέρες) από  $IR_{req} / 2$ . Ενώ, εάν η  $IR_{req}$  είναι μεγαλύτερη και από το διπλάσιο της μέγιστης δόσης, προτείνουμε δύο μέγιστες δόσεις (με ενδιάμεσο διάστημα 3 μέρες).

### Ψευδοκώδικας

```

subcategory = exec get_subcategory type_id
[dose, application_num] = get_dose type_id, soil_id, age

shortage_mod = 1
age_mod = 1

if( today - last_date > 15)
    last_date = today - 15

```

```

[eto_total]= exec get_water_stats last_date, today, station_id

if ( subcategory == 2 )
{
    [kc_orig, allow_reduction] = exec get_multi_kc type_id, today.month
    // To allow_reduction είναι 'true' μόνο για τα πολυετή
    // τους μήνες που επιδέχονται μειωμένη άρδευση
    if ( allow_reduction == 1 && age > 10)
    {
        // Συντελεστής Μειωμένη Άρδευση
        shortage = exec get_shortage station_id
        if shortage > 50
            shortage_mod = 0.5
        if shortage > 0
            shortage_mod = (100-shortage)/100
    }
    if ( age < 4 )
        age_mod = 0.4
    else if (age < 10)
        age_mod = age / 10.0

    check_date = last_date - 5 days
}
else
{
    kc_orig = exec get_oneyear_kc type_id, age
    check_date = last_date - 2 days
}
kc_mod = kc_orig * shortage_mod * age_mod

```

```

//η βροχόπτωση για τις 5 ή 2 προηγούμενες μέρες
[ptot_sum] = exec get_ptot check_date, end_date, station_id

while (rs.next()) {
    daily_rain = rs3.getFloat("ptot_sum");
    //έλεγχος για καταρρακτώδη βροχή τις 2 ή 5 προηγούμενες μέρες
    if ((0.8*(float)daily_rain) > 2*(float)dose_max)
        Peff += (0.8*(float)daily_rain);
}

//η βροχόπτωση για το διάστημα που ζήτησε ο χρήστης
[ptot_sum] = exec get_ptot end_date, start_date, station_id
while (rs.next()) {
    daily_rain = rs4.getFloat("ptot_sum");
    // έλεγχος για καταρρακτώδη βροχή
    if ((0.8*(float)daily_rain) > 2*(float)dose_max)
        Peff += (2.0 * (float)dose_max);
    else
        Peff += (0.8*(float)daily_rain);
}

i_req = eto_total*kc_mod - Peff

if i_req < 0
    i_req = 0
else if (i_req / application_num > dose)
    dose_rem = dose;
else if ( i_req < dose )
    application_num = 1;
else
    dose_rem = i_req / application_num;

```

## 8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

### 8.1 Προγραμματισμός της άρδευσης

#### 8.1.1 Γενικά

Το έδαφος από την πλευρά των αρδεύσεων θεωρείται η «δεξαμενή» του νερού, που χρησιμοποιείται από τα φυτά για τις ανάγκες τους (εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας  $ET_c$ ).

Τα φυτά χρησιμοποιούν το νερό που αποθηκεύεται στην ανώτερη εδαφική στρώση, όπου αναπτύσσεται το ριζικό τους σύστημα (ριζόστρωμα).

Το έδαφος χαρακτηρίζεται πορώδες σώμα γιατί ο όγκος του στη φυσική του κατάσταση περιλαμβάνει στερεά σωματίδια και κενούς χώρους. Το νερό αποθηκεύεται στους κενούς χώρους που τους ονομάζουμε πόρους του εδάφους και είναι τριχοειδούς διατομής.

Το νερό, που έχει εισέλθει στο έδαφος και δεν έχει στραγγιστεί σε βαθύτερα στρώματα της εδαφικής κατατομής, **συγκρατείται στους πόρους του εδάφους με μοριακές δυνάμεις συνοχής και συνάφειας (τριχοειδές φαινόμενο) και με προσρόφηση** λόγω δράσης ηλεκτρικών φορτίων, σε ποσότητες που προσδιορίζονται από τη μηχανική σύσταση του εδάφους (ελαφρύ, μέσο, βαρύ έδαφος).

Σαν αποτέλεσμα των μηχανισμών συγκράτησης του νερού στο έδαφος είναι το νερό να συγκρατείται στο έδαφος με αρνητικές δυνάμεις, που τα φυτά πρέπει να υπερνικήσουν για να εξασφαλίσουν νερό για τις ανάγκες τους. Έτσι τα φυτά εξάγουν το νερό από το έδαφος με μύζηση (αρνητική δύναμη), που εφαρμόζει το ριζικό τους σύστημα, το μέγεθος της οποίας φθάνει μέχρι και τις 15 ατμόσφαιρες.

Ποσότητες νερού που συγκρατούνται στο έδαφος με αρνητικές δυνάμεις μεγαλύτερες των 15 ατμοσφαιρών δεν μπορούν να αξιοποιηθούν από τα φυτά,

τα οποία σ' αυτή την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους μαραίνονται. Να σημειώσουμε εδώ ότι νερό απομακρύνεται από το ριζόστρωμα και με τις δυνάμεις της **βαρύτητας** και της **εξάτμισης**.

Η ποσότητα του εδαφικού νερού, που μπορούν να φυτά να εξάγουν από το έδαφος, για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε νερό είναι **η διαφορά μεταξύ της υδατοϊκανότητας, FC, και του σημείου μάρανσης, PWP**. Η ποσότητα αυτή του εδαφικού νερού ονομάζεται **διαθέσιμη υγρασία του εδάφους, ASM**.

Η **υδατοϊκανότητα, FC**, εκφράζει τον όγκο του νερού, που συγκρατείται σ' ένα καλά στραγγιζόμενο έδαφος, μετά από βαρεία άρδευση ή βροχοπτώση, όταν μηδενιστεί η προς τα κάτω κίνηση του νερού λόγω βαρύτητας. Το μέγεθος της αρνητικής πίεσης (δυναμικό πίεσης) με την οποία συγκρατείται το νερό του εδάφους στην υδατοϊκανότητα είναι περίπου 1/3 bar για εδάφη μέσης σύστασης.

Το **σταθερό σημείο μάρανσης, PWP**, εκφράζει τον όγκο του νερού, που συγκρατείται στο έδαφος με δυνάμεις που δεν μπορούν να υπερνικήσουν τα φυτά και να προσλάβουν νερό από το έδαφος. Έτσι τα φυτά μαραίνονται, παρ' όλο που αξιοσημειώτες ποσότητες νερού υπάρχουν στο έδαφος. Το μέγεθος της αρνητικής πίεσης (δυναμικό πίεσης) με την οποία συγκρατείται το νερό του εδάφους στο PWP είναι περίπου 15 bars για όλα τα εδάφη.

Στην αρδευτική πρακτική αξιοποιείται ένα ποσοστό  $f$  (συνήθως το μισό) της διαθέσιμης υγρασίας του εδάφους,  $f.ASM$ , για να μην «στρεσσάρουν» τα φυτά να αναπτύσσουν μεγάλες αρνητικές δυνάμεις (μυζήσεις) για να προσλάβουν νερό από το έδαφος. Η ποσότητα αυτή ονομάζεται **ωφέλιμη υγρασία** για τα φυτά,  $USM (=F.ASM)$  ή **δόση άρδευσης, T**.

Η δόση άρδευσης,  $T$ , είναι η ποσότητα του εδαφικού νερού, που αφήνουμε να απομακρυνθεί βαθμιαία από το ριζόστρωμα με ρυθμό, που καθορίζει η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας  $ET_c$  και την συμπληρώνουμε με άρδευση αφού λάβουμε υπ' όψιν μας και την ποσότητα του νερού της βροχής. Εξαρτάται κυρίως από τη μηχανική σύσταση του εδάφους (ελαφρύ, μέσο, βαρύ έδαφος) καθώς επίσης και από το βάθος ριζοστρώματος της καλλιέργειας, που το καθορίζουν το είδος της καλλιέργειας και το στάδιο ανάπτυξής της.

Ο προσδιορισμός της δόση άρδευσης,  $T$ , της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας,  $ET_c$  και της ωφέλιμης βροχόπτωσης  $R_{eff}$ , είναι η βάση για τον προγραμματισμό της άρδευσης.

### 8.1.2 Υπολογισμός της δόσης άρδευσης, $T$

Οι ποσότητες του νερού στο έδαφος υπολογίζονται αφού προσδιοριστεί πειραματικά η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό ως εξής:

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό εκφράζεται κατά μάζα,  $\omega$ , και κατ' όγκον,  $\theta$ .

Έστω εδαφικός όγκος στη **φυσική του κατάσταση**,  $V_o$ , (π.χ.  $1m^3$  εδάφους) με ολική μάζα,  $M_o$ , τότε:

$$V_o = V_s + V_u + V_a \quad (1)$$

όπου,  $V_s$ ,  $V_u$ ,  $V_a$  είναι ο όγκος των στερεών, ο όγκος του νερού και ο όγκος του αέρα αντίστοιχα.

$$M_o = M_s + M_u + M_a \quad (2)$$

όπου,  $M_s$ ,  $M_u$ ,  $M_a$  είναι η μάζα των στερεών, η μάζα του νερού και η μάζα του αέρα ( $M_a \approx 0$ ) αντίστοιχα.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό:

$$\alpha) \text{ κατά μάζα } \omega = \frac{M_u}{M_s} \frac{gr \text{ νερού}}{gr \text{ εδάφους}} \quad (3)$$

είναι η εκατοστιαία αναλογία της μάζας του νερού,  $M_u$ , προς την ξηρή μάζα των στερεών του εδαφικού δείγματος,  $M_s$  και

$$\beta) \text{ κατ' όγκον } \theta = \frac{V_u}{V_s} \frac{cm^3 \text{ νερού}}{cm^3 \text{ εδάφους}} \quad (4)$$

είναι η εκατοστιαία αναλογία του όγκου του νερού,  $V_u$ , προς τον συνολικό όγκο του εδαφικού δείγματος,  $V_o$ .

Αν στην εξίσωση (4), που ορίζει την περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό κατ' όγκον, οι όγκοι, τόσο του νερού  $V_u$ , όσο και του εδάφους  $V_o$ , αναχθούν στην μονάδα επιφάνειας του δείγματος, προκύπτει ο ανηγμένος όγκος νερού σαν

ύψος  $I$ , στον αντίστοιχο ανηγμένο όγκο του εδαφικού δείγματος σαν βάθος εδάφους  $D_o$ , δηλαδή:

$$V_o = I \cdot S \quad I = V_u/S$$
$$V_o = D_o \cdot S \quad D_o = V_o/S$$

όπου  $S$  επιφάνεια

οπότε

$$\Theta = I/D_o$$

$$\text{ή } I = D_o \cdot \Theta$$

$I$ , το ύψος νερού (mm), που περιέχεται στο αντίστοιχο βάθος εδάφους  $D_o$  (mm).

Συνήθως στο έδαφος ενδιαφερόμαστε να εκφράσουμε διαφορές υγρασίες ( $\Theta$ ) σε ισοδύναμο ύψος νερού  $I$  (mm), έτσι έχουμε:

$$I = D_o \cdot \Delta\Theta \quad (5)$$

Παράδειγμα: Η υγρασία που περιέχεται σ' ένα έδαφος ομοιογενές είναι 25% κατ' όγκον. Ποιός είναι ο όγκος νερού ανά στρέμμα που απαιτείται για να αυξήσουμε την υγρασία του εδάφους στην υδατοϊκανότητά του, που είναι 40% κατ' όγκον, μέχρι το βάθος των 50cm.

Χρησιμοποιούμε την εξίσωση (5)

$$I = D_o \times \Delta\Theta$$

$$I = 500 \text{ mm} \cdot (0,40 - 0,25) = 75 \text{ mm ύψος νερού}$$

$I = 75 \text{ mm}$  νερού, δηλ. όγκος νερού ανηγμένος στη μονάδα της επιφάνειας, που περιέχεται στον ανηγμένο όγκο  $D_o = 500 \text{ mm}$  βάθους εδάφους.

$$\text{Το στρέμμα είναι } S = 1000 \text{ m}^2$$

Έτσι ο όγκος νερού,  $V_u$ , που απαιτείται για την έκταση του ενός στρέμματος είναι:

$$V_u = I \cdot S = 0,075 \text{ m} \cdot 1000 \text{ m}^2 = 75 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$$

Η **Διαθέσιμη υγρασία του εδάφους**,  $ASM$ , υπολογίζεται σε ισοδύναμο ύψος νερού  $I_{ASM}$  (mm) στο βάθος του ριζοστρώματος  $D_p$  με την εξίσωση (5)

$$I_{ASM} = D_p (\Theta_{FC} - \Theta_{PWP}) \quad (\text{σε mm ύψους νερού}) \quad (1)$$

όπου

$\Theta_{FC}$  = κατ' όγκον περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό στην υδατοϊκανότητα

$\Theta_{PWP}$  = κατ' όγκον περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό στο σημείο μάρανσης

Η δόση άρδευσης,  $T$ , (σε mm) είναι

$$T = f \cdot I_{ASM}$$

ή

$$T = f D_e \cdot (\Theta_{FC} - \Theta_{PWP}) \quad (\text{mm ύψους νερού})$$

Το ποσοστό  $f$  ονομάζεται και συντελεστής ωφελιμότητας. Στην περίπτωση που μελετάμε ο συντελεστής ωφελιμότητας  $f$  λαμβάνεται ίσος με 0,50.

Έτσι είναι δυνατή η εφαρμογή νερού άρδευσης διπλάσιου της δόσης άρδευσης  $2.T$ , σε περίπτωση που έχει περάσει μεγάλο χρονικό διάστημα από την προηγούμενη άρδευση ( $f=1$ ).

### 8.1.3 Ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό

Το νερό αποτελεί βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη και την απόδοση των καλλιεργειών. Τα φυτά αντλούν νερό με το ριζικό τους σύστημα από την εδαφική στρώση του ριζοστρώματος και το χρησιμοποιούν για το σχηματισμό των ιστών τους και τη διαπνοή τους, δηλ. την εξάτμιση διά μέσω των φυλλικών επιφανειών. Επίσης νερό απομακρύνεται από το ριζόστρωμα με εξάτμιση διαμέσου της επιφάνειας του εδάφους.

Το συνδυασμένο αποτέλεσμα της εξάτμισης του νερού από την επιφάνεια του εδάφους και της διαπνοής του από τα φυτά το ορίζουμε ως **εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας**  $ET_C$  και εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο καταναλώνεται το νερό του ριζοστρώματος από την καλλιέργεια (συνήθως σε mm νερού ανά ώρα, ημέρα ή μήνα). Η πραγματική **εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας**,  $ET_C$ , ταυτίζεται με **τις ανάγκες μιας καλλιέργειας σε νερό**, που είναι η ποσότητα του νερού, που απαιτείται για την κανονική ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοση της καλλιέργειας σε μία χρονική περίοδο.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας,  $ET_c$ , μπορεί να γίνει άμεσα πειραματικά με τη μέθοδο του υδατικού ισοζυγίου της εδαφικής κατατομής του ριζοστρώματος, όπου μετρώνται όλοι οι όροι, που υπεισέρχονται στο υδατικό ισοζύγιο της εδαφικής κατατομής του ριζοστρώματος για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, πλην των απωλειών εξάτμισης, που προκύπτουν ως διαφορά. Η μέθοδος αυτή δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα, είναι όμως δαπανηρή και χρονοβόρα.

Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν **έμμεσοι μέθοδοι** προσδιορισμού της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας, από:

α) μετρήσεις της εξάτμισης  $E_{pan}$  (σε mm/hr)<sub>i</sub>, από εξατμισίμετρο λεκάνης, συνήθως τύπου A, επί τον κατάλληλο συντελεστή καλλιέργειας K ( $ET_c = K \cdot E_{pan}$ ) και

β) με εξισώσεις που βασίζονται σε κλιματικά δεδομένα.

Για το συστηματικό και ενιαίο προσδιορισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό, εισάγεται η έννοια της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς  $ET_o$ .

**Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ET_o$** , ορίζεται ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής από μια φυτοκαλυμμένη πλήρως επιφάνεια αναφοράς, που αναπτύσσεται δυναμικά, και έχει επάρκεια νερού. Η επιφάνεια αναφοράς είναι μια υποθετική καλλιέργεια γρασιδιού, ή μιας άλλης οριζόμενης καλλιέργειας (π.χ. μηδικής) με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Ο όρος εξατμισοδιαπνοή αναφοράς,  $ET_o$ , είναι μία κλιματική παράμετρος, που εξαρτάται μόνο από τις ανάγκες της ατμόσφαιρας σε νερό.

Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες ημιεμπειρικές εξισώσεις.

Η συνδυασμένη μέθοδος Penman-Monteith [11] για καλλιέργεια αναφοράς γρασίδι υπολογίζει την  $ET_o$  με την εξίσωση

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \frac{37}{T_{hr} + 273} \cdot U_2 \cdot [e_s(T_{hr}) - e_a]}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 \cdot U_2)} \quad (5)$$

Όπου

$ET_o$  = Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm/hr)

$R_n$  = Μέση καθαρή πυκνότητα ροής ακτινοβολίας ( $MJ.m^{-2}.hr^{-1}$ )

$G$  = Πυκνότητα ροής θερμότητας στο έδαφος ( $MJ.m^{-2}.hr^{-1}$ )

$T_{hr}$  = Μέση ωριαία θερμοκρασία αέρα ( $^{\circ}C$ )

$e_s(T_{hr})$  = Τάση κορεσμένων υδρατμών (kPa) στην μέση ωριαία θερμοκρασία του αέρα

$e_a$  = πραγματική τάση υδρατμών (kPa)

$\Delta$  = Κλίση καμπύλης τάσης υδρατμών με τη θερμοκρασία ( $kPa.^{\circ}C^{-1}$ )

$\gamma$  = Ψυχομετρική σταθερά ( $kPa.^{\circ}C^{-1}$ )

$U_2$  = Μέση ωριαία ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 2m(m/sec)

Στην περίπτωση που μελετάμε τα παραπάνω κλιματολογικά δεδομένα συλλέγονται με τους αντίστοιχους αισθητήρες των μετεωρολογικών σταθμών και η  $ET_o$  δίνεται από το λογισμικό (analyzer) σε mm/hr.

Ο προσδιορισμός της πραγματικής **εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας  $ET_c$**  γίνεται από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και ενός συντελεστού, του συντελεστού καλλιέργειας  $K_c$  με τον τύπο:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \text{ (mm/hr)} \quad (6)$$

Οι συντελεστές καλλιέργειας  $K_c$  διαφοροποιούνται ανάλογα με την καλλιέργεια, την ηλικία, το στάδιο ανάπτυξης και την επάρκεια των υδατικών πόρων.

## 9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Adam Hocek, David Cuddihy: "Definitive VoiceXML", Prentice Hall, PTR, 2003
- [2] <http://www.w3.org/TR/voicexml20/> "Voice Extensible Markup Language (VoiceXML) Version 2.0"
- [3] <http://www.w3.org/TR/speech-grammar/> "Speech Recognition Grammar Specification Version 1.0"
- [4] Βασίλης Διγαλάκης, Σημειώσεις του μαθήματος: Εισαγωγή στην Επεξεργασία Φωνής
- [5] [www.vocomosoft.com](http://www.vocomosoft.com) "VoiceXML in a Nutshell"
- [6] Michael H. Cohen, James P. Giangola, Jennifer Balogh: "Voice User Interface Design", Addison-Wesley, 2004
- [7] Ramez Elmasri, Shamkant B. Navathe: "Fundamentals of Database Systems", Third Edition, Addison-Wesley, 2000
- [8] Bryan Basham, Kathy Sierra & Bert Bates, "Head First Servlets & JSP", O'Reilly, 2004
- [9] <http://st-www.cs.uiuc.edu/users/smarch/st-docs/mvc.html> "How to use Model-View-Controller (MVC)"
- [10] <http://msdn.microsoft.com/library> "Model-View-Controller"
- [11] Allen R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper No56, Rome.
- [12] Doorenbos J. and W.O. Pruitt, 1977. Guidelines for predicting Crop Water Requirements FAO Irrigation and Drainage paper No 24, Rome.
- [13] Hess, T.M. 1996, Evapotranspiration estimates for water balance scheduling in the U.K., Irrigation News, 25:31-36.
- [14] Παπαζαφειρίου Ζ., 1999. Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών. Εκδόσεις ΖΗΤΗ Θεσσαλονίκη.

[15] Σασσάλου, Α., 2002. Σημειώσεις Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής-Αρδεύσεων Τμημάτων 4<sup>ου</sup> Εξαμήνου Γ.Π.Α.