



ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΕΡΚΥΡΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ – ΠΜΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ &
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΜΕΛΕΤΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΙΛΑΝΘΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΧΑΝΔΡΙΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

(ΠΚΜ 202014)

Επιβλέπων καθηγητής:
Δρ. Αυλωνίτης Μάρκος

Περίληψη

Ένας αυξανόμενος αριθμός ανθρώπων στις αγροτικές περιοχές βασίζεται στην τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών. Η ανάπτυξη στις αγορές εφαρμογών έχει επίσης οδηγήσει σε ένα ευρύ φάσμα εργαλείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές περιπτώσεις όπως και στην γεωργία. Ο στόχος αυτής της εργασίας είναι να αναλύσει την επιρροή του αείλανθου και να διερευνήσει την δημιουργία ψηφιακής εφαρμογής για τον εντοπισμό και περιορισμό του ζιζανίου.

Abstract

Information and communication technology (ICT) is becoming increasingly important to people living in rural and isolated places. As a result of the development of application markets, there is now a wide range of tools that may be used in a variety of scenarios, such as agriculture. The purpose of this investigation is to determine the influence of evergreen trees on the environment, as well as to design a computerized application for weed detection and control.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Κριτήρια αστικής πράσινης επιλογής	5
1.1. Ζιζάνια πόλεων	6
1.2. Εισβολικά φυτά.....	7
2. Το φυτό αείλανθος	9
2.1. Χαρακτηριστικά του αείλανθου.....	11
2.2. Αείλανθος: οικολογία και ιδιότητες.....	13
2.3. Μια άλλη οπτική	15
3. Παγκόσμιο Σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS/GNSS).....	17
3.1. Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών GIS (Geographic Information System)	19
3.2. Χρήση του GIS: Γεωργία Ακριβείας	20
3.3. Τύποι αισθητήρων και πώς χρησιμοποιούνται στη γεωργία ακριβείας	21
3.4. Συστήματα με μεταβλητές εφαρμογές(VRA ή VRT).....	22
4. Αξιολόγηση Εφαρμογών Για Κινητές Συσκευές	25
4.1. Εμπειρία Χρήστη (User Experience, UX)	26
4.2. Σχεδιασμός Διεπαφής Χρήστη (User Interface Design, UID).....	33
4.3. Τα κριτήρια του J. Nielsen.....	37
4.4. Ευχρηστία Εφαρμογής (Χρηστικότητα) (Usability).....	40
4.5. Αξιολόγηση της ευχρηστίας των εφαρμογών	44
4.6. Αγροτική διαχείριση μέσω κινητών εφαρμογών	48
4.7. Εφαρμογές φορητών συσκευών για το γεωργικό τομέα.....	49
4.8. Κατηγορίες εφαρμογών της κινητής τεχνολογίας στον τομέα της γεωργίας.....	51
4.9. Τα οφέλη για τον γεωργό από τη χρήση εφαρμογών αγροτικής διαχείρισης	52
4.10. Κινητές Εφαρμογές για τον Αγροτικό Χώρο.....	53
5. Κινητή εφαρμογή γεωργικών καλλιεργειών.....	53
5.1. Πολυπληροφοριακές εφαρμογές για κινητά	54
5.2. Υπολογιστικές εφαρμογές για κινητές συσκευές	55
5.3. Διαγνωστικές εφαρμογές για κινητές συσκευές	55
5.4. Αγρο ακαδημαϊκές κινητές εφαρμογές	56
5.5. Αγρο-επαγγελματικές κινητές εφαρμογές	56
5.6. Κινητές Εφαρμογές για τη Βιολογική Γεωργία	57

6. Δημιουργία κινητής εφαρμογής για τον περιορισμό του αείλανθου.	58
7. Συμπεράσματα	63
Βιβλιογραφία	64

1. Κριτήρια αστικής πράσινης επιλογής

Τα φυτά συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων και το αστικό πράσινο παίζει διάφορους ρόλους στις λειτουργίες μιας πόλης. Ακολουθούν παραδείγματα αστικού πρασίνου (Αφεντούλη, 2012):

- Φυσικοί χώροι πρασίνου
- Πάρκα και κήποι, δημόσιοι και ιδιωτικοί
- Παιδικές χαρές, πλατείες και χώροι αθλοπαιδειών
- Φυτεύσεις σε προσόψεις κτιρίων και στέγες, καθώς και σε χώρους αναψυχής και περιφερειακές περιοχές κτιρίων
- Αυλές, δημόσιες και ιδιωτικές, όπως αυτές που βρίσκονται σε εκκλησίες και νοσοκομεία, για παράδειγμα.
- Κατά μήκος των δρόμων, υπάρχουν πράσινοι διάδρομοι πεζών και δεντροστοιχίες.
- Οι περιοχές που έχουν εγκαταλειφθεί ακόμα εξακολουθούν να καταλαμβάνονται από αυτοφυή βλάστηση
- Ρέματα, αρδευτικά και αποστραγγιστικά κανάλια

Τα άναρχα και τυχαία κτίρια έχουν μειώσει σημαντικά τον διαθέσιμο χώρο πρασίνου στις πόλεις τα τελευταία χρόνια (Μητούλα, 2006). Ως αποτέλεσμα, ο σύγχρονος άνθρωπος ζει σε ένα μολυσμένο, θορυβώδες και υποβαθμισμένο κλιματικό περιβάλλον, αποκομμένο από τη φύση, με αρνητικές επιπτώσεις στην ψυχική και σωματική του ευεξία. Ταυτόχρονα, η παρουσία πρασίνου στους δρόμους της πόλης, καθώς και η διατήρηση των χώρων πρασίνου γενικότερα, είναι κρίσιμης σημασίας για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Παράλληλα, υπάρχουν πολλές αστικές περιοχές με δέντρα, κήπους και πάρκα, καθώς και ποτάμια ή ρυάκια που χρησιμεύουν ως καταφύγιο και βιότοπο για πολλούς τύπους χλωρίδας και άγριας ζωής στην περιοχή (Tjallingii, 2000). Ως αποτέλεσμα, η ανάγκη της πόλης για χώρους πρασίνου θεωρείται ιδιαίτερα επιτακτική. Επειδή η παρουσία πρασίνου στις πόλεις είναι ιδιαίτερα σημαντική, η επιλογή των θεμελιωδών ειδών των «δέντρων του δρόμου» είναι ένα κρίσιμο στοιχείο στο οποίο πρέπει να ληφθούν υπόψη τέσσερα καθιερωμένα κριτήρια:

- Οι επιδράσεις στο τοπίο

- Οι περιβαλλοντικές συνέπειες,
- Η ανθεκτικότητα σε αστικά περιβάλλοντα, καθώς και
- Οι οικονομικές εκτιμήσεις.

Το κριτήριο «επιπτώσεις στο τοπίο» αφορά τον προσδιορισμό του πόσο καλά ένα δέντρο σε μια συγκεκριμένη περιοχή ανταποκρίνεται σε απαιτήσεις όπως να μην ενοχλεί κατοίκους - περαστικούς, να παρέχει σκιά, να μην προκαλεί αλλεργίες, να μην είναι δύσσομο και να μην συλλέγει ανεπιθύμητα έντομα (π.χ. μύγες ή σφήκες). Η αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο ένα δέντρο είναι πιθανό να εκτελέσει τη λειτουργία που θα ωφελούσε το αστικό περιβάλλον αναφέρεται ως «οικολογικές επιπτώσεις». Η «αντίσταση στο αστικό περιβάλλον» αναφέρεται στην ικανότητα ενός δέντρου να αντέχει στις αστικές περιβαλλοντικές απαιτήσεις και, ειδικότερα, στην καταλληλότητά του για φύτευση σε δρόμους με περιβαλλοντικούς περιορισμούς, όπως η ικανότητα ανοχής της αέριας ρύπανσης. Τέλος, υπάρχουν οι «οικονομικές προεκτάσεις» της επιλογής ενός δέντρου ως συμφέρουσας επιλογής για την αγορά, τη φύτευση και τη φροντίδα του. Συνοπτικά, το πράσινο στις πόλεις συμβάλλει στην ενίσχυση των τριών βασικών πτυχών της βιώσιμης ανάπτυξης και ειδικότερα, παρέχει κοινωνική (αναψυχή, επικοινωνία, ηρεμία), οικονομική (τόνωση επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, πολιτιστικό και ψυχαγωγικό πόλο ενδιαφέροντος) και περιβαλλοντική (μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων, ρύπανση) οφέλη (Κουκλαδάς, 2002). Ως αποτέλεσμα, είναι ευρέως αναγνωρισμένο ότι το φυτικό στοιχείο σε ένα αστικό περιβάλλον εξυπηρετεί μια ποικιλία εργασιών για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, η οποία είναι κρίσιμη για την επιβίωση του ανθρώπου (Κουκλαδάς, 2002).

1.1. Ζιζάνια πόλεων

Τα φυτά είναι απαραίτητα στη διατροφή των ανθρώπων, καθώς και τα παμφάγα και φυτοφάγα είδη, επειδή όλοι οι ετερότροφοι οργανισμοί βασίζονται σε αυτά άμεσα ή έμμεσα για την ύπαρξη. Φυτά όπως το *Ailanthus altissima* αναγνωρίζονται ως οι κύριοι παραγωγοί και παρέχουν θρεπτική και ενεργειακή υποστήριξη στους ανθρώπους. Παρέχουν επίσης σημαντικά συστατικά για ζωοτροφές, φάρμακα και χημικά, μεταξύ άλλων. Επιπλέον, αρκετά φυσικά φυτά είναι εξαιρετικά

πολύτιμα στη μελισσοκομία και τη γενετική ως πηγές ωφέλιμου γενετικού υλικού για μεταφορά σε καλλιεργούμενα φυτά. Τα φυτά, τόσο στα ανθρωπογενή όσο και στα φυσικά οικοσυστήματα, μπορεί να είναι ανεπιθύμητα λόγω των προβλημάτων που φέρνουν, εκτός από τη χρήση και τα πλεονεκτήματά τους για τον άνθρωπο και τα ζώα. Τα ζιζάνια μπορούν να βρεθούν σε όλους τους τύπους αστικού πρασίνου και έχουν επιζήμια επίδραση στη συνολική αισθητική και λειτουργικότητα των χώρων, καθώς και στην ανάπτυξη φυτικού υλικού. Ο έλεγχος των ζιζανίων στο αστικό πράσινο προσπαθεί να βελτιώσει την εμφάνιση και τη λειτουργία των πόλεων, καθώς και την ανθεκτικότητα της υποδομής και την ασφάλεια των κατοίκων (Αφεντούλη & Βυζαντινόπουλος, 2012).

Το τι συνιστά ζιζάνιο έχει οριστεί με πολλούς τρόπους στο παρελθόν. Κάθε είδος φυτού που έχει αρνητικό οικονομικό, κοινωνικό ή οικολογικό αντίκτυπο σε ένα περιβάλλον ονομάζεται ζιζάνιο. Τα ζιζάνια, σύμφωνα με τον πιο ευρέως αποδεκτό ορισμό, είναι όλα τα φυτά, αυτοφυή ή καλλιεργούμενα, που «φυτρώνουν εκεί που δε τα σπέρνουν» ή αλλιώς «φυτρώνουν όπου και όταν δεν είναι επιθυμητά» (Ελευθεροχωρινός, 2008). Ως αποτέλεσμα, όλα τα φυτά μπορούν να θεωρηθούν ζιζάνια εάν αναπτύσσονται κατά διαστήματα και τοποθεσίες όπου ο άνθρωπος προτιμά άλλα φυτά ή δεν επιθυμεί κανένα φυτό, σύμφωνα με τα προηγούμενα κριτήρια. Ως αποτέλεσμα, είναι σαφές ότι τα περισσότερα ζιζάνια δεν είναι πάντα και παντού ανεπιθύμητα φυτά, αλλά επισημαίνονται ως τέτοια όταν έχουν μία ή περισσότερες άμεσες ή έμμεσες αρνητικές επιπτώσεις σε καλλιεργούμενα φυτά, ανθρώπους ή ζώα. Ο ανταγωνισμός, η αμοιβαία δράση, οι καθυστερήσεις στην παραγωγή και η κακή ποιότητα των προϊόντων είναι μερικές από τις πιο σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στα καλλιεργούμενα φυτά (Ελευθεροχωρινός, 2008).

1.2. Εισβολικά φυτά

Τα μη αυτόχθονα είδη που είναι εισβλητικά ή εισβολικά μπορεί ή αναμένεται να προκαλέσουν περιβαλλοντική ή οικονομική βλάβη, καθώς και βλάβες στην ανθρώπινη υγεία (Tree-of-Heaven | National Invasive Species Information Center | USDA, 07/03/2020). Τα φυτά, τα ζώα και άλλα είδη, όπως τα μικρόβια, μπορεί να θεωρηθούν «εισβολικά είδη». Οι βιολογικές εισβολές έχουν επισημανθεί ως σοβαρός

κίνδυνος για την παγκόσμια βιοποικιλότητα και την περιβαλλοντική αλλαγή, με αποτέλεσμα οικονομική απώλεια και εισβολή στη λειτουργία των οικοσυστημάτων (Lambdon et al, 2008). Παρά το γεγονός ότι έχουν παρατηρηθεί εδώ και δεκαετίες, μόνο τα τελευταία εξετάζονται εντατικά, λόγω της γνώσης του κοινού για τις συνέπειές τους (Arianoutsou et al., 2010). Η νόσος των πουλερικών και ο αφθώδης πυρετός είναι δύο παραδείγματα καταστροφικών επιπτώσεων από μεγάλα κοινωνικο-οικολογικά προβλήματα που είχαν σημαντικές αρνητικές συνέπειες στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Άλλες σημαντικές απαρατήρητες επιπτώσεις περιλαμβάνουν τα οικοσυστήματα και τη λειτουργία και τη σύνθεσή τους γενικά, καθώς και την απώλεια της βιοποικιλότητας (Lloret et al., 2005). Ο βαθμός εισβολής καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι ιστορικά δεδομένα, όπως η διάρκεια, η ποσότητα και η συχνότητα των εισβολών, η ανθεκτικότητα του οικοσυστήματος και η πιθανότητα εισβολής από το είδος της εισαγωγής (Lonsdale, 1999). Οι περιβαλλοντικές και βιοτικές μεταβλητές επηρεάζουν το πόσο καλά τα οικοσυστήματα μπορούν να αντέξουν (να αποδεχτούν) τις βιολογικές εισβολές (Lonsdale, 1999). Επιπλέον, η πιθανότητα εισβολής δεν είναι σταθερό χαρακτηριστικό ενός οικοσυστήματος, καθώς η ευαισθησία στην εισβολή φαίνεται να εξαρτάται όχι μόνο από τα χαρακτηριστικά και την ταυτότητα του εισβολέα, αλλά και από το κλίμα, καθώς η πλειονότητα των εισβολικών φυτών έχει κάποιο βαθμό προσαρμογής στις κλιματικές συνθήκες (Lloret et al., 2005). Τα καλοκαίρια στα μεσογειακά οικοσυστήματα είναι ζεστά και ξηρά και η έλλειψη νερού συχνά αναστέλλει την ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών και προκαλεί ερημοποίηση της γης (Vilà et al., 2008). Καθώς το πλούσιο έδαφος υποβαθμίζεται και εξαφανίζεται, αφήνοντας τις άγονες περιοχές αποχρωματισμένες και τις περιοχές χαμηλής παραγωγικότητας για εκμετάλλευση των εισβολέων φυτών, τα μεσογειακά οικοσυστήματα προβλέπεται να γίνουν πιο ευάλωτα στην εισβολή. Η κλιματική αλλαγή έχει αντίκτυπο στις κατανομές και τις αλληλεπιδράσεις των φυτών, καθώς οι αλλαγές του μικροκλίματος ευνοούν την ανάπτυξη εισβολικών ειδών στα οικοσυστήματα (Vilà et al., 2008). Ταυτόχρονα, κρίσιμα στοιχεία όπως οι πλημμύρες, οι πυρκαγιές, οι διαταραχές του ανέμου και η βόσκηση έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν την εισβολή ξένων ειδών και να επηρεάσουν τα οικοσυστήματα ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής (Ladd et al, 2004). Ο έλεγχος των ευρωπαϊκών εισβολικών ειδών αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής. Η δυνατότητα εξάπλωσης και εισαγωγής χωροκατακτητικών

ετερογενών φυτικών ειδών προβλέπεται να αυξηθεί καθώς τα φυσικά και τα ανθρωπογενή οικοσυστήματα προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες. Η Μεσόγειος είναι γνωστή για την εισαγωγή εξωτικών ειδών καθώς τα λιμάνια και τα νησιά της ηπειρωτικής χώρας έχουν χρησιμοποιηθεί ως εμπορικοί κόμβοι για χιλιετίες και τέτοιες περιβαλλοντικές αλλαγές θα αποτελέσουν πρόβλημα για τον στρατηγικό σχεδιασμό και τη διαχείριση φυσικών, γεωργικών και αστικών περιοχών (Bardsley and Edwards-Jones, 2007). Ο κίνδυνος είναι υψηλότερος για την Κρήτη και τα νησιά της Μεσογείου, καθώς οι παράκτιες περιοχές και τα νησιά είναι πιο ευαίσθητα σε βιολογικές εισβολές από άλλα μέρη της ηπείρου (MacDonald and Cooper, 1995). Τα χωροκατακτητικά είδη έχουν τη δύναμη να αλλάζουν τη χρήση γης και, ως εκ τούτου, τη λειτουργία του οικοσυστήματος. Επιπλέον, είναι προφανές ότι τα οικοσυστήματα που κυριαρχούν οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν υποστεί αρκετές επεμβάσεις σε αντίθεση με τα οικοσυστήματα με συνεχείς και μεγάλες εκτάσεις ζώων (Guirado et al, 2006).

2. Το φυτό αείλανθος

Ο ψηλότερος Αείλανθος ή Αϊλαντος είναι ένα μικρό έως μεγάλο φυλλοβόλο δέντρο ενδημικό της Κίνας και του βόρειου Βιετνάμ, συχνά γνωστό ως το «ουράνιο δέντρο» και το βρωμόδεντρο ή η βρωμοκαρυδιά (Kowarik and Säumel, 2007). Ο Αείλανθος ευδοκιμεί σε μέτριες συνθήκες, σε αντίθεση με άλλα τροπικά είδη του γένους του, και έχει αποικίσει την Ευρώπη και όλες τις άλλες ηπείρους εκτός από την Ανταρκτική. Η επιστημονική του ονομασία είναι *Ailanthus altissima* και είναι μέλος της οικογένειας Simarubaceae και Sapindales, τάξης δικοτυλήδωνων. Το όνομα προέρχεται από την Ambonese ή την South Moluccans, όπου η λέξη *ailanto* σημαίνει «δέντρο του ουρανού» ή «δέντρο που απλώνεται στον ουρανό». Το σημερινό όνομα *Ailanthus altissima* προέρχεται από τον Walter T. Swingle, καθώς το *Altissima* είναι λατινικό για το «εξαιρετικά ψηλός», που σχετίζεται μεταφορικά με το τεράστιο ανάστημα του ζιζανίου.

- Το είδος ορίστηκε από τη *A. altissima* var. *altissima*, μια γηγενής παραλλαγή από την ηπειρωτική Κίνα.
- *A. altissima* var. *tanakai*, μια γηγενής παραλλαγή που απαντάται μόνο στα βόρεια υψίπεδα της Ταϊβάν. Διαφέρει από την τυπική ποικιλία στο ότι έχει κιτρινωπό φλοιό και ασυνήθιστα φύλλα που είναι μικρότερα κατά μέσο όρο 45 έως 60 cm

(18 έως 24 ίντσες) σε μήκος, με μόνο 13-25 φύλλα που μοιάζουν με δρεπάνι. Λόγω της υποβάθμισης των οικοτόπων για κτιριακές και βιομηχανικές φυτεύσεις, περιλαμβάνεται ως ποικιλία υπό εξαφάνιση στην Κόκκινη Λίστα Απειλούμενων Ειδών της IUCN.

- *A. altissima* var. *Sutchuenensis*. Το *sutchuenensis* διακρίνεται από την παρουσία βυσσινί κλαδιών. Το *Ailanthus* είναι ένα γένος περίπου δέκα ειδών που απαντάται στην Ασία και στον Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό (Singh et al., 2009).

Λίγο αφότου ο Γάλλος Ιησουίτης Pierre Nicholas d'Incarville εισήγαγε το δέντρο του ουρανού στην Ευρώπη, γράφτηκαν οι πρώτες επιστημονικές αναφορές. Στη δεκαετία του 1740, ο D'Incarville έστειλε σπόρους από το Πεκίνο στον φίλο του, βοτανολόγο Bernard de Jussieu, πιστεύοντας ότι ήταν το σημαντικό οικονομικά κινέζικο βερνικόδεντρο (*Toxicodendron vernicifluum*). Ο Zussier έσπειρε μερικούς σπόρους στη Γαλλία και άλλους έστειλε σε βοτανολόγους σε μεγάλους (δημόσιους και βασιλικούς) κήπους στο Ηνωμένο Βασίλειο (Hu, 1979). Το δέντρο επεκτάθηκε γρήγορα στην Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένης της Γερμανίας, της Αυστρίας, της Ελβετίας, της Τσεχικής Δημοκρατίας, της Σλοβακίας και της Ουγγαρίας. Τα περισσότερα μεσογειακά έθνη, καθώς και πολλά άλλα εύκρατα μέρη όπως η Αυστραλία, η Ινδία, η Ιαπωνία, η Μαλαισία και η Ινδονησία, το έχουν αναφέρει. Μετά από αίτημα της βασίλισσας Αμαλίας να μεταφέρει αυτό το διακοσμητικό φυτό κινεζικής προέλευσης στην Αθήνα, συμπεριλαμβανομένου του εξωραϊσμού του κήπου του παλατιού, του Βασιλικού και στη συνέχεια του Εθνικού Κήπου, ο οποίος ήταν τότε στα σπάργανα, η εισβολή στην Ελλάδα άρχισε περίπου το 1850. Έκτοτε επεκτάθηκε σε όλη τη χώρα λόγω της ευκολίας στην μετάδοσή του καθώς και της αντοχής που το ορίζει. Χρησιμοποιήθηκε ευρέως ως ελκυστικό φυτό και το είδος μεταφέρθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες γι' αυτό το λόγο το 1786. Παρέμεινε δημοφιλές καθ' όλη τη διάρκεια του δέκατου ένατου αιώνα, όταν φυτεύτηκε στους δρόμους της πόλης, μέχρι να ανακαλυφθούν οι επιβλαβείς περιβαλλοντικές συνέπειές του. Ταξινομείται ως παράσιτο επειδή είναι ένας διεισδυτικός οργανισμός στην επικράτεια του Εθνικού Δασικού Συστήματος των ΗΠΑ και σε πολλές άλλες πολιτείες, και επειδή τα ευρεία χαρακτηριστικά του επιτρέπουν να ανταγωνίζεται εύκολα τα αυτόχθονα είδη. Φτάσαμε λοιπόν σε ένα σημείο όπου το είδος έχει γίνει σοβαρό πρόβλημα, καθώς η αυξανόμενη παραγωγή σπόρων, τα υψηλά ποσοστά βλάστησης και η ικανότητά του να αναγεννάται μέσω του ριζικού του συστήματος, του επέτρεψαν να εξαπλωθεί σε όλο τον κόσμο. Αυτό το δέντρο έχει εξελιχθεί για να

αναπτύσσεται σε ποικίλα διαταραγμένα περιβάλλοντα και κάτω από μια ποικιλία δυσμενών καταστάσεων (Singh et al., 2009).

2.1. Χαρακτηριστικά του αείλανθου

Ο Αείλανθος είναι ένα ταχέως αναπτυσσόμενο πολυετές φυλλοβόλο δέντρο με εύρος ύψους από 8 έως 20 μέτρα, με την ικανότητα να φτάνει τα 30 μέτρα σε σπάνιες περιπτώσεις. Τα μεγάλα δέντρα έχουν κιτρινωπό, λείο φλοιό που μπορεί να έχει μικροσκοπικές αυλακώσεις σε ηλικιωμένα δέντρα μεγάλης ηλικίας και μπορεί να φτάσει και να ξεπεράσει το ένα μέτρο σε διάμετρο. Ο φλοιός στα μεγάλα κλαδιά είναι πανομοιότυπος με τον φλοιό των μικρών κλαδιών. Μεγάλα, πτεροειδή έντονα ανοιχτοπράσινα φύλλα που αναπτύσσονται εναλλάξ, μέχρι 30 έως ένα μέτρο με 10-41 οβάλ ελαφρώς ασύμμετρα ζευγαρωμένα φυλλαράκια μήκους 5-18 cm και πλάτους 2,5-5 cm με αδενώδεις τρίχες στη βάση τους προσαρτημένες στο φύλλο με μικρό στέλεχος μήκους 5-12 mm και πλάτους 2,5-5 cm (Miller, 2003). Ο μίσχος του φύλλου είναι κατακόκκινος και διογκωμένος στη βάση. Καθώς τα φύλλα πέφτουν από τα δέντρα το χειμώνα, οι χαρακτηριστικές ουλές ή τα αποτυπώματα των φύλλων παραμένουν, ανάποδα τριγωνικά ή σε σχήμα καρδιάς, με το μικρό σφαιρικό χνουδωτό μάτι στο κέντρο της πάνω πλευράς. Την άνοιξη, τα νεαρά φυτά είναι γενικά πιο δραστήρια στο άνω και κάτω μάτι. Τόσο κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης όσο και του χειμώνα, αυτά τα διακριτικά γνωρίσματα βοηθούν στην αναγνώριση του είδους. Αυτά τα δέντρα αναπτύσσουν εύκολα βλαστούς από τις ρίζες τους και έτσι μπορούν να ανακτηθούν γρήγορα εάν τεμαχιστούν. Τα νεαρά φυτά και οι βλαστοί έχουν λεπτότερα κλαδιά και μεγαλύτερα φύλλα από τα παλαιότερα φυτά και βλαστούς. Αργότερα, τα κλαδιά γίνονται παχύτερα και τα φύλλα συρρικνώνονται ελαφρώς, αλλά ο ρυθμός ανάπτυξης παραμένει υψηλότερος από αυτόν των άλλων δέντρων (Miller, 2003).

Είναι ένα είδος δίοικου δέντρου με θηλυκά και αρσενικά άνθη σε ξεχωριστά δέντρα. Έχει κιτρινωπά-λευκά άνθη με διάμετρο 7-8 χιλιοστά, άνθησης φόβη, αλλά υπάρχουν και άλλα δέντρα με άνθη αποκλειστικά θηλυκά ή αποκλειστικά αρσενικά. Τα αρσενικά άνθη Αείλανθη περιέχουν γύρη που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές αλλεργίες, επομένως είναι καλύτερο να καλλιεργηθεί θηλυκός Αείλανθος. Μεταξύ του βόρειου ημισφαιρίου, η ανθοφορία αρχίζει από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο. Τα άνθη εμφανίζονται σε νέα ανάπτυξη σε φόβες (σύνθετοι λάκκοι) διαμέτρου έως 50

εκατοστά. Έχουν 5 σέπαλα συνδεδεμένα και 5 πέταλα εφαιπτόμενα και είναι αρκετά μικροσκοπικά, κιτρινοπράσινα ή κοκκινωπά. Τα θηλυκά στον ύπερο του άνθους έχουν πέντε διαφορετικά φύλλα καρπού, το καθένα έχει μια ωοθήκη, υποδεικνύοντας ότι το καθένα θα αναπτυσσόταν σε ένα μόνο καρπό που περιέχει σπέρμα, με τους πυλώνες τους συνδεδεμένους και με αστεροειδή κουκκίδες. Τα αρσενικά άνθη περιέχουν 5-10 στήμονες αλλά δεν έχουν ύπερο, ενώ τα θηλυκά άνθη έχουν στήμονες αλλά είναι άγονοι. Ένας αρσενικός αείλανθος έχει τη δυνατότητα να παράγει 3 με 4 φορές περισσότερα άνθη από το θηλυκό δέντρο και τα αρσενικά άνθη εκπέμπουν μια εξαιρετικά δυσάρεστη και αποπνικτική οσμή από απόσταση, η οποία είναι εξαιρετικά άβολη και αφόρητη όπου υπάρχουν τέτοια δέντρα, προκειμένου να προσελκυσθούν οι επικονιαστές (Thompson et al., 2008). Την άνοιξη, γίνεται η επικονίαση. Οι σπόροι ωριμάζουν από τον Σεπτέμβριο έως τον Οκτώβριο, ενώ οι καρποί βγαίνουν από τον Αύγουστο έως τον Οκτώβριο. Δεν υπάρχουν πολλές πληροφορίες σχετικά με τους επικονιαστές του Αείλανθου. Τα σκαθάρια και άλλα μικροσκοπικά έντομα έχουν αναγνωριστεί ως επικονιαστές, σύμφωνα με τον Brizicky (1962). Οι μέλισσες έχουν επίσης αναγνωριστεί ως επικονιαστές κατά τη συλλογή γύρης, με το μέλι που παράγεται από το νέκταρ του Αείλανθου να έχει στην αρχή μια ιδιαίτερα δυσάρεστη γεύση που βελτιώνεται μετά από λίγους μήνες (Thompson et al., 2008). Οι καρποί αποτελούν μια ομάδα σαμάρων, καθεμία από τις οποίες έχει μήκος 3-4 εκατοστά και είναι κόκκινο όταν το φυτό είναι νέο. Από ένα μόνο δέντρο *A. altissima* μπορούν να παραχθούν έως και 325.000 σπόροι, οι οποίοι διαχέονται εύκολα από τον άνεμο και το νερό (Kaproth & McGraw, 2008). Οι σπόροι του είναι απίστευτα μικροί, έχουν μήκος 2,5 εκατοστά και πλάτος 1 εκατοστό. Κάθε σαμάρα περιέχει ένα σπέρμα, το οποίο έχει καμπύλες άκρες για να τους επιτρέπει να περιστρέφονται πιο εύκολα με τον άνεμο και ως εκ τούτου να πηγαίνουν πιο μακριά. Μέσω του σχηματισμού ριζών ή παραφυάδων, ο Αείλανθος δύναται να αναπαραχθεί ασεξουαλικά ως δέντρο, μόνος ή σε ομάδες. Ως αποτέλεσμα, τα κατεστραμμένα οικοσυστήματα αναπτύσσουν πυκνές συστάδες από θάμνους. Τα κλαδιά είναι πιο ψηλά σε δέντρα με διάμετρο 30-40 εκατοστά, ενώ τα κλαδιά είναι σπάνια σε δέντρα με διάμετρο μεγαλύτερη των 60 εκατοστών. Αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να παρουσιάσει κάποια εξασθένηση των βλαστών το χειμώνα, αλλά ανακάμπτει γρήγορα. Ωστόσο, τα επαναλαμβανόμενα ψύχη μπορεί να προκαλέσουν ξήρανση του φυτού (Miller, 2003). Το ριζικό σύστημα του Αείλανθου είναι ρηχό αλλά και εξαπλωμένο, με ρίζες κοντά στον κορμό σε μια παχιά δομή αποθήκευσης, που του επιτρέπει να αποθηκεύει πολύ νερό. Επειδή οι

περισσότερες ρίζες εκτείνονται μόνο 46 εκατοστά πάνω από το έδαφος, δεν υπάρχει πραγματική ρίζα μίσχου. Αυτά τα χαρακτηριστικά το καθιστούν ανθεκτικό στην ξηρασία, αλλά δυσκολεύουν επίσης τη ζωή σε τοποθεσίες με κακή αποστράγγιση, όπως υποδεικνύεται από τη σπανιότητα του Αείλανθου σε βάλτους και έλη (Thompson et al., 2008). Τα δέντρα Αείλανθοι ζουν 50 χρόνια κατά μέσο όρο, ωστόσο το γηραιότερο και ψηλότερο γνωστό δέντρο είναι 130 ετών και έχει ύψος 30 μέτρα με διάμετρο κορμού 1,27 μέτρα, σε ένα πάρκο κοντά στη Βόννη (Plittersdorfer Aue), Γερμανία. Ο κορμός του Αείλανθου είναι σκληρός και εύθραυστος και ένας δυνατός αέρας μπορεί να τον σπάσει. Όλα τα τμήματα του φυτού, αλλά ιδιαίτερα τα φύλλα, εκπέμπουν μια άσχημη μυρωδιά από τους αδένες στη βάση τους, έτσι έχουν βγει και τα ονόματα «βρωμούσα», «βρωμοκαρυδιά» και «βρωμόδενδρο» (Kowarik and Säumel, 2007).

2.2. Αείλανθος: οικολογία και ιδιότητες

Το «ουράνιο δέντρο» είναι ένα προσαρμόσιμο φυτό το οποίο ευδοκίμει τόσο σε ηλιόλουστα όσο και σε διαταραγμένα περιβάλλοντα. Διεisdύει επιθετικά με τους σπόρους του καθώς και με την ανάπτυξη του στελέχους και τις ρίζες του, που ανακάμπτουν γρήγορα μετά την αποκοπή. Δεν θεωρείται συχνά ως φυτό με πιθανή εισβολή στο δάσος λόγω της δυσανεξίας στη σκιά. Παρόλα αυτά, τα φυτά Αείλανθη κυριαρχούν σε πολλά φυσικά δασικά κενά (ξέφωτα). Μέσα σε αυτά τα κενά, τα ψηλότερα σπορόφυτα του Αείλανθου αναπτύσσονται σημαντικά ταχύτερα από τα υψηλότερα φυσικά ανταγωνιστικά τους ως προς το ύψος, τη διάμετρο και την επέκταση. Ο Αείλανθος, από την άλλη πλευρά, αποδείχθηκε ότι είναι σε θέση να ανταγωνίζεται καλά τα αυτόχθονα δέντρα σε κενά όταν μόλις το 2% έως και 15% του ηλιακού φωτός ήταν πλήρως διαθέσιμο σε μια μελέτη ενός αρχαίου πλατύφυλλου δάσους στη Νέα Υόρκη. Στην ίδια μελέτη, ανακαλύφθηκε ότι το δέντρο χρησιμοποιεί μια στρατηγική «κενό-υποχρεωτικό» για να φτάσει στο δάσος, πράγμα που σημαίνει ότι αναπτύσσεται γρήγορα σε σύντομο χρονικό διάστημα και όχι αργά με την πάροδο του χρόνου (Knapp and Canham, 2000). Ο Αείλανθος αποτελεί ένα ανθεκτικό δέντρο στους ρύπους, ακόμα και στο διοξείδιο του θείου, το οποίο και μπορεί να απορροφήσει μέσω των φύλλων του. Έχει τη δυνατότητα να αντέχει τη σκόνη τσιμέντου και τις αναθυμιάσεις από εργοστάσια λιθανθρακόπισσας, καθώς αντιστέκεται και στην έκθεση στο όζον σε ένα βαθμό. Επιπλέον, σημαντικές

ποσότητες υδραργύρου έχουν ανακαλυφθεί σε φυτικούς ιστούς (Hoshovsky, 1988). Έχει επίσης γίνει χρήση του για την εκ νέου βλάστηση τοποθεσιών όπου έχουν αποστραγγιστεί ορυκτά και έχει αποδειχθεί ότι επιβιώνει σε τιμές pH τόσο χαμηλές όσο 4,1. Μπορεί επίσης να αντισταθεί σε πολύ χαμηλά επίπεδα φωσφόρου και υψηλά επίπεδα αλατιού. Η ανθεκτικότητα του δέντρου στην ξηρασία πηγάζει από την ικανότητά του να αποθηκεύει αποτελεσματικά νερό στο ριζικό του σύστημα (Hoshovsky, 1988). Είναι συνηθισμένο σε μέρη όπου δεν υπάρχουν πολλά δέντρα. Τα υπόγεια, οι υπονόμοι και οι αγωγοί, καθώς και οι υπόγειες καλωδιώσεις, είναι όλα επιρρεπή σε βλάβη από τις ρίζες. Δημιουργεί πυκνή βλάστηση κατά μήκος των δρόμων και ανταγωνίζεται εύκολα άλλα είδη δέντρων, λόγω των δηλητηρίων που παράγει (Hoshovsky, 1988). Οι άνθρωποι δηλητηριάζονται από τις ρίζες (Gill, 2004). Ο Αειλανθος παράγει μια αλληλοπαθητική ουσία που ονομάζεται αειλανθόνη, η οποία εμποδίζει την ανάπτυξη άλλων φυτών. Η αειλανθόνη είναι πιο συγκεντρωμένη στο φλοιό και τις ρίζες του φυτού, αν και μπορεί επίσης να βρεθεί στα φύλλα, το ξύλο και τους σπόρους.

Ένα υδατικό εκχύλισμα αυτής της χημικής ουσίας αποδείχθηκε θανατηφόρο ή εξαιρετικά επιζήμιο για 11 είδη βορειοαμερικανικών αγγειόσπερμων και 34 κωνοφόρων σε ένα άλλο πείραμα, με το δέντρο Μελιά ή το *Fraxinus americana* να είναι το μόνο που δεν είχε επηρεαστεί (Mergen, 1959). Ο χημικός συνδυασμός, από την άλλη πλευρά, δεν είχε καμία επίδραση στο ίδιο το δέντρο του ουρανού, υποδηλώνοντας ότι το *A. altissima* έχει έναν αμυντικό μηχανισμό για την αποφυγή της αυτοτοξικότητας (Heisey, 1996). Η έκθεση έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την αντοχή σε διάφορα είδη φυτών. Η χημική ευαισθησία είναι υψηλότερη μεταξύ των πληθυσμών που δεν έχουν εκτεθεί ποτέ σε αυτές. Οι εκτεθειμένοι σπόροι φυτών έχουν επίσης αποδειχθεί ότι είναι πιο ανθεκτικοί από τους μη εκτεθειμένους σπόρους φυτών (Heisey, 1996). Το «δέντρο του ουρανού» δεν αναφέρθηκε στις πόλεις της Βόρειας Ευρώπης μέχρι τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Αυτό οφείλεται στην τάση του δέντρου να αποικίζει περιοχές όπου τα περισσότερα φυτά δεν ευδοκίμησαν, όπως τα ερείπια κατεστραμμένων κτιρίων, όπου ανακάλυψε κατάλληλο έδαφος μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Επιπλέον, τα θερμότερα μικροκλίματα των πόλεων παρέχουν καλύτερο σπίτι για το δέντρο από τις αγροτικές περιοχές, καθώς το δέντρο λέγεται ότι απαιτεί μέση ετήσια θερμοκρασία 8 βαθμών Κελσίου για να ευδοκιμήσει, περιορίζοντας την επέκτασή του σε πιο βόρεια και μεγάλα υψόμετρα. Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στη Γερμανία, το «δέντρο του ουρανού» φύεται στο 92% των

πολυκατοικημένων περιοχών του Βερολίνου, στο 25% των προαστίων του και μόλις στο 3% των προαστίων του. Αυτή δεν είναι η κατάσταση στη νότια Ευρώπη, όπου οι συνθήκες είναι αρκετά μέτριες για να υποστηρίξουν τη ζωή, και ως εκ τούτου, η βιοποικιλότητα θεωρείται απειλή σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες (Koch, 2008). Το *Ailanthus altissima* αποτελεί ένα χωροκατακτητικό φυτό στη φυσική χλωρίδα της Ελλάδας, που ενέχει μεγάλο κίνδυνο για τη βιοποικιλότητα και την οικολογική λειτουργία (Fotiadis et al., 2011). Το «ουράνιο δέντρο» εξελίσσεται ως κυρίαρχο δέντρο, «καταπιέζοντας» τα τοπικά είδη με γρήγορη αναπαραγωγή και επιθετική εξάπλωση. Τα υπόγεια κλαδιά του «πνίγουν» αυτοφυή φυτά, μειώνοντας δραστικά τη βιοποικιλότητα στην περιοχή (Motard et al., 2011). Διεσδύει στις πόλεις, εμποδίζοντας το φως του ήλιου και τη θέα, καταστρέφοντας πεζοδρόμια και κτίρια και φράζοντας τα υδραυλικά και αποχετευτικά συστήματα. Στην πραγματικότητα, αυτό το φυτό θα αναπτυχθεί σχεδόν οπουδήποτε στις πόλεις (Wynne, 2002). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η επιτυχία του Αείλανθου στις Ηνωμένες Πολιτείες αποδίδεται εν μέρει στη βελτιωμένη παραγωγή σπόρων, καθώς και στη συνεχιζόμενη παραγωγή τους. Ανακαλύφθηκε ότι η παραγωγή των σπόρων του δέντρου θα μπορούσε να ξεκινήσει στην ηλικία των 4-5 ετών και να διαρκέσει για περισσότερα από 100 χρόνια, με τη βιωσιμότητα των σπόρων να ξεπερνά το 65 τοις εκατό. Το σύνολο της παραγωγής των σπόρων καθορίζεται από την διάρκεια ζωής του κάθε δέντρου ατομικά. Για παράδειγμα, ένα δέντρο που ζει για 40 χρόνια θα παράγει 10 εκατομμύρια σπόρους, αλλά τα δέντρα που ζουν για περισσότερα από 50 χρόνια μπορούν να παράγουν περισσότερους από 50 εκατομμύρια σπόρους, δίνοντάς του ένα πλεονέκτημα ενάντια στους ανταγωνιστές του (Wickert et al., 2017).

2.3. Μια άλλη οπτική

Μπορεί επίσης να απεικονιστεί ως πλεονέκτημα το δεδομένο ότι το *Ailanthus altissima* είναι ένα φυτό που είναι ανθεκτικό στο κρύο και τις ξηρές συνθήκες και αναπτύσσεται στις περισσότερες περιοχές και σε οποιοδήποτε είδος εδάφους. Οι Hoseini et al., (2018) ανακάλυψαν ότι οι σπόροι του *Ailanthus altissima* περιέχουν 38 τοις εκατό λάδι και ότι αυτός ο ελαιώδης σπόρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για τη σύνθεση βιοντίζελ λόγω της δομής των λιπαρών οξέων (Hoseini et al., 2018). Ταυτόχρονα, ένα μείγμα καυσίμων που περιέχει οξείδια γραφενίου, βιοντίζελ, νανοσωματίδια και ντίζελ από το *Ailanthus altissima* μπορεί

να εισαχθεί ως οικολογικό αποδεκτό καύσιμο (Hoseini et al., 2018). Το γένος Αείλανθος φαίνεται επίσης να έχει μακρά και πλούσια ιστορία στη λαϊκή ιατρική και τον πολιτισμό της Ασίας. Αναγνωρίζεται για τα ευεργετικά του χαρακτηριστικά σε πολλές ψυχικές και σωματικές διαταραχές, εκτός από την παροχή σκιάς, ξυλείας, φαρμάκων και ενδυμάτων. Με συγκεκριμένους χειρισμούς, τα αντισπασμωδικά, στυπτικά, αντικαταθλιπτικά, διουρητικά, εμετικά και αντιπυρετικά χαρακτηριστικά του φλοιού της ρίζας και των βλαστών του δέντρου έχουν χρησιμοποιηθεί θεραπευτικά σε μια σειρά από παθήσεις στην κινεζική παράδοση. Τα φύλλα του χρησιμοποιούνται επίσης ως βάλσαμο για δερματικές παθήσεις και τα άνθη του έχουν χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία παθήσεων των ματιών και τη ρύθμιση της εμμήνου ρύσεως (Amazon's day: «Τα δέντρα που έπεσαν από τον Παράδεισο», 19/03/2020). Η αειλανθόνη, που βρίσκεται στο φυτό Αείλανθος, έχει αποδειχθεί ότι καταστέλλει με επιτυχία τον πολλαπλασιασμό, τη μετάσταση και την εισβολή καρκινικών κυττάρων στα καρκινικά κύτταρα του μαστού σε πρόσφατες μελέτες (Gao et al., 2019). Ζιζανιοκτόνες και εντομοκτόνες είναι οι ιδιότητες του *Aeilanthus altissima*. Ένα ακατέργαστο εκχύλισμα του φλοιού της ρίζας εμπόδισε το 50% της βλάστησης των σπόρων του φυτού *Lepidium sativum*, *Edible Lepidium* ή *Kardamura*, σύμφωνα με τον Heisey (1990). Η ζιζανιοκτόνος δράση του εκχυλίσματος *Ailanthus* δοκιμάστηκε σε ξυλώδη φυτά όπως *Amaranthus retroflexus*, *Setaria pumila*, *Echinochloa crus-galli*, *Abutilon theophrasti*, *Pisum sativum* cv. *Sugar Snap* και *Zea mays* cv *Silver Queen* καλαμπόκι, όπου αποδείχθηκε ότι σκοτώνει σχεδόν το 100 τοις εκατό των φυταρίων εξαιρώντας το *Lepidium sativum*, που έδειξε κάποια αντοχή (Heisey, 1990). Επιπλέον, αυτό το εκχύλισμα έχει χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο αφίδων και άλλων εντόμων όπως η οικογένεια *Leidoptera Gelechiidae*, *Pectinophora gossypiella* και τα δευτερεύοντα συστατικά του έχουν χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο των αφίδων και άλλων εντόμων όπως η οικογένεια *Leidoptera Gelechiidae*, *Pectinophora gossypiella* (Yang & Tang, 1988). Τα θρυμματισμένα φύλλα και τα άνθη είναι επίσης εντομοαπωθητικά και τα φυτικά εκχυλίσματα από αυτά φαίνεται να έχουν δώσει 70-100 τοις εκατό θνησιμότητα στο παράσιτο *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Αυτές οι δραστηριότητες των εκχυλισμάτων *A. altissima* μπορεί να οδηγήσουν στην ανάπτυξη νέων φυσικών φυτοφαρμάκων και ρυθμιστών ανάπτυξης φυτών που είναι βιοαποδομήσιμα, θέτοντας λιγότερο κίνδυνο για το περιβάλλον (PascualVillalobos & Robledo, 1998). Τα δέντρα φυτεύονται, παρά την αδυναμία τους να επιβιώσουν σε ελώδεις τοποθεσίες, για να στραγγίσουν το

έδαφος, να το σταθεροποιήσουν και να εμποδίσουν τον πολλαπλασιασμό των κουνουπιών. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον καθαρισμό μολυσμένων περιοχών λόγω της αντοχής τους στη μόλυνση του εδάφους. Το δέντρο φυτεύεται επίσης εμπορικά στην Κίνα ως ξενιστής για τον μεταξοσκώληκα *Samia cynthia*, ο οποίος παράγει παχύ, μακράς διαρκείας μετάξι. Το χαρτί είναι κατασκευασμένο από φύλλα και ξύλο. Τα φύλλα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μιας κίτρινης χρωστικής. Οι σπόροι του περιέχουν 56 τοις εκατό λίπος και 23 τοις εκατό πρωτεΐνη και είναι καλή πηγή ελαίων.

3. Παγκόσμιο Σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS/GNSS)

Το GPS βασίζεται σε είκοσι τέσσερις δορυφόρους που περιστρέφονται γύρω από την υδρόγειο και εκπέμπουν ραδιοφωνικά σήματα στην επιφάνεια, τα οποία λαμβάνονται από ραδιοφωνικούς δέκτες ή πομποδέκτες. Αναλύουν τα δεδομένα και προσφέρουν πληροφορίες για τη θέση, το υψόμετρο, την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης ενός σημείου. Αυτά τα συστήματα, για παράδειγμα, χρησιμοποιούν γεωγραφικές συντεταγμένες για να καταγράψουν το χωράφι και να βρουν και να κατευθύνουν γεωργικούς ελκυστήρες σε χωράφι δύο εκατοστών. Είναι δύσκολο να υπολογίσουμε πού θα βρισκόταν τώρα η γεωργία ακριβείας αν δεν είχε εφευρεθεί το GPS. Σχεδόν μόλις η γεωργία απέκτησε πρόσβαση σε δορυφόρους εντοπισμού θέσης τη δεκαετία του 1990, οι χειριστές και οι κατασκευαστές επινόησαν μια ποικιλία τεχνικών για να χρησιμοποιήσουν αυτά τα όργανα για να κάνουν τη διαχείριση των εργασιών πεδίου σημαντικά ευκολότερη και λιγότερο δαπανηρή. Ο T.J. Schulte, Διευθυντής Μάρκετινγκ του Τμήματος Γεωργίας της Trimble, προσθέτει: «Στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη, οι παραγωγοί μπορούν να ανάψουν το τρακτέρ και να αρχίσουν να εργάζονται γρήγορα». Οι ειδικοί υποστηρίζουν ότι η δορυφορική τεχνολογία εγγυάται πραγματικά το όνομα "παγκόσμια" εκτός από αυτές τις δυνατότητες. "Δεν μπορούμε πλέον να αναφερόμαστε σε όλα αυτά τα συστήματα ως GPS - αυτή δεν είναι δίκαιη περιγραφή όταν αναφερόμαστε στον δέκτη νέας τεχνολογίας του Παγκόσμιου Δορυφορικού Συστήματος Πλοήγησης (GNSS)", παρατήρησε ο πρόεδρος της Insero, Γκρεγκ Γκιέτ. Το GPS, το GLONASS και το Galileo είναι μεταξύ των δορυφορικών «αστερισμών»

που καλύπτονται από το GNSS. Ένας δέκτης GPS είναι παρόμοιος με ένα ραδιόφωνο AM ή FM ως προς τη λειτουργικότητα. Το υπουργείο Άμυνας λειτουργεί 24 δορυφόρους GPS, και ένας δέκτης GPS «ακούει» τα σήματα που στέλνουν. Αυτοί οι δορυφόροι βρίσκονται σε προβλέψιμα σημεία καθώς περιφέρονται γύρω από τη Γη σε ύψος 12.550 μιλίων. Ως αποτέλεσμα, ο αστερισμός GPS χρησιμοποιείται για να αναφέρεται στο δορυφορικό σύστημα. Κάθε δορυφόρος παρέχει αστρονομικά δεδομένα (almanac) που περιγράφουν λεπτομερώς την τρέχουσα θέση του δορυφόρου στον αστερισμό. Λόγω των βαρυτικών έλξεων από τον ήλιο και τη σελήνη, συμβαίνουν κάποιες αλλαγές στις τροχιές τους. Το Υπουργείο Άμυνας παρακολουθεί στενά τους δορυφόρους και ενημερώνει τα δεδομένα του ημερολογίου ώστε να αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές τροχιές των δορυφόρων. Ένας χρονισμένος και προβλέψιμος κωδικός περιλαμβάνεται επίσης στα σήματα μετάδοσης. Ο χρόνος που χρειάζεται για να φύγουν τα σήματα από τους δορυφόρους και να φτάσουν σε έναν δέκτη GPS έχει μια πολύ μικρή καθυστέρηση. Ωστόσο, όταν ένας δέκτης GPS απομακρύνεται από έναν δορυφόρο, η μικρή καθυστέρηση αυξάνεται. Η απόσταση μεταξύ των δορυφόρων υπολογίζεται χρησιμοποιώντας αυτές τις καθυστερήσεις από έναν δέκτη GPS. Η τριγωνοποίηση χρησιμοποιείται στη συνέχεια από τον δέκτη για τον υπολογισμό της θέσης του εδάφους. Η μαθηματική προσέγγιση του τριγωνισμού χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό σημείων στον τρισδιάστατο χώρο. Ο δέκτης GPS μπορεί να υπολογίσει τη θέση του στη Γη εάν είναι γνωστές οι αποστάσεις μεταξύ των τριών δορυφόρων και η κατά προσέγγιση θέση του δέκτη. Το υψόμετρο μπορεί επίσης να εκτιμηθεί εάν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα από τέσσερις δορυφόρους. Ανά πάσα στιγμή, πέντε πράγματα επηρεάζουν τη συνολική ακρίβεια ενός δέκτη GPS:

- 1) Η εγκατάσταση που γίνεται σωστά
- 2) Η τεχνολογία του δέκτη,
- 3) Ο αριθμός των δορυφόρων και η θέση τους,
- 4) Τα σφάλματα από επιλεκτική διαθεσιμότητα, οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, η τροπόσφαιρα, η ιονόσφαιρα και τα σήματα πολλαπλών διαδρομών από αντικείμενα στην ίδια περιοχή
- 5) προσαρμογές που διαφέρουν (Pfof et al., 2003).

Η αλλαγή ενός άμεσου σήματος GPS από ένα ή περισσότερα σήματα που ανακλώνται από τις επιφάνειες γύρω από τον δέκτη αναφέρεται ως πολυανάκλαση. Τα παρεμβαλλόμενα πολυανακλαστικά σήματα μπορούν να παρεμβάλλονται ή

μπορούν να γίνουν αντιληπτά ως το άμεσο σήμα. Σε έναν δέκτη GPS, οι αντανάκλασεις πολλαπλών διαδρομών επηρεάζουν τόσο τις μετρήσεις κώδικα όσο και τις διανυσματικές μετρήσεις. Με την ύπαρξη του ανακλώμενου σήματος, η πολλαπλή ανάκλαση στον κώδικα προκαλεί παραμόρφωση της κορυφής συσχέτισης του σήματος. Η συνάρτηση ασύμμετρης συσχέτισης που παράγεται με το συνδυασμό του άμεσου σήματος με το σήμα καθυστέρησης οδηγεί σε ανακρίβεια στο υπολογισμένο ψευδο-εύρος από αυτόν τον δορυφόρο (Pfost et al., 2003).

3.1. Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών GIS (Geographic Information System)

Αυτά τα συστήματα είναι υπεύθυνα για τη διαχείριση των γεωγραφικών δεδομένων και τον συσχετισμό των χαρακτηριστικών τους. Συλλέγουν δεδομένα για συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, τα αναλύουν χρησιμοποιώντας λογισμικό και στη συνέχεια παρουσιάζουν έναν διαδραστικό χάρτη δεδομένων για αυτές τις τοποθεσίες. Ο γεωργός μπορεί να ρυθμίζει τα ποσά των 20 εισροών χρησιμοποιώντας ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών τηρώντας έναν πίνακα καταγραφής των αποτελεσμάτων με γεωγραφική σειρά. Η διάταξη του αγρού, ο χάρτης τύπου εδάφους, οι τοποθεσίες δειγμάτων, ο πληθυσμός των ζιζανίων, ο χάρτης αποστράγγισης και ο χάρτης παραγωγής είναι παραδείγματα τέτοιων πληροφοριών. Οι θεματικοί χάρτες δημιουργούνται με χρήση λογισμικού Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Το ArcGIS είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο πρόγραμμα (ESRI, California, ΗΠΑ).

Το GIS είναι ένα κρίσιμο εργαλείο στη γεωργία ακριβείας, όχι μόνο για χαρτογράφηση αλλά και για βάσεις δεδομένων που συνδέονται με το GIS και τις δυνατότητές του για την αλλαγή τους. Ενδέχεται να προστεθούν πληροφορίες όπως η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, η παραγωγή και η περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά σε αυτά τα συστήματα. Μπορούν επίσης να δημιουργηθούν χάρτες που δείχνουν τη γεωγραφική και χρονική μεταβλητότητα διαφόρων μετρήσεων, καθώς και τον τρόπο κατανομής τους στο πεδίο. Για τη χρονική

μεταβλητότητα απαιτούνται δύο ή περισσότερα χρόνια μετρήσεων (Morgan & Ess, 1997)

Τα μέρη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι τα εξής:

- 1) Το σύστημα εισαγωγής δεδομένων (data input), το οποίο χρησιμοποιείται για την εισαγωγή και καταχώρηση δεδομένων που παράγονται από χάρτες, πολυφασματικές εικόνες, μετρήσεις δορυφορικής παραγωγής, το έδαφος και άλλες πηγές.
- 2) Το σύστημα αποθήκευσης δεδομένων και η οργάνωση βάσης δεδομένων (data storage), που αποθηκεύει και οργανώνει τα δεδομένα προς επεξεργασία.
- 3) Το σύστημα ανάλυσης δεδομένων, που περιέχει όλα τα εργαλεία που απαιτούνται για τη διόρθωση λαθών δεδομένων, τον υπολογισμό των περιοχών και των περιμέτρων, την αλλαγή κλίμακας χάρτη και την εκτέλεση γεωστατιστικής ανάλυσης.
- 4) Το σύστημα εξόδου δεδομένων (data output), που περιλαμβάνει ευρήματα ανάλυσης που παρουσιάζονται στην οθόνη (π.χ. χάρτες, πίνακες και σχήματα) και καταγράφεται στη μνήμη του υπολογιστή.
- 5) Το περιβάλλον εργασίας χρήστη (User Interface), το οποίο αποτελείται από μενού και οδηγίες που επιτρέπουν στον χρήστη να συνδεθεί με το λογισμικό.

Μπορεί να παρατηρήσουμε δύο τύπους παρουσίασης και αποθήκευσης δεδομένων σε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών: ο πρώτος είναι σε διανυσματική μορφή (vector) και ο δεύτερος σε μορφή κελιών (raster). Τα σημεία, οι γραμμές και τα πολύγωνα εμπίπτουν στην πρώτη ομάδα. Τα συνεχή δεδομένα, αλλά σε μορφή κυψέλης, ταξινομούνται στη δεύτερη ομάδα (grid). Τα δεδομένα που συλλέγονται με μεθόδους δειγματοληψίας είναι διανυσματικά, ενώ τα δεδομένα αισθητήρων (όπως η παραγωγή) είναι δεδομένα κυψέλης (Morgan & Ess, 1997).

3.2. Χρήση του GIS: Γεωργία Ακριβείας

Μπορεί να παρατηρηθεί η μεταβλητότητα ενός μετρημένου μεγέθους στο πεδίο χρησιμοποιώντας τους χάρτες. Για την κατασκευή ενός χάρτη πρέπει να ακολουθηθούν οι ακόλουθες διαδικασίες:

- 1) Εισάγεται το περίγραμμα πεδίου-αγρού (Field Boundary).
- 2) Εισαγωγή δεδομένων, που είναι χαρακτηριστικό που σχετίζεται με συντεταγμένες (ιδιότητα στο χώρο)

- 3) Χρησιμοποιώντας τη διαδικασία της παρεμβολής, δημιουργία συνεχούς επιφάνειας.
- 4) Τα χρώματα και η περιγραφή του χάρτη επιλέγονται.
- 5) Ο χάρτης εκτυπώνεται

Η ακόλουθη διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σωστή διαχείριση ενός αγρού: ο ερευνητής προσθέτει διάφορες πληροφορίες στα λεγόμενα επίπεδα δεδομένων (Morgan & Ess, 1997). Οι πληροφορίες για ένα αγρό που συνεισφέρει είναι οι εξής:

- 1) Η γενική διάταξη του αγροκτήματος
- 2) Χάρτης τύπων εδάφους (υφή)
- 3) Οι χώροι δειγματοληψίας
- 4) Χάρτες διατροφής
- 5) Ο πληθυσμός των ζιζανίων
- 6) Διάγραμμα στράγγισης
- 7) Ο χάρτης παραγωγής αισθητηρίων

Είναι συμπαγείς και ενεργειακά αποδοτικοί, με διακριτούς αισθητήρες, τμήματα επεξεργασίας δεδομένων και επικοινωνίας. Είναι σε θέση να αλληλεπιδρούν ασύρματα και να επικοινωνούν πολύ κοντά το ένα στο άλλο. Μπορούν να προσαρμοστούν στις αλλαγές των συνθηκών περιβάλλοντος εκτός από το ότι έχουν λιγότερη ενέργεια, μνήμη, εύρος ζώνης επικοινωνίας και υπολογιστική ικανότητα.

3.3. Τύποι αισθητήρων και πώς χρησιμοποιούνται στη γεωργία ακριβείας

Σήμερα, οι τεχνολογικές εξελίξεις και η χρήση αισθητήρων στη γεωργία επιτρέπουν στους παραγωγούς αγρότες να παρακολουθούν συνεχώς τις απαιτήσεις και τα πιθανά προβλήματα στις καλλιέργειές τους, επιτρέποντάς τους να διορθώνουν και να ικανοποιούν γρήγορα τις ανάγκες τους.

Οι τύποι αισθητήρων περιλαμβάνουν:

- Αισθητήρες για χαρτογράφηση παραγωγής σε καλλιέργειες μηχανικής συγκομιδής.
- Οι αισθητήρες πθεριζοαλωνιστικών μηχανών (μέτρηση ροής σπόρων και υγρασίας)

- Οι αισθητήρες βαμβακιού διαθέτουν χαρτογράφηση παραγωγής (μέτρηση ροής σπόρων)
- Αισθητήρες σε τρυγητές σταφυλιών που χαρτογραφούν την παραγωγή
- Αισθητήρες για χαρτογράφηση παραγωγής συλοκοπτικών
- Αισθητήρες σε μη μηχανικά συλλεγμένα είδη για χαρτογράφηση παραγωγής
- Αισθητήρες που ανιχνεύουν τις ποιοτικές ιδιότητες του σπόρου
- Αισθητήρες στο περιβάλλον
- Αισθητήρες υγρασίας στο περιβάλλον
- Αισθητήρες για τη μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος
- Αισθητήρες για τον αγρό
- Αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας στο έδαφος
- Αισθητήρες για συστήματα διαχείρισης άρδευσης
- Αισθητήρες για την ανίχνευση ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο έδαφος
- Αισθητήρες ηλεκτρικής αγωγιμότητας που δεν χρειάζονται επαφή
- Αισθητήρες λίπανσης με μεταβλητό εύρος δόσης N
- Αισθητήρες για φυτά και ζιζάνια
- Αισθητήρες που χαρτογραφούν την ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Αισθητήρες για ηλεκτρική αγωγιμότητα και δειγματοληψία εδάφους
- Υγρασία εδάφους και ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Αλατότητα και ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Νηματώδεις και ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Αγωγιμότητα και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Αισθητήρες για Τηλεπισκόπηση
- Αισθητήρες που είναι ενεργοί
- Αισθητήρες που είναι παθητικοί
- WSNAισθητήρες
- Αισθητήρες υγρασίας στο περιβάλλον
- Αισθητήρες για τη διαχείριση του συστήματος άρδευσης

3.4. Συστήματα με μεταβλητές εφαρμογές(VRA ή VRT)

Ο στόχος της τεχνολογίας μεταβλητής δόσης (VRA) είναι η λήψη των καλύτερων δυνατών εισροών. Ένας αγρότης μπορεί να "εφαρμόσει μια καθορισμένη

ποσότητα εισροών σε έναν συγκεκριμένο τομέα αγρού" χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή εισροών αγροτεμαχίου για συγκεκριμένη τοποθεσία. Η πλειονότητα των σημερινών συστημάτων VRA βασίζεται σε χαρτογράφηση απόδοσης πεδίου και, σε ορισμένες περιπτώσεις, συστήματα χαρτογράφησης εδάφους, αλλά τα VRA βασίζονται σε αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο που προσδιορίζουν τις απαιτήσεις φυτών και εδάφους (YARA N, αισθητήρες φάσματος και υγρασίας εδάφους). Λόγω της ευκολίας χρήσης του από τους αγρότες, κερδίζει ευρεία εύνοια. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της ανάπτυξης ΓΑ είναι τα συστήματα VRA. Για την εξοικονόμηση χρόνου, βενζίνης και χρημάτων, καθώς και για τη μέτρια χρήση των εισροών για βιώσιμη γεωργία, είναι απαραίτητη η εξειδικευμένη εφαρμογή εισροών. Λόγω των μεγάλων δαπανών που πραγματοποιούν οι παραγωγοί σπόρων, η σπορά VR μόλις άρχισε να χρησιμοποιείται στις τεχνολογίες VRA. Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες εφαρμογές είναι VR λιπασμάτων και ασβέστη, τα οποία βασίζονται σε αναλύσεις δειγμάτων εδάφους, επιτόπια ανίχνευση με φασματοσκοπία εδάφους (η οποία μόλις ξεκίνησε) ή ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο με χρήση αισθητήρων ανίχνευσης κηπουρικής (αισθητήρες θόλου). Επειδή το άζωτο είναι το πιο σημαντικό λίπασμα για τις καλλιέργειες, το άζωτο VRA είναι το πιο διαδεδομένο VRA. Μερικά από τα πιο συχνά προσβάσιμα και ευρέως διαδεδομένα διαδικτυακά συστήματα VRA αζώτου είναι το Yara N-Sensor, το Greenseeker, το MiniVeg N-Laser σύστημα, το SoilDoctor και το Cropmeter. Οι VRA άρδευσης και οργώματος βρίσκονται ακόμη σε αρχικό στάδιο στις περισσότερες τοποθεσίες της ΕΕ, ωστόσο λόγω του περιορισμού του νερού και των νέων πρωτοβουλιών του FP7 σε αυτόν τον τομέα, οι VRA για άρδευση γίνονται όλο και πιο σημαντικές σε όλη τη λεκάνη της Μεσογείου (Sfiligoj και Heacox, 2016). Δεδομένης όλης της συναρπαστικής νέας τεχνολογίας γεωργίας ακριβείας σε αυτήν τη λίστα, η εφαρμογή μεταβλητού ποσοστού μπορεί να αποτελέσει έκπληξη (VRA). Αυτό κατάφερε να διατηρήσει την αξία του εν μέρει λόγω της φύσης του, σύμφωνα με τον Sid Parks, Διευθυντή του τμήματος Γεωργίας Ακριβείας στην GROWMARK. «Καλείται η έμφυτη επιθυμία των παραγωγών να βελτιστοποιήσουν ένα χωράφι προκειμένου να εκμεταλλευτούν όλες τις ευκαιρίες για αύξηση πιθανών αποδόσεων δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στα στοιχεία που επηρεάζουν την ανάπτυξη των σπόρων». «Η σπορά VRA διαφέρει από τη λίπανση μεταβλητής δοσολογίας στο ότι εξαρτάται από την ικανότητά μας να συλλέγουμε ακριβή δεδομένα για να ξεκινήσουμε τη διαδικασία καλλιέργειας, τον ίδιο τον σπόρο». Μια άλλη πτυχή που συμβάλλει στην αυξημένη συνάφεια της σποράς VRA

για τη γενική γεωργία ακριβείας είναι το γεγονός ότι έχει ακόμη πολύ χώρο για επέκταση ως κατηγορία. «Αν και οι διαδικασίες σποράς VRA έχουν χρησιμοποιηθεί από τη δεκαετία του 1990, πιθανώς εξακολουθεί να γίνεται χρήση μόνο στο 5% έως 10% των στρεμμάτων που φυτεύονται σήμερα», προσθέτει ο Parks. «Ωστόσο, επειδή η ικανότητα συλλογής στερεών, σχετικών δεδομένων για τη φύτευση VRA έχει βελτιωθεί σημαντικά, οι δυνατότητες περισσότερων παραγωγών να συμπεριλάβουν αυτήν τη μέθοδο στην ετήσια εργασία τους θα συνεχίσουν να αυξάνονται» (Sfiligoj και Heacox, 2016). Αλλάζοντας την ταχύτητα του οδηγού μέτρησης σπόρων, οι φυτευτές και οι σπαρτικές μηχανές μπορούν να αλλάξουν σε σπόρους VRA. Αυτό θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στον πληθυσμό των φυτών. Με την αφαίρεση ή την αποσύνδεση των συστημάτων μέτρησης σπόρων από τον κινητήριο τροχό του εδάφους, μπορεί να επιτευχθεί η σπορά VRA. Ο ρυθμός σποράς μπορεί να τροποποιηθεί εν κινήσει με την προσάρτηση ενός κινητήρα ή κιβωτίου ταχυτήτων (για αλλαγή της ταχύτητας εισόδου του τροχού γείωσης). Η πλειονότητα αυτών των συσκευών θα εκχωρηθεί σε έναν χάρτη εφαρμογής, ο οποίος μπορεί να περιλαμβάνει δύο ή περισσότερες τιμές. Ένα σενάριο με δύο ταχύτητες μπορεί να αποτελεί ένα σύστημα που μπορεί να μειώνει τους ρυθμούς σποράς εκτός του εύρους ενός κεντρικού αρδευτικού άξονα, ενώ μπορεί να χρειαστούν διαφορετικοί ρυθμοί για την ανταπόκριση στους τύπους εδάφους (ικανότητα για την συγκράτηση νερού) και στην οργανική ύλη (Φουντάς & Γέμτος, 2015) Η εφαρμογή ποικίλων δοσολογιών ή καλλιεργητικής φροντίδας μπορεί να γίνει με δύο τρόπους με τα υπάρχοντα δεδομένα:

- Με βάση ηλεκτρονικούς χάρτες εφαρμογών που βασίζονται σε δεδομένα ιστορικού αγρού ή φυτειών. Τα ιστορικά δεδομένα μας επιτρέπουν να δημιουργήσουμε ζώνες διαχείρισης με παρόμοιες εισόδους, τις οποίες στη συνέχεια χρησιμοποιούμε. Οι χάρτες φορτώνονται στο λογισμικό που ελέγχει και τροποποιεί τις ρυθμίσεις των μηχανημάτων καθώς κινούνται στο χωράφι. Το πεδίο εντοπίζεται χρησιμοποιώντας μια συσκευή GPS και το λογισμικό ενημερώνει τον ελεγκτή του μηχανήματος να τροποποιήσει τη ρύθμιση βάσει του χάρτη της εφαρμογής.
- Με τον δεύτερο τρόπο δεν απαιτούνται ούτε ηλεκτρονικοί χάρτες ούτε GPS. Μπορούμε να αλλάξουμε τις χορηγούμενες ποσότητες ή τη φροντίδα της καλλιέργειας αμέσως κατά τη διάρκεια της επέμβασης στο χωράφι και να πετύχουμε την εφαρμογή των απαραίτητων δόσεων με βάση τα σήματα που

παράγονται από αισθητήρες που ανιχνεύουν ένα χαρακτηριστικό της καλλιέργειας ή του εδάφους (Φουντάς & Γέμτος, 2015).

4. Αξιολόγηση Εφαρμογών Για Κινητές Συσκευές

Όσον αφορά την αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή, καθώς και τη χρηστικότητα και τη συνολική εμπειρία των πελατών, οι ακαδημαϊκοί ανησυχούν όλο και περισσότερο για ένα ευρύ φάσμα προκλήσεων που εμφανίζονται. Υπάρχουν δύο κύρια είδη μεθοδολογιών αξιολόγησης για εφαρμογές για κινητές συσκευές σε αυτό το πλαίσιο:

A. αυτές που πραγματοποιούνται από ειδικούς (με χρήση ευρετικής αξιολόγησης και αξιολόγησης βάσει μοντέλων) και

B. τρόπους που εμπλέκονται από τους χρήστες (όπως πειράματα, παρατηρήσεις, μέθοδοι έρευνας και φυσιολογικές αντιδράσεις) (Nix, 2004 στον Κουτσαμπάση, 2015).

Σύμφωνα με μια μελέτη του Κουτσαμπάση (2015), υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι αξιολόγησης εφαρμογών για κινητά: εξετάσεις ευχρηστίας (όπως ευρετικές αξιολογήσεις, γνωστικοί περίπατοι και τυπικές εξετάσεις ευχρηστίας), δοκιμές χρηστικότητας (όπως πειραματισμοί χρηστών και δοκιμές πρωτοτύπων σε χαρτί) και δοκιμές στον πραγματικό κόσμο. Σύμφωνα με τους Hollingsed και Novick (2007), οι ευρετικές αξιολογήσεις, ένας συστηματικός αλλά και ποιοτικός τρόπος αξιολόγησης της χρηστικότητας της Nielsen, έχουν χρησιμοποιηθεί συχνότερα καθώς καθορίζουν το προφίλ και την ποσότητα του χρήστη σε μεγαλύτερο βαθμό από οποιαδήποτε άλλη προσέγγιση. Συγκεκριμένα ευρετικά, είναι η μέθοδο και τα πρότυπα με τα οποία ιεραρχούνται τα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, στην ευρετική αξιολόγηση, τα αποτελέσματα χρηστικότητας αναμένονται διαφορετικά, γι' αυτό οι εξετάσεις αναφέρονται συχνά ως τεχνικές προγνωστικής αξιολόγησης. Οι ευρετικές αξιολογήσεις και οι δοκιμές ευχρηστίας δίνουν τα πιο σημαντικά συμπεράσματα, τα οποία μπορεί να είναι συγκεκριμένα ή γενικά. Πολλά στοιχεία παίζουν ρόλο στο πόσο αντικειμενική και υποκειμενική είναι μια κριτική όσον αφορά τη συγκέντρωση και τον υπολογισμό του αριθμού των σχολίων, επομένως η ακριβής τεχνική συγκέντρωσης και υπολογισμού σχολίων μπορεί να είναι αρκετά υποκειμενική ή ακόμη και δόλια.

4.1. Εμπειρία Χρήστη (User Experience, UX)

Για να είναι επιτυχής μια εφαρμογή στον σημερινό κόσμο της κινητής τηλεφωνίας, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε αυτό που είναι γνωστό ως "Εμπειρία χρήστη για κινητά", το οποίο αναφέρεται στη δημιουργία μιας συνάντησης σε φορητή συσκευή και όχι σε υπολογιστή, επειδή οι χρήστες κινητών είναι πλέον η συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών. Η εμπειρία χρήστη (UX) οποιουδήποτε διαδικτυακού προϊόντος αναφέρεται στο πόσο εύκολο ή διασκεδαστικό είναι για έναν χρήστη να χρησιμοποιήσει το προϊόν. Λόγω των μικρότερων οθονών και άλλων φυσικών περιορισμών των smartphone και άλλων φορητών συσκευών, η εμπειρία χρήστη (UX) είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν πρόκειται για κινητές συσκευές. Από την έναρξή της, η Εμπειρία Χρήστη έχει γίνει ευρέως αποδεκτή, αλλά έχει επίσης δεχτεί τακτικές κριτικές επειδή είναι υπερβολικά διφορούμενη και παροδική, σύμφωνα με τους Hassenzahl και Tractinsky (2006). Θεωρείται κρίσιμη σε κάθε στάδιο ενασχόλησης με ένα αντικείμενο: πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από αυτήν την αλληλεπίδραση (Κωνσταντάκης & Καριδάκης, 2020). Ο σχεδιασμός και ο συγχρονισμός πτυχών που επηρεάζουν την εμπειρία του χρήστη και την αλληλεπίδραση με το σύστημα, καθώς και ο στόχος τους να επηρεάσουν το όραμα και τις ενέργειες, είναι επίσης μέρος της εμπειρίας χρήστη. Στην πραγματικότητα, δεν υπάρχει ένας καθολικά αποδεκτός ορισμός της "Εμπειρίας χρήστη" και ο τρόπος με τον οποίο ακαδημαϊκοί και επαγγελματίες την προσεγγίζουν διαφέρει. Φαίνεται ότι υπάρχει ένα χάσμα μεταξύ της λειτουργικότητας και της διεπαφής χρήστη που πρέπει να γεφυρωθεί (Merholz, 2008). Σύμφωνα με το ISO 9241-210, η "Εμπειρία χρήστη" αναφέρεται στο πώς ένα προϊόν, σύστημα ή υπηρεσία επηρεάζει τις αντιλήψεις και τις αντιδράσεις ενός ατόμου. Όπως ορίζεται από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO), ο όρος «εμπειρία χρήστη» περιλαμβάνει όλες τις σκέψεις και τα συναισθήματα ενός χρήστη, καθώς και τις σωματικές του αντιδράσεις. Το σύστημα, ο πελάτης, καθώς και η διεπαφή χρήστη αναφέρονται ως επιρροές στην εμπειρία χρήστη από το ISO. Υπάρχουν ακόμη προκλήσεις με την οριοθέτηση των βασικών ιδεών, όπως διαπιστώσαμε στη βιβλιογραφική μας ανάλυση, πράγμα που σημαίνει ότι τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται και καθορίζουν μια θετική εμπειρία χρήστη δεν

έχουν ακόμη καταγραφεί ή περιγραφεί τυπικά. Και ενώ η προσβασιμότητα, η χρησιμότητα και η ανθεκτικότητα είναι κρίσιμα κριτήρια για την περιγραφή της εμπειρίας του πελάτη, ένα άλλο είναι ότι η έννοια της Εμπειρίας Χρήστη θα εξακολουθεί να είναι σε ροή. Πράγματι, τα όρια μεταξύ των σχετικών ιδεών είναι αρκετά στενά. Για παράδειγμα, είναι σαφές ότι η Εμπειρία Χρήστη περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία έγκρισης ενός διαδραστικού συστήματος από έναν χρήστη, ειδικά τις συναισθηματικές του αποκρίσεις. Στην πραγματικότητα, θα τονίσουμε τη διάκριση μεταξύ χρησιμότητας και ευχαρίστησης, επειδή οι δύο έννοιες συνήθως παρεξηγούνται.

"Είχε ο πελάτης την πιο ευχάριστη δυνατή εμπειρία;" είναι η ερώτηση στην οποία απαντά η εμπειρία χρήστη. Φυσικά, θα ήταν λάθος να υποθέσουμε ότι η ευκολία χρήσης ή η οπτική ελκυστικότητα ισοδυναμούν με μια θετική εμπειρία χρήστη. "Τι πιστεύει ο χρήστης κατά την αλληλεπίδραση με την εφαρμογή; Ήταν το σύστημα απλό στην κατανόηση και τη διαχείριση;" είναι τα ερωτήματα που αντιμετωπίζει η χρησιμότητα. Η ευκολία χρήσης είναι επίσης ένα τεχνολογικό ζήτημα, καθώς ασχολείται με το πόσο καλά χειρίζεται το σύστημα. Όταν πρόκειται να κάνουμε ένα σύστημα ευχάριστο στη χρήση, ο T. Stewart (2008) λέει ότι ο στόχος είναι να μείνει ο χρήστης όσο το δυνατόν πιο ευχαριστημένος πριν, καθ' όλη τη διάρκεια και μετά τη χρήση του συστήματος. Με άλλα λόγια, η χρησιμότητα εστιάζει στην αποτελεσματικότητα με την οποία οι πελάτες μπορούν να επιτύχουν τους στόχους τους ενώ χρησιμοποιούν ένα σύστημα, ενώ η εμπειρία χρήστη εστιάζει στον τρόπο με τον οποίο οι καταναλωτές βιώνουν τις αλληλεπιδράσεις τους με αυτό. Με άλλα λόγια, φαίνεται ότι και οι δύο αντιλήψεις έχουν τη δική τους μοναδική ουσία, ωστόσο επικαλύπτονται σε ορισμένους τομείς. Οι Hassenzahl και Tractinsky (2006) αναφέρουν ότι οι τρεις βαθμοί Ευχρηστίας και Εμπειρίας Χρήστη είναι:

- Υποκειμενικό: Σε αντίθεση με τη χρησιμότητα, η οποία δίνει έμφαση σε αντικειμενικές μετρήσεις, η εμπειρία χρήστη δίνει μεγαλύτερη έμφαση στα υποκειμενικά στοιχεία της αφοσίωσης και στα συναισθήματα των χρηστών.
- Θετικό: Όσον αφορά τη χρησιμότητα, ο στόχος είναι η άρση εμποδίων ή προβλημάτων, αλλά, όταν πρόκειται για την εμπειρία του χρήστη, ο στόχος είναι να αναζητηθούν και να αυξηθούν τα θετικά χαρακτηριστικά, όπως η απόλαυση, η ευχαρίστηση και η εμπλοκή στο σχεδιασμό.
- Ολιστικό: Ορίζουμε τη χρησιμότητα με όρους έννοιες όπως η παραγωγικότητα, η αποτελεσματικότητα και η ευχαρίστηση του χρήστη, τα οποία είναι όλα αλληλένδετα

και εξαρτώνται από τις ενέργειες του χρήστη. Η εμπειρία χρήστη, από την άλλη πλευρά, στοχεύει να συνδυάσει αυτές τις ιδιότητες με άλλες που δεν σχετίζονται με την εργασία, όπως ομορφιά, αφοσίωση, απόλαυση κ.λπ. Οπωσδήποτε, η τεχνολογία πρέπει να προσαρμοστεί για να βελτιστοποιήσει τις εμπειρίες των επισκεπτών (Κωνσταντάκης & Καριδάκης, 2020). Είναι σημαντικό να θυμάστε ότι:

A. Η εμπειρία χρήστη επηρεάζεται από το ιστορικό ενός ατόμου. Εξαιτίας αυτού, οι επιμελητές μουσείων και άλλοι πολιτιστικοί ηγέτες πρέπει να έχουν κατά νου ότι οι επισκέπτες τους έχουν ποικίλα επίπεδα αλληλεπίδρασης με τα εκθέματα ή τις τεχνολογίες, αναζητούν μια σειρά από διαφορετικά πράγματα, έχουν διαφορετική προέλευση, καθώς και πολιτιστικές και εθνοτικές παραλλαγές (Jaimes, Sebe & Gatica-Perez, 2006). Για παράδειγμα, ένας χρήστης θα μπορούσε να θεωρήσει μια εφαρμογή ενδιαφέρουσα, αλλά στη χρήση της θα μπορούσε να αντιμετωπίσει δυσκολίες που σχετίζονται με τη θέση, τη γλώσσα (πολλές εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο στη γλώσσα των παραγωγών) ή αποφάσεις δραστηριότητας, εάν οι πολιτιστικοί οργανισμοί είναι κατάλληλοι μόνο για συγκεκριμένες ενέργειες. Περισσότερα άτομα θα χρησιμοποιήσουν και θα προτείνουν μια εφαρμογή που έχει μεγαλύτερο εύρος πολιτιστικά ευρείας θέασης. Διαφορετικά, θα απογοητευτούν από αυτή και θα την απορρίψει.

B. Η ηλικία των χρηστών είναι επίσης ένας παράγοντας στην εμπειρία του χρήστη. Οι επιλογές λογισμικού φαίνεται να συσχετίζονται στενά με τη χρονολογική ηλικία κάποιου. Κάθε ηλικιακή ομάδα έχει το δικό της μοναδικό σύνολο απαιτήσεων και προσδοκιών λογισμικού. Κατά συνέπεια, πρέπει να αποκαλύψουμε τις απαιτήσεις κάθε γενιάς και να λάβουμε υπόψη τους σχετικούς περιορισμούς στην κατανόηση και τη λειτουργία του λογισμικού, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών και των απαιτήσεων για ηλικιωμένους και νέους χρήστες που δεν έχουν εμπειρία στους υπολογιστές (Darejeh & Singh, 2013). Οι Demir et al. (2004) δηλώνουν ότι δεν υπάρχει καμία ένδειξη που να υποδηλώνει ότι οι ηλικιωμένοι αντιτίθενται στην εισαγωγή της σύγχρονης τεχνολογίας. Αλλά εάν αναπτυχθούν κατάλληλες διεπαφές, θα είναι πιο πιθανό να τις χρησιμοποιήσουν (Goodman & Lundell, 2005). Σε κάθε περίπτωση, ο χρήστης είναι αυτός που έχει τελικά τον έλεγχο της αλληλεπίδρασης και διασφαλίζει ότι το σύστημα εκπληρώνει την υπόσχεσή του (Dudley & Kristensson, 2018). Ως αποτέλεσμα, φαίνεται ότι η τεκμηρίωση της ιδέας της Εμπειρίας Χρήστη καθώς και των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται για την

αξιολόγησή της θα είναι δύσκολη. Το πεδίο αλλάζει συνεχώς και υπάρχει μεγάλη ποικιλία μεθόδων και μέσων αξιολόγησης που είναι διαθέσιμα.

Το θέμα που προκύπτει είναι: «πώς μπορεί ο καλός σχεδιασμός αλληλεπίδρασης να προσφέρει σε άτομα μια κερδοφόρα και ευχάριστη εμπειρία;» Για να επιτευχθεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, ο Alben (1996) υποστηρίζει ότι πρέπει να υπάρχουν οι ακόλουθοι παράγοντες:

→ Καλός σχεδιασμός προσαρμοσμένος στις απαιτήσεις, τις εργασίες και το περιβάλλον των τελικών χρηστών;

→ Ο επιτυχημένος προγραμματισμός, σε αυτή την περίπτωση, σημαίνει ότι έχουμε λάβει ένα αποτέλεσμα που είναι δομημένο, καταγεγραμμένο και κοινοποιημένο με σαφή και συνοπτικό τρόπο.

→ Ο σκοπός του προϊόντος και εάν συμβάλλει ή όχι σε κοινωνικές, οικονομικές ή περιβαλλοντικές προκλήσεις.

→ Στο μαθησιακό πλαίσιο και τη χρησιμότητα, το σύστημα θα πρέπει να είναι εύκολο στη χρήση και κατανοητό, π.χ. πώς πρέπει να ξεκινήσουν και να προχωρήσουν οι δραστηριότητες των χρηστών προκειμένου να εξοικειωθούν με το σύστημα. Είναι σημαντικό το σύστημα να είναι απλό στην εκμάθηση και τη χρήση, ώστε να μπορεί: α. να διατηρείται με την πάροδο του χρόνου, λαμβάνοντας υπόψη τις μοναδικές εμπειρίες, τις ικανότητες και τις τεχνικές επίλυσης προβλημάτων κάθε χρήστη και β. να προσαρμοστούν εναλλακτικές μέθοδοι για την επίτευξη πραγμάτων.

→ Καταλληλότητα: Αυτό το κριτήριο αφορά την ανάπτυξη ενός προϊόντος (αν τα ζητήματα αντιμετωπίζονται, εάν αντιμετωπίζονται στο σωστό επίπεδο ή αν εξυπηρετεί τους ανθρώπους με αποτελεσματικούς τρόπους...).

→ Αισθητική εμπειρία: Το σύστημα πρέπει να είναι αισθητικά και αισθητηριακά ικανοποιητικό και να έχει ένα ενιαίο και συνεχές στοιχείο όσον αφορά τα γραφικά, την αλληλεπίδραση, την πληροφόρηση και τον βιομηχανικό σχεδιασμό με σχέδιο που λειτουργεί ομαλά εντός τεχνολογικών περιορισμών.

→ Οι απαιτήσεις και οι προτιμήσεις των χρηστών ποικίλλουν με την πάροδο του χρόνου και αυτό το κριτήριο μετρά πόσο εύκολα μπορεί να ενημερωθεί το προϊόν για να καλύψει αυτές τις ανάγκες και προτιμήσεις. Ο κόσμος συνεχώς εξελίσσεται και κάθε εφαρμογή που μπορεί να προσαρμοστεί σε αυτό το δυναμικό περιβάλλον έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα.

→ Ικανότητα διαχείρισης: Ένας καλός σχεδιασμός προϊόντος πρέπει να μπορεί να χωρέσει πρακτικά κάθε διεπαφή χρήστη ή ακόμα και το μεγαλύτερο δυνατό φάσμα

σε πολύ λιγότερο χρόνο και με λιγότερη εργασία. Αυτό είναι σημαντικό για την εμπειρία του χρήστη.

Το Interaction Design από τους Preece Rogers και Sharp (2002) χωρίζει τους στόχους του διαδραστικού σχεδιασμού σε δύο κατηγορίες: Χρησιμότητα και Εμπειρία Χρήστη. Υπάρχουν στόχοι Χρησιμότητας και Εμπειρίας Χρήστη και στις δύο πλευρές ενός διαγράμματος ενός κύκλου ζωής προϊόντος. Ωστόσο, οι στόχοι Ευχρηστίας είναι πιο σαφείς και μπορούν να δοκιμαστούν αντικειμενικά σε ένα δεδομένο πλαίσιο χρήσης και συνόλου χρηστών από εκείνο των στόχων της εμπειρίας χρήστη. Η αποτελεσματικότητα της χρήσης, η χρησιμότητα, η ασφάλεια των χρηστών, η απλότητα της μάθησης και η απομνημόνευση είναι μερικά μόνο από τα οφέλη που συνοδεύουν αυτά τα εργαλεία. Δεδομένου ότι οι στόχοι της εμπειρίας χρήστη είναι διακριτικοί, θεωρούνται πιο αφηρημένοι από άλλους στόχους. Αυτοί οι στόχοι περιλαμβάνουν: τα αγαθά για να ικανοποιήσουν και να ανταμείψουν τα συναισθήματα των πελατών, να τονώσουν τη δημιουργικότητα, να δώσουν κίνητρα για χρήση, βοήθεια, διασκέδαση και ικανοποίηση.

Έχει βρεθεί ότι ο όρος «Εμπειρία Χρήστη» περιλαμβάνει τόσο την παραδοσιακή έννοια της χρηστικότητας όσο και τις ανησυχίες για την αισθητική και τα συναισθήματα που προκαλούνται στους χρήστες από τις αλληλεπιδράσεις τους με διαδραστικά αγαθά (Hassenzahl & Tractinsky, 2006). Έχουν εντοπιστεί τέσσερα χαρακτηριστικά της Εμπειρίας Χρήστη με βάση την εμπειρική έρευνα:

- τι ενσωματώνεται σε μια στρατηγική χρηστικότητας, δηλαδή, η οργανική τιμή (επίτευξη εργασιών χωρίς σφάλματα κ.λπ.)
- την αισθητική αξία, δηλαδή την εμπειρία πέραν της οργανικής αξίας
- τη συναισθηματική αξία που έχει η εμπειρία για τους χρήστες
- τη βιωματική αξία, η οποία διαμορφώνεται σε μεγάλο βαθμό από τον χώρο, τον τόπο και τις συνθήκες στις οποίες βιώνεται η εμπειρία.

Ακολουθεί μια λίστα πρόσθετων παρόμοιων ιδεών που έχουν βρεθεί (βλ. interaction-design.org, 2021) σε σχέση με την "Εμπειρία χρήστη", η οποία είναι μια δύσκολη φράση που πρέπει να οριστεί.

✔ Γιατί κάποιος θα επιθυμούσε ένα προϊόν αν δεν του είναι χρήσιμο; Για να ανταγωνιστεί σε μια αγορά γεμάτη με χρήσιμα πράγματα, ένα προϊόν πρέπει να έχει κάποιο είδος αξίας. Είναι σημαντικό να έχετε κατά νου ότι η χρησιμότητα είναι μια

υποκειμενική έννοια και ότι τα στοιχεία μπορούν να θεωρηθούν "χρήσιμα" ακόμα κι αν παρέχουν μη λειτουργικά πλεονεκτήματα, όπως απόλαυση ή αισθητική απόλαυση, με βάση τα ενδιαφέροντα του χρήστη αλλά και το κοινωνικό υπόβαθρο.

✓ Για να είναι χρήσιμο, ένα προϊόν ή μια υπηρεσία πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το κοινό για το οποίο προορίζεται. Παρά το γεγονός ότι ορισμένα είδη μπορούν να ευημερήσουν ακόμη και αν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αυτό είναι ένα σπάνιο φαινόμενο. Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης ενός προϊόντος, είναι σύνηθες να βλέπουμε έλλειψη χρησιμότητας.

✓ Ο συναισθηματικός σχεδιασμός και η ελκυστικότητα, όπως η ταυτότητα της επωνυμίας, η εικόνα και ούτω καθεξής, είναι εξίσου ζωτικής σημασίας για τον καθορισμό της επιτυχίας ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας.

✓ Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η δυνατότητα εύρεσης, η οποία επιτρέπει στον χρήστη να εντοπίσει όλα όσα χρειάζεται, καθώς και να εντοπίσει το ίδιο το πρόγραμμα σε ηλεκτρονικά καταστήματα. Όλοι οι πιθανοί πελάτες δεν θα αγοράσουν ένα προϊόν εάν δεν είναι άμεσα διαθέσιμο.

✓ Μία από τις πιο πειστικές ηθικές ανησυχίες της ψηφιακής εποχής περιστρέφεται σχετικά με το απόρρητο των προσωπικών πληροφοριών των ατόμων και την ικανότητά τους να ρυθμίζουν ποιος έχει πρόσβαση σε αυτές και πόσο μπορεί να έχει πρόσβαση (Smith, Milberg & Burke, 1996). Οι χρήστες μπορεί να είναι πρόθυμοι να περιηγηθούν σε έναν ιστότοπο και να ελέγξουν μια υπηρεσία, εάν μπορούν να το κάνουν χωρίς να αποκαλύψουν τα προσωπικά τους δεδομένα ή να συμπληρώσουν αιτήσεις για ένα προφίλ που δεν είναι σίγουροι αν θα χρησιμοποιήσουν στο μέλλον. Ως αποτέλεσμα, είναι κρίσιμο τα στοιχεία σχεδιασμού ενός συστήματος να καλλιεργούν μια αίσθηση εμπιστοσύνης, καθώς οι καταναλωτές διστάζουν να δώσουν μια δεύτερη ευκαιρία όταν υπάρχουν τόσες πολλές αξιόπιστες διαθέσιμες λύσεις.

✓ Οι κατασκευαστές και οι χρήστες πρέπει να είναι ευχαριστημένοι με την εφαρμογή. Είναι πολύ πιθανό ότι οποιοδήποτε επίτευγμα θα χαθεί αν δεν υπάρχει αξία. Η επιλογή ενός χρήστη να χρησιμοποιήσει μια εφαρμογή επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την αντιληπτή αξία της, κάτι που πρέπει να έχουν κατά νου οι σχεδιαστές. Όταν ένας χρήστης λαμβάνει οτιδήποτε χρήσιμο από έναν ιστότοπο ή μια υπηρεσία, είναι πιο πιθανό να επιστρέψει. Αυτός ο στόχος πρέπει να υποστηρίζεται από την εμπειρία του χρήστη. Όποτε τα σχόλια ενός χρήστη είναι χρήσιμα,

συμπεριλαμβανομένης της κριτικής, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της ευτυχίας των πελατών.

✓ Κατά τη δημιουργία βελτιωμένων εμπειριών χρήστη, η προσβασιμότητα συχνά παραβλέπεται. Πολλοί κατασκευαστές φαίνεται να πιστεύουν ότι όλες οι εφαρμογές είναι εύκολα προσβάσιμες και ότι ο σχεδιασμός για προσβασιμότητα είναι χάσιμο χρόνου και χρημάτων. Ως αποτέλεσμα αυτού, ορισμένοι χρήστες ενδέχεται να μην μπορούν να επωφεληθούν από την υπηρεσία επειδή δεν διαθέτουν τον απαιτούμενο εξοπλισμό ή δεν διαθέτουν επαρκή σύνδεση στο διαδίκτυο. Τα μουσεία καθώς και οι εφαρμογές πολιτιστικών χώρων, ειδικότερα, πρέπει να είναι προσβάσιμες σε όλους (Morville, 2004). Η σημασία καθενός από τα προηγούμενα χαρακτηριστικά θα πρέπει να εξεταστεί στο κατάλληλο πλαίσιο. Όταν η αξιοπιστία είναι ένα ζήτημα, είναι σκόπιμο να οικοδομήσουμε το σύστημα έχοντας αυτή την πτυχή κατά νου. Ως φακός μέσω του οποίου αξιολογείται η εμπειρία του χρήστη, αυτό το παράδειγμα μπορεί να είναι χρήσιμο (Κουτσαμπάσης, 2015).

Αν και διαφέρουν ως προς την τεχνική, καθώς και την εστίαση και την ουσία, οι Law και Ambrahaο (2014) λένε ότι οι μέθοδοι αξιολόγησης της Εμπειρίας Χρήστη εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της χρηστικότητας. Οι ειδικοί που επιθεωρούν προϊόντα είναι σπάνιοι όταν πρόκειται για αξιολογήσεις Εμπειρίας Χρήστη (UX), επειδή οι αξιολογήσεις διεξάγονται συνήθως από πραγματικούς τελικούς χρήστες. Σύμφωνα με τους Alves, Valente & Nunes (2014), σε μια μελέτη 97 ειδικών από το User Experience, το 46 τοις εκατό των ερωτηθέντων δήλωσε ότι συμμετέχει ενεργά στην αξιολόγηση του προϊόντος και ότι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εξερεύνηση είναι εφευρετικές και δίνουν κίνητρα. Έτσι, φαίνεται ότι η κρίση της Εμπειρίας Χρήστη επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα άτομα που τη χρησιμοποιούν.

Σε κάθε περίπτωση, για την ανθρωποκεντρική δημιουργική διαδικασία, η αξιολόγηση της Εμπειρίας Χρήστη είναι ζωτικής σημασίας, γιατί επικεντρώνεται στον χρήστη και βασίζεται στις προϋπάρχουσες υποθέσεις του καθώς και σε οτιδήποτε έχει σκεφτεί. Έτσι, η αξιολόγηση της εμπειρίας είναι συνυφασμένη με τη δημιουργία της διεπαφής καθώς και με τη συναισθηματική αντίδραση του χρήστη, αφού η ίδια η εμπειρία έχει συναισθηματική κατάσταση, κάτι απίστευτα μεταβλητό που κυμαίνεται από άνθρωπο σε άνθρωπο αλλά και από μέρα σε μέρα.

Επιπλέον, το πρόβλημα περιλαμβάνει:

- την εσωτερική και σωματική πάθηση του καταναλωτή: Όσον αφορά το UX, σημαντικό είναι όχι μόνο αυτό που έχει ο καταναλωτής δίπλα του, αλλά και η εσωτερική και φυσική του κατάσταση, παρόλο που βιώνει σε τακτική βάση μεγάλες ποσότητες πληροφοριών, gadgets, πρωτοβουλιών κ.λπ., που προκύπτουν από τις συναρπαστικές τεχνολογικές εξελίξεις που πρόκειται να βελτιώσουν τη ζωή μας, αλλά την καθιστούν εξαιρετικά περίπλοκη (Δερτούζος, 2002). Στην πραγματικότητα, σε ορισμένες περιπτώσεις, η αποτελεσματικότητα περιλαμβάνει σωματική και πνευματική προσπάθεια. Απαιτείται λοιπόν η ανάλυση της φυσικής κατάστασης του πελάτη (π.χ. μυϊκή ή οφθαλμική κόπωση), η συναισθηματική του κατάσταση (π.χ. επιθυμία και πεποίθηση) και η ψυχολογική του κατάσταση (π.χ. ψυχική καταπόνηση και εξάντληση). Το είδος της εργασίας και το σύστημα θα καθορίσουν ποια από αυτά είναι σημαντικά (Kirakowski & Corbett, 1988). Σε κάθε περίπτωση, το σύστημα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις ανθρώπινες απαιτήσεις. Για παράδειγμα, έχουν δημιουργηθεί διάφορες τεχνολογίες για να εξυπηρετούν διαφορετικούς τύπους χρηστών. Ως ένα από τα μουσεία, το Tate Modern Museum προσφέρει φορητές συσκευές που προβάλλουν ταινίες στη νοηματική γλώσσα για άτομα με προβλήματα ακοής. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, το 79% των επισκεπτών δήλωσαν εξαιρετικά ευχαριστημένοι με τον οδηγό BSL, καθώς αύξησε σημαντικά την εμπειρία της επίσκεψής τους (TATE, 2/7/2020).

- Η βραχυπρόθεσμη μνήμη ενός ενήλικα υπολογίζεται ότι περιέχει επτά (συν ή πλην δύο) διαφορετικά στοιχεία. Αυτός ο περιορισμός έχει αντίκτυπο στη σχεδίαση της εμπειρίας χρήστη. Ο ανθρώπινος νους δεν είναι έτοιμος να απομνημονεύσει υλικό που συνήθως απαιτείται από ιστοσελίδες. Κατά συνέπεια, πολλές απαιτήσεις χρηστικότητας διέπονται από γνωστικά όρια (Nielsen, 6/12/2009; Budiu, 15/1/2021).

4.2. Σχεδιασμός Διεπαφής Χρήστη (User Interface Design, UID)

Μέσα από μια βιβλιογραφική έρευνα παρατηρήσαμε πώς η Εμπειρία Χρήστη είναι αρκετά ευέλικτη στα χαρακτηριστικά της, καθώς αυτό έχει να κάνει με το συγκεκριμένο σύστημα που λειτουργούμε και διερευνούμε. Ως εκ τούτου, η στρατηγική αλληλεπίδρασης παίρνει μια άλλη πτυχή και αναδύεται ένα πρόβλημα ως

προς το πώς είναι εφικτό να σχεδιαστεί ένα σύστημα που να επιτρέπει μεθοδικές και επίσης οικονομικά αποδοτικές μεθόδους για να φιλοξενήσει τους πάντες (Στεφανίδης, n.d.). Φυσικά, όταν σχετίζεται με εφαρμογές για κινητά, ο πελάτης πρέπει να βρίσκεται πάντα στο επίκεντρο της διαδικασίας κατασκευής της αλληλεπίδρασης (Paterno, n.d). Επομένως, πιστεύουμε ότι η εμπειρία χρήστη είναι μια κρίσιμη πτυχή ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας και ότι μια κακώς σχεδιασμένη διεπαφή μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχίες του προϊόντος συνολικά, αλλά από την άλλη πλευρά, με λίγες μόνο μικρές τροποποιήσεις, ένα αποτυχημένο έργο θα μπορούσε να μετατραπεί σε επιτυχία. Χρησιμοποιώντας τα προγράμματα που επιλέξαμε, θα αξιολογήσουμε τις διεπαφές χρήστη τους για να προσδιορίσουμε τι λείπει και πώς θα μπορούσαν να γίνουν πιο χρήσιμα, ενώ παρακολουθούμε τι υπάρχει αυτήν τη στιγμή και λειτουργεί καλά για εμάς.

Ο όρος "Σχεδίαση διεπαφής χρήστη" (UID) αναφέρεται στη διαδικασία παραγωγής της πιο εύχρηστης διεπαφής. Φυσικά, η διαδικασία σχεδίασης έχει πολλές περισσότερες αρμοδιότητες από το να κάνει απλώς την εμπειρία του χρήστη ελκυστική στο μάτι. Θα πρέπει επίσης να είναι απλό στη χρήση και να ανταποκρίνεται κατάλληλα (Staff, 7/6/2019). Τα δεδομένα και οι έλεγχοι που παρέχονται στον χρήστη από ένα διαδραστικό σύστημα βοηθούν τον χρήστη να πραγματοποιήσει ορισμένες δραστηριότητες με το σύστημα (ISO 9241-110: 2006).

Όταν σχεδιάζετε μια εφαρμογή, λάβετε υπόψη ότι οι χρήστες είναι πιο πιθανό να σαρώσουν τη διεπαφή γρήγορα, να περάσουν μέρος του υλικού και στη συνέχεια να επιλέξουν τι θέλουν να δουν ή τι θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες τους. Όταν μια εφαρμογή δεν ανταποκρίνεται στις φιλοδοξίες της με την πρώτη και τη δεύτερη προσπάθεια, οι περισσότεροι χρήστες θα πάνε «πίσω» και θα προχωρήσουν σε κάτι άλλο. Ως αποτέλεσμα, πολλές από τις πιθανές χρήσεις της εφαρμογής περνούν απαρατήρητες με την πρώτη ματιά. Άρα, είναι σημαντικό να έχουμε μια σαφή εικόνα για το ποιος είναι ο επιδιωκόμενος σκοπός της εφαρμογής και ποιες λειτουργίες απαιτούνται για να λειτουργήσει ομαλά από την αρχή.

Φυσικά, για να επιτύχουν ένα καλό αποτέλεσμα, οι προγραμματιστές θα πρέπει να καθορίσουν μια σειρά από κατευθυντήριες γραμμές ανεξάρτητες από το έργο, ώστε να διευκολύνουν τους καταναλωτές να ολοκληρώσουν εργασίες στη διεπαφή. Ο σχεδιασμός UI συνδυάζει τη διεπαφή και τον αισθητικό σχεδιασμό με ορισμένες έννοιες από την αρχιτεκτονική δεδομένων (Staff, 6/7/2019).

Με απλά λόγια, ο σχεδιασμός διεπαφής χρήστη περιλαμβάνει γενικά έναν σχεδιασμό διεπαφής που καθιστά την πλοήγηση όσο πιο εύκολη και αποτελεσματική γίνεται. Επομένως, ο σχεδιασμός διεπαφής χρήστη δεν πρέπει να στοχεύει απλώς στη δημιουργική πλευρά καθώς και στο πώς μπορεί να ικανοποιήσει καλύτερα τις απαιτήσεις των χρηστών, έτσι ώστε ο πελάτης να μην έχει ερωτήματα όπως: Τι κάνω, για να προχωρήσω παρακάτω; Τι κάνει αυτό το σύμβολο; Θα μπερδευτώ αν το πατήσω;

Ένα παράδειγμα διεπαφής πελάτη είναι η οθόνη αφής σε ένα smartphone ή ακόμα και η επιφάνεια αφής σε μια καφετιέρα που σας επιτρέπει να επιλέξετε το είδος του καφέ που θέλετε να αγοράσετε. Ο σχεδιασμός της διεπαφής χρήστη ενός ιστότοπου σημαίνει να λαμβάνεται υπόψη ο τρόπος με τον οποίο ένας χρήστης αλληλεπιδρά μαζί του σε οπτικό, απτικό και γνωστικό επίπεδο, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι ένα σύστημα ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν περισσότερο στις απαιτήσεις του τελικού χρήστη. Αυτό συνεπάγεται την προσεκτική εξέταση κάθε διαδραστικού και καθηλωτικού στοιχείου που μπορεί να συναντήσει ο πελάτης (εικονίδια, κουμπιά, συνδυασμοί γραμματοσειρών και χρωμάτων, κενά, φωτογραφίες, σχέδια...). Ο σχεδιασμός διεπαφής χρήστη είναι ουσιαστικά μια εξ ολοκλήρου ψηφιακή διαδικασία που λαμβάνει υπόψη τα οπτικά αλληλεπιδρώντα μέρη της διεπαφής προϊόντων, όπως κουμπιά, εικονίδια, κενά, τυπογραφία, αποχρώσεις και σχεδιασμός αντίδρασης (Lamprecht, 2021). (Lamprecht, 2021). Ακόμη και η μικρότερη ποσότητα λευκού χώρου μπορεί να κάνει μεγάλη διαφορά στον τρόπο με τον οποίο οι επισκέπτες αντιλαμβάνονται τις πληροφορίες που παρέχονται στην οθόνη. Κάποια από τα βασικά κριτήρια σχεδιασμού διεπαφής χρήστη είναι τα εξής:

- Εκκαθάριση διεπαφής: Μια περίπλοκη λειτουργία θα παραπλανήσει τον πελάτη αντί να τον βοηθήσει. Τα εργαλεία πρέπει να έχουν σαφή σχεδίαση και να αποτρέπουν τη χρήση χαρακτηριστικών που δεν είναι απαραίτητα για την τρέχουσα ροή εργασίας, καθώς ο μινιμαλισμός και η διαφάνεια είναι ένα μέσο για να παραμείνουν πιστοί οι καταναλωτές στη διαδικασία αφοσίωσης. Προκύπτουν ερωτήματα στο μυαλό του χρήστη εάν η διάταξη και η δομή δεν είναι ξεκάθαρες, γεγονός που καθιστά πιο δύσκολο να καταλάβουμε πώς λειτουργεί το σύστημα και πώς να το περιηγηθεί ένας χρήστης. Μια καθαρή δομή, οπτικά σήματα και άμεσα διακριτές συνδέσεις επιτρέπουν μια επιτυχημένη αναζήτηση.

- Αύξηση της Αλληλεπίδρασης: Οι χρήστες μιας διεπαφής πρέπει να έχουν κίνητρα να ασχοληθούν με αυτήν. Αυτό σημαίνει ότι εκτός από την αισθητική, ο χρήστης

πρέπει να μπορεί να κατανοήσει πώς να αλληλεπιδράσει με τη διεπαφή και να παρακινηθεί να το κάνει αφού φτάσει στον προορισμό του, γι' αυτό η διεπαφή πρέπει να είναι απλή στη χρήση.

- Διατήρηση προσοχής: Σε μια κοινωνία όπου όλα γίνονται γρήγορα, η περιέργεια των πελατών πρέπει να ενθαρρυνθεί, έτσι ώστε όχι απλώς να επενδύσουν χρόνο στη χρήση μιας εφαρμογής αλλά και να διατηρήσουν το ενδιαφέρον τους.

- Η έλλειψη εξοικείωσης των χρηστών με την τεχνολογία είναι ένα ευρέως γνωστό γεγονός. Ενώ βρίσκονται σε μια ατμόσφαιρα γνωστή σε αυτούς, είναι πολύ πιο διατεθειμένοι να παραμείνουν και να αλληλεπιδράσουν.

- Προκειμένου να αποφευχθεί η εντύπωση ότι το προϊόν σας χρησιμοποιεί και όχι το αντίστροφο, το σύστημα θα πρέπει να παρέχει στους καταναλωτές κάποιο επίπεδο ελέγχου της εμπειρίας τους.

- Ενέργειες αντιστροφής: Οι χρήστες είναι δυσαρεστημένοι όταν εγκαταλείπουν την εμπειρία που έχουν σε μια εφαρμογή. Αυτό σημαίνει ότι εάν μετανιώσουν για μια δραστηριότητα θα πρέπει να είναι σε θέση να ανακτήσουν την προηγούμενη απόφαση. Οι χρήστες είναι πιο πιθανό να πειραματιστούν με μια εφαρμογή εάν αισθάνονται ότι έχουν την εξουσία των ενεργειών τους και μπορούν εύκολα να τις αναιρέσουν.

- Ταχύτητα φόρτωσης σελίδας: Ο χρόνος φόρτωσης της διεπαφής της εφαρμογής είναι ένας ακόμη παράγοντας σχεδιασμού που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Εάν η ταχύτητα φόρτωσης είναι μεγάλη, ο πελάτης είναι δυσαρεστημένος και τείνει να εγκαταλείψει την εργασία ή ενδεχομένως να τη χάσει.

- Σταθερή διεπαφή: Η έλλειψη συνέπειας, ο σχεδιασμός της διεπαφής θα κατέρρεε επειδή οι καταναλωτές αναζητούν τάξη και σταθερότητα σε μια αλληλεπίδραση και όχι σε αναρχία. Χρησιμοποιώντας μια αξιόπιστη διεπαφή, μπορεί να αναμένονται σταθερά αποτελέσματα, επειδή είναι εύκολο να "μαθευτούν" και να τα "θυμηθούν" οι χρήστες. Υπάρχουν κάποια πράγματα που δεν πρέπει να αλλάξουν ποτέ. Προφανώς, με τον όρο "συνέπεια", εννοούμε τόσο μια καλά οργανωμένη διεπαφή χρήστη όσο και μια που είναι πάντα ενημερωμένη σε σχέση με αλλαγές ή ζητήματα που αναφέρονται από άλλους χρήστες.

- Διαφήμιση (Προσθήκες): Πολλές φορές οι εφαρμογές συντηρούνται με τις διαφημίσεις των υποστηρικτών τους. Ωστόσο, η ροή του πελάτη διαταράσσεται και αυτός απογοητεύεται, καθώς ακόμη και μια καθυστέρηση πέντε δευτερολέπτων

μπορεί να τον απομακρύνει. Επομένως, είναι σημαντικό να αποφύγετε την εισαγωγή πολλών διαφημίσεων ή να επιτρέψετε στον καταναλωτή να τις παραλείψει αμέσως.

- Αποφυγή και αναγνώριση σφαλμάτων: Πρέπει να εξεταστούν τουλάχιστον 2 βήματα μπροστά στο μέλλον για να αποφευχθεί εμφάνιση τυχόν απρόβλεπτων σφαλμάτων. Οι χρήστες που αντιμετωπίζουν προβλήματα δεν θα είναι ευχαριστημένοι με την υπηρεσία και είναι πολύ πιο πιθανό να αποχωρήσουν.

- Αισθητική διάταξη: Ο πελάτης θα παραμείνει και θα εξερευνήσει περισσότερο εάν η αρχική ιδέα είναι ωραία. Εξαιτίας αυτού, ο σχεδιασμός μιας εμπειρίας που είναι τόσο χρήσιμη όσο και ελκυστική οπτικά είναι κρίσιμος.

- Σε ό,τι αφορά την περιήγηση στον τεράστιο όγκο δεδομένων που είναι διαθέσιμα στο Διαδίκτυο, η σελιδοποίηση μπορεί να είναι μια χρονοβόρα αγγαρεία. Χωρίς ένα ικανοποιητικό συμπέρασμα, οι χρήστες πρέπει να περιηγηθούν σε μεγάλο όγκο υλικού για να αποκτήσουν πρόσβαση σε διάφορες δραστηριότητες και υπηρεσίες. Εάν ένας χρήστης δεν είναι σίγουρος για το τι θέλει, μπορεί να εξερευνήσει τις πολλές δυνατότητες της εφαρμογής για να δει αν μπορεί να ανακαλύψει κάτι που τον ενδιαφέρει. Αυτό, φυσικά, δεν ισχύει για κάθε περίπτωση. Είναι πιο κατάλληλο για εφαρμογές που ασχολούνται με πολύ υλικό που δημιουργείται από χρήστες (Twitter, Facebook, Pinterest, Instagram). Σε αντίθεση με τις στοχευμένες εφαρμογές, όπου οι χρήστες αναζητούν ένα συγκεκριμένο αντικείμενο, η σελιδοποίηση είναι πιο κατάλληλη για αυτούς τους τύπους εφαρμογών. Είναι σημαντικό να θυμάστε ότι οι σημερινοί πελάτες λογισμικού είναι εξαιρετικά επιλεκτικοί και δεν θα ανεχθούν ούτε το πιο μικρό σφάλμα ή άλλο πρόβλημα λόγω της τεράστιας ποικιλίας διαθέσιμων επιλογών (Προσωπικό, 2019). Η ουσία είναι ότι αυτές οι ιδέες είναι αλληλένδετες και ότι δεν υπάρχει ένας ενιαίος ορισμός για αυτές εκτός από αυτόν που παρέχει ο ISO. Λόγω των ραγδαίων αλλαγών στην τεχνολογία και τη ρευστότητα των κριτηρίων καθώς σχετίζονται με διαφορετικά προϊόντα, περιβάλλοντα και ψυχολογικές πτυχές που επηρεάζουν τους καταναλωτές, αυτό έχει αποδειχθεί ότι είναι μια πρόκληση για εμάς.

4.3. Τα κριτήρια του J. Nielsen

Θα χρησιμοποιήσουμε τον όρο "Ευριστικά (Heuristics)" για να αναφερθούμε στους βασικούς κανόνες για τη διάταξη της διεπαφής πελάτη και όχι σε συγκεκριμένα

πρότυπα χρηστικότητας αυτήν τη στιγμή. Εφαρμόζουμε ευρετική αξιολόγηση για να αποκαλύψουμε και να αξιολογήσουμε ζητήματα χρηστικότητας σε μια διάταξη διεπαφής πελάτη στη μελέτη μας. Για παράδειγμα, τα ευρετικά της Nielsen χρησιμοποιούνται για την ανάλυση του πόσο καλά συμμορφώνεται η διεπαφή με τα καθιερωμένα πρότυπα χρηστικότητας. Φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της έρευνας και των ευρημάτων των αξιολογητών. Υπό το πρίσμα αυτό, είναι σαφές ότι ακόμη και οι ειδικοί στη χρηστικότητα έχουν τα ελαττώματά τους. Δεδομένου ότι μια διεπαφή είναι τόσο πολυδιάστατη, είναι δύσκολο να πούμε με βεβαιότητα εάν έχουν ανακαλυφθεί ελαττώματα χρηστικότητας.

Μια διεπαφή μπορεί να αξιολογηθεί με τέσσερις βασικούς τρόπους, σύμφωνα με τους Nielsen και Molich (1990): επίσημη (με χρήση αναλυτικής προσέγγισης), αυτοματοποιημένη (με χρήση ηλεκτρονικής διαδικασίας), εμπειρική (με χρήση δοκιμών χρήστη) και ευρετική (με βάση την εμπειρία, απλά παρατηρώντας την). Οι χρήστες αξιολογούν επίσης τη διεπαφή και κάνουν τις δικές τους κρίσεις. Οι ίδιες μελέτες υποστηρίζουν ότι η εξέταση μιας διεπαφής και ο σχηματισμός κρίσης για το τι είναι χρήσιμο ή όχι για τη διεπαφή είναι η ευρετική προσέγγιση για να κρίνουμε πόσο ευχάριστη είναι μια εμπειρία εφαρμογής. Τα περισσότερα άτομα θα πρέπει να ακολουθούν τις οδηγίες που παρέχονται στις τυπικές διαδικασίες λειτουργίας κατά την εκτέλεση αυτών των τύπων αξιολογήσεων. Υπάρχουν μερικές βασικές αρχές χρηστικότητας που ακολουθούν οι περισσότεροι, όπως: απλοί διάλογοι, σαφής διάλεκτος, μείωση της απαίτησης μνήμης χρήστη, συνέπεια και συνέχεια, διακριτές συντομεύσεις, νήματα σχολίων, σαφώς ορατά δεδομένα εξόδου, ώστε οι χρήστες να μπορούν να αναιρέσουν δραστηριότητες, κατάλληλα μηνύματα για βοηθήστε να σταματήσετε τα σφάλματα. Όλα αυτά είναι παραδείγματα ευρετικών αξιολογήσεων. Όταν πρόκειται για την αξιολόγηση της χρηστικότητας, ο J. Nielsen (24/4/1994) κατέληξε σε 10 κρίσιμα κριτήρια:

- Ορατότητα της κατάστασης του συστήματος: Το σύστημα θα πρέπει πάντα εντός εύλογου χρόνου να ενημερώνει τους χρήστες για το τι συμβαίνει μέσω κατάλληλων σχολίων.
- Μια καλή αντιστοιχία μεταξύ του συστήματος και του πραγματικού κόσμου, δηλαδή εμφάνιση του συστήματος με χρονολογική σειρά και επικοινωνία στη γλώσσα του χρήστη καθώς συσσωρεύεται η γνώση (ορολογία που είναι οικεία στον χρήστη ή που σχετίζεται με την περιοχή και τον πολιτισμό που απευθύνεται).

- Έλεγχος και ελευθερία των χρηστών: Να δίνεται η δυνατότητα αναίρεσης και επανάληψης στους χρήστες, καθώς και σαφείς ενδείξεις εξόδου, για να αφήνουν εύκολα και γρήγορα μια κατάσταση που ίσως επέλεξαν κατά λάθος.
- Στη γλώσσα που χρησιμοποιείται, μπορούμε οπωσδήποτε να ενσωματώσουμε τον λόγο της συγκεκριμένης ιστορικής περιόδου και τις συνθήκες που τον περιβάλλουν. Ωστόσο, είναι εξαιρετικά πιθανό να στοχοποιηθούν οι νέοι και να χρησιμοποιηθεί η αργκό ορολογία για τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ αυτών και του συστήματος. Επιπλέον, οι χρήστες δεν θα πρέπει να μπερδεύονται ως προς το εάν διάφοροι όροι, περιβάλλοντα ή δραστηριότητες έχουν ή όχι την ίδια σημασία.
- Προκειμένου να αποφευχθεί η αντιμετώπιση προβλημάτων, είναι ζωτικής σημασίας να προετοιμαστείτε εκ των προτέρων. Οι περιστάσεις επιρρεπείς σε σφάλματα μπορούν να εξαλειφθούν ή να ελεγχθούν και μια επιλογή επαλήθευσης ή έκδοσης μπορεί να εμφανιστεί προτού οι πελάτες προβούν σε οποιαδήποτε ενέργεια.
- Τα οπτικά στοιχεία, οι δραστηριότητες και οι επιλογές μειώνουν το φορτίο μνήμης του χρήστη κάνοντας ευκολότερη την αναγνώρισή τους. Χρησιμοποιώντας αυτήν την εφαρμογή, ο πελάτης δεν χρειάζεται να παρακολουθεί τις πληροφορίες όταν μετακινείται από τη μια τοποθεσία στην άλλη. Επιπλέον, οι οδηγίες του χρήστη θα πρέπει να εμφανίζονται ή να είναι εύκολα προσβάσιμες ανά πάσα στιγμή.
- Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σύστημα που δεν είναι αμέσως προφανείς στους αρχάριους χρήστες, αλλά μπορούν να επιταχύνουν την αφοσίωση για έναν έμπειρο χρήστη. Στην πραγματικότητα, οι χρήστες θα πρέπει να μπορούν να αλλάζουν τη συμπεριφορά των εργασιών ρουτίνας στο σύστημα.
- Μινιμαλιστικός σχεδιασμός: Οι συνομιλίες δεν πρέπει να περιλαμβάνουν περιττές ή ελάχιστα χρησιμοποιημένες πληροφορίες. Η προσθήκη περισσότερων πληροφοριών σε μια συζήτηση μειώνει την ορατότητα των σχετικών πληροφοριών.
- Βοήθημα προς τους χρήστες στον εντοπισμό προβλημάτων, την εκτέλεση διαγνωστικών και τον εντοπισμό σχετικών δεδομένων: Ο χρήστης θα πρέπει να μπορεί να κάνει εναλλακτικές ενέργειες, επειδή οι ειδοποιήσεις σφαλμάτων πρέπει να αναφέρονται σε απλή γλώσσα, να περιγράφουν σωστά το πρόβλημα και να παρέχουν εποικοδομητικές λύσεις.
- Μπορεί να υπάρχουν φορές που οι χρήστες χρειάζονται βοήθεια και τεκμηρίωση με τις εργασίες τους, παρόλο που το σύστημα δεν απαιτεί περισσότερη τεκμηρίωση. Το καθήκον του χρήστη θα πρέπει να είναι η κύρια έμφαση οποιασδήποτε τέτοιας

πληροφορίας που του εμφανίζεται. Στόχος μας είναι να συμπεριλάβουμε αυτά τα πρότυπα στην εμπειρία του πελάτη καθώς και στη διεπαφή πελατών, καθώς οι περισσότεροι από αυτούς έχουν ήδη μια εξαιρετική εμπειρία χρήστη. Όταν γίνεται το ερώτημα, "Γιατί αυτή η τεχνική;" θα πρέπει να πούμε: - ο κύριος λόγος για την ολοκλήρωση μιας ευρετικής αξιολόγησης είναι η βελτίωση ενός ψηφιακού προϊόντος. - πρόσθετο επιχείρημα είναι η αποτελεσματικότητα. Σε αυτήν την περίπτωση, η "αποτελεσματικότητα" αναφέρεται στον ρυθμό όπου ένα αντικείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως άμεσο αποτέλεσμα μεγαλύτερης χρηστικότητας. Η "ικανότητα" είναι ένας όρος που σχετίζεται με το πόσο καλά ένα προϊόν ή μια υπηρεσία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το κοινό-στόχο του. Τα εξαρτήματα που παρέχονται σε υψηλή ποιότητα αυξάνουν την εμπειρία χρήστη ενός προϊόντος.

4.4. Ευχρηστία Εφαρμογής (Χρηστικότητα) (Usability)

Η χρηστικότητα μιας εφαρμογής καθορίζεται από το πόσο αποτελεσματικά εξυπηρετεί τις απαιτήσεις των πελατών τους οποίους έχει σχεδιαστεί να εξυπηρετεί, λαμβάνοντας επίσης υπόψη τους περιορισμούς του συστήματος. Η χρηστικότητα ενός συστήματος ή ενός προϊόντος μπορεί να μετρηθεί από το πόσο γρήγορα και αβίαστα επιτρέπει στους χρήστες του να εκτελούν τις εργασίες τους. Τουλάχιστον, ένας χρήστης θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτελέσει μια εργασία. Η χρηστικότητα ενός προϊόντος δεν ισχύει μόνο για λογισμικό αλλά και υλικό υπολογιστή, επίσης μπορεί να ισχύει για οτιδήποτε έχει κατασκευαστεί με σκοπό να χρησιμοποιηθεί από ανθρώπους. 3 Για κάθε διαδραστικό προϊόν, η χρηστικότητα είναι απαραίτητο χαρακτηριστικό ποιότητας. Η χρηστικότητα έχει περιγραφεί ως "ο βαθμός με τον οποίο ένα σύστημα, υπηρεσία ή προϊόν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από μεμονωμένους ανθρώπους για την επίτευξη συγκεκριμένων στρατηγικών στόχων με αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και ικανοποίηση σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο χρήσεων", σύμφωνα με το ISO 9241-11 (1998, ενημερώθηκε 20018) Guidance on Usability (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης). Είναι ένα μέτρο του πόσο γρήγορα και εύκολα ένας πελάτης μπορεί να καταλάβει πώς να χρησιμοποιήσει μια μέθοδο ή ένα προϊόν για να επιτύχει έναν συγκεκριμένο στόχο. Η κατανόηση των στόχων και των επιθυμιών των ανθρώπων που χρησιμοποιούν μια μέθοδο ή ένα προϊόν είναι κρίσιμης

σημασίας για να γίνει αξιοποιήσιμη, επειδή είναι συνήθως πολύ απασχολημένοι και έχουν λίγο χρόνο να αφιερώσουν.

Αυτό σημαίνει ότι οι άνθρωποι που αναζητούν ένα προϊόν ή ένα σύστημα που είναι εύκολο να κατανοηθεί και να χρησιμοποιηθεί θα το βρουν αν αποδώσει καλά σε σύγκριση με τη διάρκεια και τη σειρά των δραστηριοτήτων που είναι απαραίτητες για την εκτέλεση των καθηκόντων του. Επιπλέον, εάν μια εφαρμογή διαπιστωθεί ότι είναι φιλική προς το χρήστη, θα έχει μεγαλύτερη ζήτηση. Οι πιο σημαντικές πτυχές της Ευκολίας Χρήσης, όπως ορίζονται από τον ISO (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης), είναι οι εξής:

- ✓ Αποτελεσματικότητα Συστήματος: αφορά την ακρίβεια και πληρότητα με την οποία οι χρήστες επιτυγχάνουν συγκεκριμένους στόχους (ISO 9241-11:2018)
- ✓ Αποδοτικότητα: αφορά τους πόρους που χρησιμοποιούνται σε σχέση με τα επιτευχθέντα αποτελέσματα (ISO 9241-11:2018)
- ✓ Ικανοποίηση: πόσο οι φυσικές, γνωστικές και συναισθηματικές απαντήσεις του χρήστη ανταποκρίνονται στις προσδοκίες των χρηστών (ISO 9241-11:2018).
- ✓ Σύμφωνα με τον J. Nielsen (1994), βασικά χαρακτηριστικά της ευχρηστίας είναι:
- ✓ Αποτελεσματικότητα χρήσης (Efficiency)
- ✓ Προσωπική Ικανοποίηση του χρήστη (Satisfaction)
- ✓ Ευκολία μάθησης (Learnability): Πόσο οι χρήστες σε πλαίσιο συγκεκριμένης χρήσης καταφέρνουν το ζητούμενο της εύκολης, γρήγορης, αποτελεσματικής εκμάθησης ενός συστήματος ή προϊόντος.
- ✓ Προστασία του Χρήστη από Σφάλματα ή εύκολη επαναφορά από Σφάλματα (Errors): Κατά πόσο ένα σύστημα προστατεύει τους χρήστες από λανθασμένες ενέργειες.
- ✓ Ευκολία Ενθύμησης (Memorability): Πόσο εύκολα μπορούν οι χρήστες να αποκαταστήσουν την επάρκεια στη χρήση ενός συστήματος ή προϊόντος, όταν επιστρέφουν σε αυτό μετά από μια περίοδο που δεν το έχουν χρησιμοποιήσει.

Παρά το γεγονός ότι δεν προσδιορίζεται από το ISO ο κατάλληλος ορισμός, πιστεύουμε ότι μια άλλη ποιότητα που ανακαλύφθηκε συνδέει τη χρηστικότητα ως μια συλλογή διακριτών χαρακτηριστικών. Η διαθεσιμότητα ενός προϊόντος ή συστήματος αναφέρεται στην ικανότητά του να χρησιμοποιείται από όσο το δυνατόν περισσότερα άτομα, ανεξάρτητα από τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητές του.

Από την άλλη πλευρά, τα «κακά χαρακτηριστικά» της χρησιμότητας (Bad Usability Smells) προσδιορίστηκαν από τους Patern, Schiavone & Conti (2017) ως εξής:

✓ Πεδία φόρμας, μικρά κουμπιά επιλογής και άλλα παραδείγματα μικρών στοιχείων μπορούν να βρεθούν σε ολόκληρο τον ιστότοπο. Ο χρήστης πρέπει να περάσει από έναν αριθμό κρίκων για να εμφανιστεί σωστά το υλικό.

✓ Ως χρήστης, μπορεί να έχετε δυσκολίες στην ανάγνωση ενός κειμένου λόγω του μικρού του μεγέθους και/ή της σκληρής γραμματοσειράς του ή του μικρούδιαστήματος ή απλώς επειδή το δυσδιάκριτο φόντο καθιστά δύσκολη την ανάγνωση.

✓ Η ύπαρξη συνδέσμων που απέχουν αρκετά μεταξύ τους μπορεί να εμποδίσει τους χρήστες να φορτώσουν δεδομένα που δεν θέλουν και να χρειαστεί να εισαγάγουν ξανά τις πληροφορίες τους.

✓ Είναι δύσκολο να βρείτε αυτό που αναζητάτε, εάν πρέπει να κάνετε κύλιση προς τα κάτω ή προς τα επάνω πολλές φορές για να φτάσετε στα πράγματα που αναζητάτε.

✓ Όταν υπάρχουν πάρα πολλές συναντήσεις με πεδία εισαγωγής, δεν βοηθούν τον χρήστη. Για κινητές συσκευές, υπάρχουν προκλήσεις χρησιμότητας λόγω του περιορισμένου μεγέθους οθόνης, του προβλήματος στην επιλογή ακρίβειας και της πραγματικότητας ότι οι χρήστες κινητών έχουν γενικά περιορισμένο χρόνο και βρίσκονται εν κινήσει, γεγονός που μειώνει την προσοχή τους στην αλληλεπίδραση. Αυτό ενθαρρύνει τους ανθρώπους να δώσουν προτεραιότητα σε πληροφορίες που είναι εύκολο να βρεθούν. Ωστόσο, μια ποικιλία στοιχείων σχεδίασης μπορεί να βοηθήσει να γίνουν πιο χρηστικές οι αλληλεπιδράσεις με κινητές συσκευές. Ως αποτέλεσμα, είναι σημαντικό να μην επιβαρύνετε υπερβολικά η διεπαφή πελάτη με πολλαπλά στοιχεία, να μειώσετε την εισαγωγή κειμένου, να περιορίσετε την ανάγκη για μεγέθυνση, να αποφύγετε την εσφαλμένη τοποθέτηση των επιλογών αφής και να διατηρήσετε τη συνοχή του συστήματος, ώστε η τεχνογνωσία των χρηστών στην αλληλεπίδραση με υπολογιστή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητά (Paterno , nd).

Το επίπεδο χρηστικότητας ενός συστήματος ή προϊόντος καθορίζεται από έναν συνδυασμό παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των στόχων του χρήστη και του περιβάλλοντος στο οποίο εργάζεται (Soegaard, 2020). Η εμπειρία του πελάτη, όπως η αρχιτεκτονική δεδομένων καθώς και η διεπαφή με τον πελάτη, μπορεί είτε να βοηθήσει είτε να εμποδίσει την ικανότητα του πελάτη να ολοκληρώσει μια εργασία. Είναι αδύνατο να έχουμε μια επιτυχημένη και ικανοποιητική αναζήτηση εάν η

αρχιτεκτονική πληροφοριών ενός ιστότοπου είναι κακή και ο χρήστης έχει προβλήματα να εντοπίσει αυτό που αναζητά.

Η χρησιμότητα είναι ένα από τα πιο κρίσιμα χαρακτηριστικά της Εμπειρίας Χρήστη, γιατί χωρίς αυτό ο χρήστης μπορεί να μην φτάσει στο επιδιωκόμενο αποτέλεσμα χωρίς ανάμειξη. Η χρηστικότητα επικεντρώνεται στα τεχνικά στοιχεία της ολοκλήρωσης μιας εργασίας, ενώ η εμπειρία χρήστη επικεντρώνεται στα συναισθήματα του χρήστη που προκύπτουν τόσο από πρακτικές ανησυχίες όσο και από το πόσο ευχάριστα είναι ορισμένα στοιχεία του συστήματος. Μελέτες έχουν δείξει ότι για τους καταναλωτές, η Ευχρηστία και η Εμπειρία Χρήστη είναι συνώνυμοι όροι, με τους τελευταίους να περιλαμβάνουν πτυχές όπως οι προσδοκίες και οι ευχάριστες εκπλήξεις (Bevan, 2009). Πολλές φορές, οι φράσεις «Χρησιμότητα» και «Εμπειρία Χρήστη» χρησιμοποιούνται εναλλακτικά, γεγονός που θέτει το ζήτημα του τι πραγματικά συνεπάγεται καθεμία από αυτές τις έννοιες. Σίγουρα, η χρησιμότητα που μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια έχει σημαντικό αντίκτυπο στις εμπειρίες των χρηστών. Ωστόσο, δεν είναι η πλήρης εμπειρία χρήστη.

Μελέτες σχετικά με την αποτελεσματικότητα της ενσωμάτωσης κινητών συσκευών καθώς και των εφαρμογών τους στις καθημερινές λειτουργίες του μουσείου έχουν πραγματοποιηθεί σε ποικίλες πτυχές, όπως η ικανοποίηση, η χρησιμότητα, η απλότητα, ο εργονομικός σχεδιασμός, η ικανοποίηση, η πλοήγηση, η λειτουργικότητα, η ανάπτυξη περιεχομένου, τα δεδομένα τοποθεσίας και αποτελεσματική μάθηση με το κανονικό χαρακτηριστικό της παρακολούθησης της αποτελεσματικότητας της χρηστικότητας των κινητών τηλεφώνων και των εφαρμογών τους στα μουσεία⁴. Για τους σκοπούς της αξιολόγησης της χρηστικότητας των εφαρμογών για κινητές συσκευές, υπάρχουν τρεις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται συχνά:

- Εργαστηριακά πειράματα (οι συμμετέχοντες εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες σε ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον χρησιμοποιώντας την υπό διερεύνηση εφαρμογή σε κινητή συσκευή).
- Μελέτες πεδίου, όπου οι χρήστες ερωτώνται για την άποψή τους που προκύπτει από τη χρήση της εφαρμογής με κινητή συσκευή
- Καταγραφή ποσοτικών δεδομένων κατά τη διάρκεια χρήσης της εφαρμογής σε σχέση με τον χρόνο αλλά και την προσπάθεια για ολοκλήρωση διάφορων λειτουργιών.

Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μια ποικιλία προσεγγίσεων για την αξιολόγηση της χρηστικότητας, με την κρίση των χρηστών να παραμένει η πιο θεμελιώδης και πρακτική. Δεδομένου ότι οτιδήποτε μπορεί να δημιουργηθεί και να βελτιωθεί, πιστεύουμε ότι οι αξιολογήσεις των χρηστών μπορεί να είναι το κύριο μέσο βελτιστοποίησης της χρηστικότητας μιας εφαρμογής με βάση τα προαναφερθέντα κριτήρια. Με την κατανόηση ότι το τεστ χρησιμότητας μιας εφαρμογής είναι τόσο καλό όσο τα δεδομένα που λαμβάνει σχετικά με τη δυσκολία και την ικανοποίηση των εργασιών της, καθώς και τις απόψεις των χρηστών που έχουν χρησιμοποιήσει την εφαρμογή (Πυθαρούλιας, n.d.).

4.5. Αξιολόγηση της ευχρηστίας των εφαρμογών

Σε αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνεται έρευνα σχετικά με τη χρήση εφαρμογών για κινητά στη γεωργία. Τα αποτελέσματα επιτόπιων και εργαστηριακών ερευνών φαίνεται να είναι χρήσιμα για τη διαμόρφωση συμπερασμάτων σχετικά με τη χρησιμότητα των εφαρμογών για κινητά. Ακολουθούν ορισμένα από τα θέματα που έχουν συζητηθεί πρόσφατα στη βιβλιογραφία σχετικά με την αξιολόγηση εφαρμογών για κινητά:

- Η επιλογή του χώρου αξιολόγησης
- Η συλλογή και ανάλυση των δεδομένων αξιολόγησης

Σύμφωνα με τους Abran et al. (2016) δημιουργήθηκε ένα πλαίσιο για τη χρήση προτύπου ποιότητας λογισμικού ISO 9126 σε κινητά κλίματα, ειδικά όσον αφορά τις επιπτώσεις των περιορισμών κινητής τηλεφωνίας (περιορισμένη διεπαφή καταναλωτή, κοινή αποσύνδεση αλλά και χαμηλότερο εύρος ζώνης) σύμφωνα με το ISO 25062 καθώς και το ISO 9241 αξιολογείται εμπειρικά. Για το σκοπό αυτό, σε 32 άτομα δόθηκε μια σειρά από δραστηριότητες να κάνουν στα τηλέφωνα τους και αφέθηκαν να σκεφτούν χρησιμοποιώντας τους Χάρτες Google αλλά και τις Εφαρμογές Google για τη συλλογή δεδομένων. Οι σχεδιαστές και οι προγραμματιστές εφαρμογών για κινητές συσκευές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη αυτές τις δυσκολίες χρηστικότητας κατά τη δημιουργία νέων προϊόντων, σύμφωνα με τα ευρήματα της μελέτης.

Σε μια παρόμοια μελέτη, οι Kjeldskov & Stage (2014) προσφέρουν και αναλύουν έξι μεθόδους για την αξιολόγηση της χρήσης κινητών υπολογιστικών

συστημάτων σε εργαστηριακές συνθήκες. Ορισμένες από τις προτεινόμενες μεθόδους περιλαμβάνουν μια ποικιλία σωματικών κινήσεων, όπως η πλοήγηση ή η απόσπαση της προσοχής, σε συνδυασμό με την αναγκαιότητα για σωματική δραστηριότητα. Με αυτά τα εργαλεία, η συλλογή δεδομένων σε κινητές συσκευές μπορεί να βελτιστοποιηθεί, ενώ παράλληλα βοηθά στον εντοπισμό τυχόν σφαλμάτων στη διεπαφή χρήστη ή στη χρηστικότητα της συσκευής.

Ως μέρος της μελέτης τους το 2015, οι Pongnumkul et al. εξέτασαν τις εφαρμογές για κινητά χρησιμοποιώντας ενσωματωμένους αισθητήρες καθώς και την ευρετική βιβλιογραφία για να βρουν τρόπους βελτίωσης της γεωργικής παραγωγικότητας. Οι αισθητήρες smartphone μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη γεωργία χωρίς εξωτερικούς αισθητήρες χάρη σε αυτή τη δημοσίευση, η οποία συνοψίζει τα πιο πρόσφατα ευρήματα από την επιστημονική βιβλιογραφία. Συνολικά 22 έγγραφα που περιγράφουν λεπτομερώς 25 γεωργικές εφαρμογές που βασίζονται σε smartphone και καθορίστηκαν να πληρούν τα κριτήριά μας. Οι πιο συνηθισμένοι αισθητήρες ήταν οι κάμερες αλλά και το GPS. Κάμερες καθώς και GPS χρησιμοποιήθηκαν σε 16 και 14 εφαρμογές, αντίστοιχα, από τις 25 συνολικά. Υπήρχαν μερικά προγράμματα που χρησιμοποιούσαν κάθε έναν από τους ανιχνευτές (μικρόφωνο, επιταχυνσιόμετρο, καθώς και υγροσκόπιο). Οι εφαρμογές που υπάρχουν αυτήν τη στιγμή σε μια τοποθεσία μπορούν να τροποποιηθούν για να λειτουργούν με καλλιέργειες ή περιοχές σε άλλες τοποθεσίες, καθώς η γεωργική δραστηριότητα εξαρτάται από ένα περιβάλλον που ορίζεται από τη γεωγραφία.

Το 2015, οι Steyanovet et al. επινόησαν ένα μέτρο για την αξιολόγηση της χρησιμότητας των εφαρμογών υγείας για κινητά, το οποίο δημοσίευσαν. Για να αξιολογήσουν τη χρηστικότητα μιας εφαρμογής μουσικής για κινητά, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν μια μέθοδο αναλυτικής ιεραρχίας. Πρακτικά σε κάθε τομέα της οικονομίας, η χρήση του Διαδικτύου καθώς και των εφαρμογών έχει αυξηθεί ραγδαία (Stenberg et. Al., 2009). Μεταξύ 1995 και 2008, ο αριθμός των ανθρώπων παγκοσμίως με πρόσβαση στο Διαδίκτυο αυξήθηκε από 16 εκατομμύρια πάνω από 1,5 δισεκατομμύριο, που αποτελούν τα δύο τρίτα των ενηλίκων πολιτών των ΗΠΑ με σύνδεση στο Διαδίκτυο από το σπίτι. Οι καταναλωτές ανησυχούν περισσότερο από ποτέ για την ποιότητα των διαδικτυακών υπηρεσιών στις οποίες μπορούν να έχουν πρόσβαση, ειδικά υπό το φως του πολλαπλασιασμού των εφαρμογών που βασίζονται στο Διαδίκτυο. Σε σύγκριση με άλλους κλάδους, ο γεωργικός τομέας υστερεί όσον αφορά την υιοθέτηση του Διαδικτύου.

Οι Bohmer et al. (2011) ανέλυσε τα αποκτηθέντα δεδομένα της εφαρμογής Appazaar. Λόγω του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τα smartphone τους αυτήν τη στιγμή, η εφαρμογή έχει δημιουργήσει προτάσεις για πρόσθετες εφαρμογές για αυτούς. Επιπλέον, το πρόγραμμα απαθάντισε τον χρόνο και τη γενική θέση που χρησιμοποιούσαν οι ερευνητές για τη μελέτη της εφαρμογής. Η χρήση των δημοσιογραφικών εφαρμογών ήταν πιο διαδεδομένη το πρωί, ενώ τα παιχνίδια ήταν πιο δημοφιλή τη νύχτα, καθώς και οι εφαρμογές επικοινωνίας χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ως αποτέλεσμα της εκτεταμένης συλλογής δεδομένων της εφαρμογής, τα αποτελέσματα είναι συχνά ακριβή.

Έρευνες πριν από τη χρήση αλλά και μετά τη χρήση, καθώς και αξιολογήσεις χρηστικότητας "δυνατής σκέψης" χρησιμοποιήθηκαν από τους Ronan και Wusteman, (2011) για να εξετάσουν τη χρησιμότητα των δυνατοτήτων της εφαρμογής φιλοξενίας για κινητά EBSCO. Το iPhone 3GS ήταν η μοναδική φορητή συσκευή που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την έρευνα για την αξιολόγηση του κεντρικού υπολογιστή EBSCO Mobile. Λένε ότι η διεπαφή πρέπει να τροποποιηθεί για να γίνει πιο εύχρηστη στον πραγματικό κόσμο. Η χρήση κινητού τηλεφώνου μεταξύ των αγροτών του Μπαγκλαντές εμποδίζεται από γλωσσικές δυσκολίες, αναλφαβητισμό, έλλειψη αγγλικής ορολογίας, ανεπαρκή τοπική μετάφραση (Μπενγκάλι) και δημοσιονομικούς περιορισμούς, σύμφωνα με μια μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2011. Ως αποτέλεσμα αυτών των ευρημάτων, φαίνεται ότι απαιτείται πιο ολιστική προσέγγιση για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι χρησιμοποιούν και ενσωματώνουν την τεχνολογία στην καθημερινή τους ζωή. Εννοιολογικά διαγράμματα που συνδυάζουν τις έννοιες της οικειοποίησης και της χρηστικότητας παρουσιάζονται στο αρχικό διάγραμμα. Ο τρόπος ζωής ενός αγρότη είναι κατάλληλος για τη χρήση κινητών συσκευών. Αυτό το άρθρο ακολουθεί μια θεωρητική προσέγγιση για τη διερεύνηση της πρακτικής χρήσης της μάθησης μέσω συσκευών κινητής τηλεφωνίας (m-learning) σε γεωργικά περιβάλλοντα. Η κινητή μάθηση (m-learning) είναι πιο δημοφιλής στην αγροτική εκπαίδευση παγκοσμίως την τελευταία δεκαετία, ειδικά σε τομείς όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία, καθώς και η αλιεία (Δανία, Ιράν, ΗΠΑ, Νότια Αμερική κ.λπ.). Στο τρέχον οικονομικό περιβάλλον, προσφέρει μια ανεπίσημη καθοδήγηση στη διαδικασία παραγωγής (μέθοδοι καλλιέργειας, φυτοπροστασία, καλλιέργεια) μέσω άμεσης ή δευτερεύουσας αλληλεπίδρασης μεταξύ εκπαιδευτή και εκπαιδευόμενου επιπλέον, παρέχει μια λογική προσέγγιση για την εκμάθηση εξειδικευμένων γνώσεων (Yaghoubi, 2010).

Χρησιμοποιώντας τις ΤΠΕ στη γεωργική έρευνα και ανάπτυξη, οι Porcari et al. διεξήγαγε μια μελέτη το 2009 για να εντοπίσει τις αναδυόμενες τάσεις και δυνατότητες. Για να εξασφαλιστεί μια πιο βιώσιμη γεωργική βιομηχανία και μια γεωργικά παραγωγικότερη έρευνα, η παγκόσμια ευρετική κοινότητα βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη γνώση, τις πληροφορίες και τη φυσική και κοινωνική υποδομή για να τις υποστηρίξει. Οι μέθοδοι με τις οποίες οι ερευνητές, οι ακαδημαϊκοί και οι επαγγελματίες ανάπτυξης παράγουν, μοιράζονται και αφορούν γεωργικές πληροφορίες μετατρέπονται με τη χρήση Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) λόγω επενδύσεων σε υποδομές και συνεργασίες μεταξύ των ηλεκτρονικών πεδίων της επιστήμης, των γρήγορων καινοτομιών στις ηλεκτρονικές συσκευές, και τις συνδεσιμότητα σε αγροτικές περιοχές (ΤΠΕ). Οι Mishra & Park (2005) διεξήγαγαν μια έρευνα για τους λόγους για τους οποίους οι αγρότες υιοθετούν διαδικτυακές εφαρμογές.

Η μάθηση, το μέγεθος της εκμετάλλευσης, οι γεωργικές συμφωνίες, η ετερογένεια των εκμεταλλεύσεων, καθώς και η θέση των εκμεταλλεύσεων προσδιορίστηκαν ως σημαντικά στοιχεία στο μοντέλο δεδομένων μέτρησης. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι μεταξύ των πιο κοινών χρήσεων του Διαδικτύου στις αμερικανικές αγροτικές οικογένειες ήταν η παρακολούθηση τιμών, η πρόσβαση σε γεωργικά δεδομένα από το USDA και η μετάδοση δεδομένων μεταξύ υπολογιστών. Σύμφωνα με την ολοκληρωμένη ανασκόπηση των ερευνών των Kjeldskov και Graham που αφορά τη χρήση εφαρμογών για κινητά από πραγματικούς χρήστες που δημοσιεύθηκε μεταξύ 2000 και 2002, το 71% αυτών των ερευνών διεξήχθη στο ερευνητικό εργαστήριο και μόνο το 19% διεξήχθη στον πραγματικό κόσμο για τον οποίο προορίζονται οι εφαρμογές. Έχουν επίσης τεκμηριωθεί καταστάσεις στις οποίες πραγματοποιήθηκαν μελέτες σε εργαστηριακές αίθουσες που είχαν σκοπό να μιμηθούν τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας στην οποία θα χρησιμοποιηθεί η δοκιμασμένη εφαρμογή, σύμφωνα με τους Beck et al. 2003. Ως υβριδική προσέγγιση, επιχειρεί να συνδυάσει το καλύτερο και των δύο πλευρών: την ακρίβεια και την οικονομία των εργαστηριακών μελετών με τη «ρεαλιστική» αίσθηση των μελετών πεδίου.

Το νέο παράδειγμα που παρουσιάστηκε από τους Zhang και Adipat (2005) περιέχει τέσσερις κρίσιμες απόψεις. Δηλαδή, ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται οι πληροφορίες, το πώς εισάγονται τα δεδομένα, ποιος είναι ο χρήστης, καθώς και το περιβάλλον κινητής τηλεφωνίας παίζουν ρόλο. Υπάρχουν πολλοί που υποστηρίζουν

ότι στον πραγματικό κόσμο, οι άνθρωποι μπορούν να σταθούν και ακόμη και να κινηθούν. Επιπλέον, είναι σε θέση να διασχίζουν πολυσύχναστους δρόμους με επαρκή ποσότητα θορύβου και ανεπαρκή φωτισμό. Κατά τη διαδικασία δοκιμής, είναι αδύνατο να αγνοηθούν τα ζητήματα που προκύπτουν κατά τη χρήση ενός φορητού προγράμματος στο περιβάλλον που προορίζεται. Ωστόσο, όταν αντιμετωπίζουμε το ζήτημα των μεταβλητών πλαισίων, ο σχεδιασμός διεπαφής γίνεται πολύ πιο δύσκολος.

4.6. Αγροτική διαχείριση μέσω κινητών εφαρμογών

Έχει αυξηθεί η χρήση φορητών υπολογιστικών συσκευών (όπως φορητοί υπολογιστές, tablet, smartphone) σε αγροτικές περιοχές εξαιτίας των παρακάτω παραγόντων: των αναγκών για γρήγορες αποφάσεις, της πολυπλοκότητας των αγροτικών οικονομικών προβλημάτων και της αύξησης της ποσότητας πληροφοριών που πρέπει να αναλυθεί γρήγορα και να εφαρμοστεί. Πράγματι, οι ακαδημαϊκοί που μελετούσαν τις οικονομικές ανησυχίες και τις δυσκολίες της υπαίθρου ήταν από τους πρώτους που χρησιμοποίησαν τεχνολογία για να αξιολογήσουν και να επεξεργαστούν τα ερευνητικά τους δεδομένα, τόσο παγκοσμίως όσο και στην Ελλάδα. Κάπου στην εκδήλωση Science with Africa, η Πρόεδρος της Λιβερίας Ellen Johnson Sirleaf σημείωσε ότι κανένα έθνος δεν αναπτύχθηκε ποτέ χωρίς τη βοήθεια της τεχνολογίας και της επιστήμης, είτε μέσω της τεχνολογικής μεταφοράς είτε της εγχώριας προόδου (Mekonnen et. Al, 2012). Καθίσταται επιτακτική ανάγκη να ενισχυθεί η αγροτική οργάνωση ως αποτέλεσμα της αυξημένης χρήσης της τεχνολογίας.

Οι φορητές συσκευές είναι όλο και πιο δημοφιλείς τα τελευταία χρόνια, επιτρέποντας στους ανθρώπους να έχουν πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα σύγχρονων ηλεκτρονικών υπηρεσιών. Τα σύγχρονα άτομα βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε smartphone και άλλες κινητές συσκευές για να πραγματοποιήσουν πολλές από τις καθημερινές τους ρουτίνες (Jaimes, 2006). Όταν πρωτοεμφανίστηκαν οι υπολογιστές, ενσωματώθηκαν στο σχεδιασμό ενός γραφείου, ενός σπιτιού ή ενός χώρου εργασίας. Αυτό έχει αλλάξει κατά την προηγούμενη δεκαετία. Οι υπολογιστές δεν περιορίζονται πλέον στον χώρο εργασίας. Εμφανίζονται πλέον σε μια ποικιλία ρυθμίσεων και χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα πλαισίων.

Καθώς η ασύρματη τεχνολογία προχωρά και οι σύγχρονες φορητές συσκευές (όπως κινητά τηλέφωνα, PDA και υπολογιστές τσέπης) χρησιμοποιούνται ευρύτερα, εμφανίζεται ένας αυξανόμενος αριθμός σύγχρονων ηλεκτρονικών εφαρμογών, ιδιαίτερα για το περιβάλλον της επιστήμης των υπολογιστών για ενισχυμένη κινητικότητα, π.χ. στο να διευκολύνει τους ανθρώπους να χρησιμοποιούν ασύρματη συνδεσιμότητα παρέχοντάς τους συνδεσιμότητα με πολλά χρήσιμα δεδομένα ανά πάσα στιγμή (Li & Liao, 2000). Οι φορητές συσκευές γίνονται ολοένα και πιο διαδεδομένες στον σημερινό χώρο εργασίας. Έχουν περάσει μερικά χρόνια από τότε που οι φορητοί υπολογιστές και τα tablet, όπως τα smartphone και τα tablet, έχουν γίνει πιο συνηθισμένες (Johnson et al., 2010). Η μόνη επιλογή ανάπτυξης και προώθησης των γεωργικών πρακτικών και του ανταγωνισμού της ελληνικής γεωργίας είναι μέσω της χρήσης κινητών επικοινωνιών με έξυπνο εξοπλισμό και εφαρμογές προσαρμοσμένες στις ελληνικές γεωργικές μεθόδους (Λάντζος, 2014). Προκειμένου να ενθαρρυνθούν οι αγρότες στο να ασχοληθούν με την τεχνολογία γεωργίας ακριβείας, η νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική για το χρονικό πλαίσιο 2014-2020 περιλαμβάνει οικονομικά κίνητρα και μηχανισμούς βοήθειας στον Πυλώνα 2. Λόγω του έντονου ανταγωνισμού που αντιμετωπίζουν οι αγρότες, είναι πλέον ευρέως αποδεκτό ότι η σύγχρονη τεχνολογία (με απώτερο στόχο την υιοθέτηση της γεωργίας ακριβείας) είναι κατάλληλη και απαραίτητη. Με πρωταρχική ιδέα την «επένδυση σε εξοπλισμό για μείωση του κόστους κατασκευής αλλά και αύξηση του όγκου και της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων», δήλωσε στο Αθηναϊκό Μακεδονικό Πρακτορείο Ειδήσεων, ο Βιοϊατρικός μηχανικός Δημήτρης Κούας. Σύμφωνα με τον ίδιο, οι σύγχρονοι Έλληνες αγρότες υιοθετούν ολοένα και περισσότερες νέες τεχνολογίες για τη βελτίωση της ποιότητας και της παραγωγής των προϊόντων τους, μειώνοντας παράλληλα τα έξοδα, αφού λειτουργούν ως σύγχρονοι επιχειρηματίες. (<http://www.dikaiologitika.gr>).

4.7. Εφαρμογές φορητών συσκευών για το γεωργικό τομέα

Οι εταιρείες έχουν πολλά να κερδίσουν, ειδικά δεδομένης της διάσπαρτης τοποθεσίας και της μέτριας διάστασής τους (σε όρους απασχόλησης ή κύκλου εργασιών), αλλά η τιμή υλοποίησης μειώνεται σε αυτήν των μικρότερων επιχειρήσεων, σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα (Warren, 2004). Η τεχνολογία στη

βιομηχανική διαδικασία είναι σταδιακή, σημαντικά πιο αργή από άλλα προηγμένα ευρωπαϊκά έθνη, παρόλο που η γεωργία είναι μια σημαντική δραστηριότητα. Δεν είναι σαφές εάν αυτό οφείλεται σε άλλες προτεραιότητες ή σε έλλειψη γνώσεων στη γεωργία.

Μέχρι το 2003, ο Ιστός δεν είχε καν σημαντική επίδραση στην ελληνική γεωργία, όπως αναφέρουν οι Σαμαθράκης & συνεργάτες. Η αύξηση της χρήσης των ΤΠΕ σε γεωργικές δραστηριότητες θα απαιτούσε πρόσθετη βοήθεια από κυβερνητικούς φορείς και πρωτοβουλίες, έγραψαν στη μελέτη τους. Οι πιο τεχνολογικές εφαρμογές (υψηλά αυτοματοποιημένες κ.λπ.) είναι πιο δημοφιλείς. Το δυναμικό της τεχνολογίας της πληροφορίας δεν έχει ακόμη αξιοποιηθεί πλήρως από την κυβέρνηση και τις επιχειρήσεις, παρά το γεγονός ότι υπήρξαν ορισμένες σημαντικές χρήσεις. Καθώς αυτές οι τεχνολογίες γίνονται ευρύτερα αποδεκτές, αναμένεται ότι οι γεωργικές δραστηριότητες θα οργανωθούν και θα διαχειριστούν καλύτερα στο μέλλον. Το ποσοστό των νεότερων κατασκευαστών που χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο για εμπορικούς σκοπούς φαίνεται να είναι μεγαλύτερο από αυτό των «παλαιότερων» κατασκευαστών, σύμφωνα με αρκετές δημοσκοπήσεις. Η έλλειψη πρόσβασης στο Διαδίκτυο στον αγροτικό τομέα επιδεινώνεται από τη χαμηλή εκπαίδευση και το εισόδημα, καθώς και από τα μικρά μεγέθη εκμεταλλεύσεων (Hopkins, Morehart, 2001). Σύμφωνα με τη Statista Inc., υπήρχαν μόνο 300.000 εφαρμογές για κινητές συσκευές στο AppStore κατά τη διάρκεια του 2010. Περίπου 1,5 εκατομμύριο άτομα έκαναν αίτηση το 2015, μια αύξηση 400 τοις εκατό μέσα σε μόλις 5 χρόνια. Η γεωργία έχει επίσης δει μια δραματική αύξηση στον αριθμό των εφαρμογών για κινητές συσκευές. Είναι σχεδόν δύσκολο να συμβαδίσετε με τον συνεχώς διευρυνόμενο αριθμό προγραμμάτων καλλιέργειας που είναι προσβάσιμα στα πιο δημοφιλή καταστήματα εφαρμογών.

Πράγματι, η εφαρμογή smartphone είναι η καλύτερη απεικόνιση της σύγχρονης αγροτικής νοημοσύνης. Οι εν κινήσει αγρότες και καταστηματάρχες είναι πλέον σε θέση να πραγματοποιούν ζωτικές λειτουργίες όποτε και όπου το χρειάζονται χάρη στην τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας. (<https://www.statista.com>)

4.8. Κατηγορίες εφαρμογών της κινητής τεχνολογίας στον τομέα της γεωργίας

Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών ΤΠΕ στη γεωργία για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας. Πολλά χρήσιμα προγράμματα μπορούν να βρεθούν κάνοντας μια απλή αναζήτηση στο διαδίκτυο. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι κατηγοριοποίησης των εφαρμογών ΤΠΕ, όπως:

□

- Συστήματα εφαρμογών ηλεκτρονικού εμπορίου (e-Business) □
- Συστήματα υποστήριξης και λήψης αποφάσεων □
- Συστήματα εκπαίδευσης και επιμόρφωσης □
- Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών □
- Συστήματα υποστήριξη της βιολογικής καλλιέργειας □
- Πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης αγροτικών επιχειρήσεων □
- Μεγιστοποίηση των αποδόσεων με συστήματα για την γεωργική διαχείριση □
- Αγροτικές εφαρμογές ακρίβειας (precision agriculture).
- Εφαρμογές που λένε στους αγρότες πότε πρέπει να ποτίζουν τις καλλιέργειές τους. □
- Εφαρμογές που συμβάλλουν στον εξορθολογισμό της παραγωγικής διαδικασίας μιας εταιρείας. Το πρόγραμμα συνδέεται με όλες τις επιχειρήσεις που αγοράζει ο αγρότης, είτε υπηρεσίες είτε εξοπλισμό, και τον ενημερώνει σε πραγματικό χρόνο, για το ποια στιγμή είναι τα οικονομικά της επιχείρησής του. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα έξοδα που πραγματοποιούνται είναι τεκμηριωμένα. □
- Εφαρμογές φιλικές προς τους αγρότες που ενημερώνουν τους αγρότες ποια φυτοπροστατευτικά μέσα μπορούν να χρησιμοποιήσουν και πόσο να χρησιμοποιήσουν με βάση την καλλιέργεια και το είδος της μόλυνσης. Η χρήση της τεχνολογίας κινητής τηλεφωνίας από εφαρμογές για τη λήψη πληροφοριών σχετικά με την αγορά, συμπεριλαμβανομένης της τιμολόγησης □
- Εφαρμογές που χρησιμοποιούν κινητή τεχνολογία για να ανακτήσουν γεωπονικές πληροφορίες και συμβουλές □
- Οι κινητές τεχνολογίες όπως το RFID, το Wifi και οι κινητές επικοινωνίες, για την επωνυμία, την ιχνηλασιμότητα και τη διατήρηση της ταυτότητας, επιτρέπουν

πιο αποτελεσματικά γεωργικά μηχανήματα και διαδικασίες, καθώς και την ιχνηλασιμότητα της μεταφοράς και της πώλησης γεωργικών αγαθών. □

- Εφαρμογές παρακολούθησης επιχειρήσεων, τον ποιοτικό έλεγχο και την παρακολούθηση των προϊόντων □
- Εφαρμογές Logistics για τις επιχειρηματικές διαδικασίες □
- Εφαρμογές συγκέντρωσης ειδήσεων που σχετίζονται με τη γεωργία (π.χ. καιρός). Οι ανάγκες ενός ατόμου και των καλλιεργειών του καθορίζουν πόσο ωφέλιμη θα είναι για αυτόν οποιαδήποτε από τις προαναφερθείσες εφαρμογές. Σε κάθε περίπτωση, η τεχνολογία είναι διαθέσιμη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς όφελος όλων.

4.9. Τα οφέλη για τον γεωργό από τη χρήση εφαρμογών αγροτικής διαχείρισης

Αυτές οι εφαρμογές προορίζονται για τη διαχείριση αγροτικών περιουσιών και για πιο εύλογες κρίσεις γενικά. Το φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον της εφαρμογής καθιστά δυνατή την μεθοδική και συστηματική καταγραφή οικονομικών και τεχνικών δεδομένων και στη συνέχεια τον υπολογισμό του οικονομικού αποτελέσματος.

Χρησιμοποιώντας εφαρμογές γεωργικής διαχείρισης, ένας αγρότης μπορεί να κάνει τα εξής: □

- Είναι δυνατή η λειτουργία του αγροκτήματος από οπουδήποτε, καθώς η γεωργία είναι κινητή. □
- Διατήρηση αντιγράφων από την περιοχή για να εξοικονομήσει ενέργεια όταν επιστρέφει στο σπίτι και οι περισσότερες από τις εργασίες διαχειριστή έχουν ήδη ολοκληρωθεί. □
- Να έχει πραγματικά δεδομένα για να λαμβάνει καλύτερες αποφάσεις □
- Να συγκεντρώνει όλες τις πληροφορίες του σε ένα μόνο σημείο □
- Προσδιορισμού ποιες καλλιέργειες, αγροκτήματα, μηχανήματα ή εργαζόμενοι είναι οι πιο παραγωγικοί για να αυξηθεί ανταγωνιστικότητα. □
- Βελτίωση των αποφάσεων εισροών, προγραμματισμός των καλλιεργειών, επενδύσεις σε μηχανήματα, τη χρηματοδοτική μίσθωση και ούτω καθεξής.

4.10. Κινητές Εφαρμογές για τον Αγροτικό Χώρο

Η βιολογική γεωργία έχει ωφεληθεί από τη γρήγορη εμφάνιση εφαρμογών για κινητά. Σύμφωνα με τα λόγια των Κωστοπούλου κ.α. (2016), τα πλεονεκτήματα αυτών των εφαρμογών περιλαμβάνουν βελτιωμένη πρόσβαση σε πληροφορίες, βελτιωμένη βοήθεια υπηρεσιών, βελτιωμένες συνδέσεις με την αγορά και τα κανάλια διανομής και βελτιωμένες ευκαιρίες χρηματοδότησης.

Υπάρχει πλέον μεγάλος αριθμός εφαρμογών στον τομέα της γεωργίας. Όλες οι εφαρμογές εκτός είναι επωφελείς για έναν συγκεκριμένο τύπο δεδομένων, ενώ ορισμένες είναι καλές για μια ποικιλία δεδομένων. Ορισμένες είναι μόνο εξισώσεις υπολογιστή για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Οι αγροτικές εφαρμογές για κινητά ταξινομούνται από τους Arogundade et al. (2019) στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Εφαρμογές για γεωργικές καλλιέργειες.
- Πολυπληροφορικές κινητές εφαρμογές
- Υπολογιστικές κινητές εφαρμογές.
- Διαγνωστικές κινητές εφαρμογές.
- Αγρο-ακαδημαϊκές κινητές εφαρμογές.
- Αγρο-επαγγελματικές κινητές εφαρμογές.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι κατηγορίες και παρέχονται παραδείγματα για κάθε μία.

5. Κινητή εφαρμογή γεωργικών καλλιεργειών

Οι εφαρμογές κινητών συσκευών μπορούν βοηθήσουν τους αγρότες και τους παραγωγούς να καλλιεργούν και να συγκομίζουν καλλιέργειες. Να εκπαιδεύσουν το κοινό σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές, την αγορά, το κλίμα και άλλα σχετικά θέματα (Castro et al., 2019). Επεξηγήσεις:

• Agri-app: Η Criyagen δημιούργησε αυτήν την εφαρμογή, η οποία απαιτεί όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης για χρήση. Οι καλλιέργειες αγρού, όπως η ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο, το καλαμπόκι, το καρπούζι και το βαμβάκι περιλαμβάνονται σε αυτό το σύνολο μεθόδων. Οι ποικιλίες που έχουν τεκμηριωθεί στη βιβλιογραφία περιλαμβάνονται στο πακέτο πρακτικής. Υπήρχε μια επιλογή συνομιλίας και τηλεφώνου για τους χρήστες να λάβουν βοήθεια με αυτήν την εφαρμογή, καθώς και πρόσβαση σε γεωργικές ενημερώσεις για αγροτικές περιοχές. Επιπλέον, υπάρχουν

πληροφορίες για την καλλιέργεια ροδιού, την καλλιέργειαμανιταριών, την εκτροφή ζώων κ.λπ. που περιλαμβάνονται στην εφαρμογή.

- Εφαρμογές καιρού: Οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτά τα προγράμματα για να προβλέψουν τον καιρό. Οι εφαρμογές που σχετίζονται με τον καιρό είναι αυτές που χρησιμοποιούνται συνήθως στις αγροτικές επιχειρήσεις, π.χ. μετεωρολογική εφαρμογή skymet. Τα δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών συλλέγονται, επεξεργάζονται και στη συνέχεια διατίθενται στον χρήστη μέσω αυτής της εφαρμογής. Οι κλιματικές αλλαγές στη γεωργία καθώς και η πρόγνωση του καιρού για τις επόμενες επτά ημέρες περιλαμβάνονται επίσης σε αυτήν την εφαρμογή. Τελικά, ο αγρότης μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτό το λογισμικό για να σχεδιάσει γεωργικές εργασίες όπως η συγκομιδή και η φύτευση, για παράδειγμα, το πρόγραμμα του καιρού.

- Εφαρμογές διαχείρισης ασθενειών: Η φροντίδα των φυτών και ο έλεγχος των λοιμώξεων απαιτούν τη χρήση ορισμένων εφαρμογών, όπως το Phytosanitary του APS. Σε αυτήν την εφαρμογή μπορείτε να βρείτε στοιχεία για την ντομάτα καθώς και το γρασίδι. Αναλύει την ασθένεια και την παραμόρφωση των φυτών στις φάσεις διαμόρφωσης χρησιμοποιώντας ένα διαδραστικό περιβάλλον για αγρότες και καλλιεργητές. Για κάθε ασθένεια και πάθηση, δίνει πληροφορίες για την έναρξη των πρώιμων συμπτωμάτων (Rathnayake et al., 2019).

5.1. Πολυπληροφοριακές εφαρμογές για κινητά

Πληροφορίες για τα πάντα, από τη φύτευση έως την πώληση είναι διαθέσιμες μέσω αυτών των διεπιστημονικών εφαρμογών κινητής, γεωργίας (Kaur et al., 2020).

Παραδείγματα

- IFFCO App: Η τιμολόγηση των καλλιεργειών από πηγές όπως η Agmarket ή η National Commodity καθώς και η Derivatives Exchange Limited μπορεί να βρεθεί σε αυτήν την εφαρμογή, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους αγρότες (NCDEX). Αυτό το λογισμικό παρέχει επαγγελματική καθοδήγηση και μηνύματα σε 10 ινδικές γλώσσες για τους αγρότες. Οι αγρότες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε διάφορες πηγές πληροφοριών για συγκεκριμένες καλλιέργειες χρησιμοποιώντας αυτήν την εφαρμογή, η οποία παρέχει συνδέσμους προς τέτοιες πηγές. Επιπλέον, υπάρχει μια κατηγορία ειδήσεων σε αυτήν την εφαρμογή όπου οι αγρότες μπορούν να εξάγουν ενημερώσεις για τρέχουσες κυβερνητικές πρωτοβουλίες ή πρωτοβουλίες τρίτων,

όπως κάρτες υγείας ζώων κ.λπ. Επειδή παρέχει όλα τα δεδομένα σε ένα μέρος, αυτό το λογισμικό είναι αρκετά χρήσιμο.

•myRML: Με τη βοήθεια του Reuters Market Light (RML), κατασκευάστηκε ένα περίπλοκο λογισμικό που παρέχει δεδομένα για ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, συμπεριλαμβανομένων των γεωργικών πρακτικών και του καιρού. Μια ποικιλία μεγάλων καλλιεργειών όπως ρύζι, σιτάρι, μπιζέλια αλλά και ντομάτες μπορεί επίσης να βρεθεί στην εφαρμογή. Περιλαμβάνει πολλές τεχνικές, όπως ο συντηρητισμός στη γεωργία και την πτηνοτροφία καθώς και στην κτηνοτροφία καθώς και στη βιολογική γεωργία (Sambhudas et al., 2018).

5.2. Υπολογιστικές εφαρμογές για κινητές συσκευές

Αυτός ο τύπος λογισμικού χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των αναγκών γεωργικών εισροών και εκροών. Οι γεωπόνοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό για να εκτιμήσουν τη χρήση φυτοφαρμάκων, τις αποδόσεις των σπόρων, τις απώλειες συγκομιδής και την πυκνότητα φύτευσης. Πολλές από αυτές τις εφαρμογές περιγράφονται σε μεγάλο βάθος εδώ (Abdelrahman et al., 2020). Περιπτώσεις πριν και κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, το πρόγραμμα απώλειας Ag PhD αξιολογεί τις απώλειες απόδοσης ανά στρέμμα, που κυμαίνονται από σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, σόγια, καθώς και καλαμπόκι, μεταξύ άλλων. Η πιο πρόσφατη τιμή καλλιέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη απώλειας χρημάτων καθώς και αποτυχίας καλλιέργειας ανά στρέμμα με αυτό το λογισμικό. Χρησιμοποιώντας αυτό το εργαλείο, μπορεί να υπολογίσει πόσο χρειάζεται για να διατηρηθεί η πυκνότητα φύτευσης ανά στρέμμα. Βοηθά επίσης τους αγρότες να διατηρήσουν τη γενική διάθεση του πληθυσμού. Οι συγκεντρώσεις αζώτου, φωσφόρου και καλίου στο έδαφος μπορούν να μετατραπούν σε δόσεις λιπάσματος χρησιμοποιώντας τον Υπολογιστή Λιπασμάτων. Είναι διαθέσιμοι έντεκα εναλλακτικοί συνδυασμοί δόσεων λιπασμάτων και θρεπτικών ουσιών (Kaur et al., 2020).

5.3. Διαγνωστικές εφαρμογές για κινητές συσκευές

Τα σφάλματα και οι ασθένειες διαφορετικών καλλιεργειών μπορούν να διαγνωστούν χρησιμοποιώντας αυτές τις εφαρμογές για κινητά. Επιπλέον, αυτά τα προγράμματα

επιτρέπουν τη διάγνωση θεμάτων που σχετίζονται με το πεδίο (Castro et al., 2019).

Περιπτώσεις

Ελλείψεις σε Ag PhD: Σημάδια ελλείμματος σε 36 διακριτές φωτοκαλλιέργειες απεικονίζονται σε μια εφαρμογή που δημιουργήθηκε από την Ag PhD. Επίσης περιλαμβάνονται σημαντικά συμπτώματα ανεπάρκειας 14 μετάλλων, όπως η ανεπάρκεια ψευδαργύρου στο ρύζι, σε πολλές κοινές καλλιέργειες.

Αναγνώριση και διαχείριση παρασίτων σε γεωργικά χωράφια από διδάκτορες: Αναπτύχθηκε από την Ag PhD, αυτό το λογισμικό παρέχει γενικές λεπτομέρειες για τα ζώφια, τα ζιζάνια, καθώς και φωτογραφίες τους. Αυτό το είδος λογισμικού είναι ωφέλιμο τόσο για τους αγρότες όσο και για τους υπαλλήλους τους. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της εφαρμογής είναι η δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων παρασίτων σε μια εφαρμογή για συγκεκριμένο πεδίο. Με αυτήν την εφαρμογή, ένας αγρότης μπορεί επίσης να μοιραστεί τις σκέψεις του. Το Soil Web είναι ένα πρόγραμμα με δυνατότητα GPS που επιτρέπει σε πραγματικό χρόνο προσβασιμότητα στα αποτελέσματα ερευνών εδάφους USDA-NRCS, συμπεριλαμβανομένων πληροφοριών τύπου εδάφους και εις βάθος αναλύσεων εδάφους, ανεξάρτητα από την τρέχουσα περιοχή του χρήστη (Kaur et al., 2019).

5.4. Αγρο ακαδημαϊκές κινητές εφαρμογές

Τις περισσότερες φορές, αυτά τα προγράμματα χρησιμοποιούνται σε ακαδημαϊκά περιβάλλοντα για να βοηθήσουν τους μαθητές στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών και της ορολογίας. Φοιτητές, πρόσφατοι απόφοιτοι γεωργίας, ειδικοί, επιστήμονες και άλλοι στον αγροτικό κλάδο επηρεάζονται, όπως και οι αγροτικοί υπάλληλοι. Ενσωματώνει λεξικά όπως γενετικές, εντομολογικές και γεωργικές εφαρμογές λεξικών, καθώς και εκπαιδευτικούς πόρους. Η γεωργία, η κτηνοτροφία, η κηπουρική και η εκτροφή φυτών περιλαμβάνονται όλα σε ένα γλωσσάρι γεωργικής ορολογίας. Ειδικοί στις γεωργικές στατιστικές από την Ευρωπαϊκή Ένωση δημιούργησαν το γλωσσάρι με περισσότερες από 6500 λέξεις (Kerns & Lee, 2017).

5.5. Αγρο-επαγγελματικές κινητές εφαρμογές

Οι αγρότες, οι γεωργοί ερευνητές και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής μπορούν όλοι να επωφεληθούν από αυτές τις εφαρμογές. Μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών για

κινητές συσκευές είναι διαθέσιμη, συμπεριλαμβανομένης της γεωργικής επέκτασης, της επισήμανσης έρευνας, των εργαστηριακών χρήσεων διαφορετικών διαδικασιών όπως η PCR (συνδυασμός αλυσιδωτής απόκρισης πολυμεράσης, δοκιμές εδάφους κ.λπ.) Παραδείγματα

- Εργαστηριακές εφαρμογές: Συγκεκριμένες εργαστηριακές διαδικασίες, όπως η αλυσιδωτή απόκριση πολυμεράσης (PCR) και η δοκιμή εδάφους σε πραγματικό χρόνο, μπορούν να προσδιοριστούν χρησιμοποιώντας τις εφαρμογές σε αυτόν τον τομέα. Χρειάζεται εξειδίκευση σε έναν συγκεκριμένο τομέα. Η τυποποίηση και ο υπολογισμός των στοιχείων πρωτοκόλλου γίνονται ευκολότερα με τη βοήθεια αυτών των προγραμμάτων.

- Εφαρμογή επισήμανσης της έρευνας: Η Elsevier δημιούργησε αυτήν την εφαρμογή, η οποία είναι πιο ωφέλιμη για τους ερευνητές και τους επιστήμονες για να εντοπίσουν νέες ερευνητικές εργασίες και ενημερωμένες πληροφορίες. Συνολικά, η συλλογή περιλαμβάνει περισσότερες από 20.000 διαφορετικές εκδόσεις.

- Εφαρμογή Έρευνας για την Αγροτική Πολιτική: Οι σημερινές πολιτικές είναι σημαντικός παράγοντας για τον καθορισμό του μέλλοντος της χώρας. Η γεωργική πρόοδος εξαρτάται από τις έγκαιρες ενημερώσεις της έρευνας πολιτικής προς όφελος των μελλοντικών γενεών επιστημόνων (Holtorf et al., 2016).

5.6. Κινητές Εφαρμογές για τη Βιολογική Γεωργία

Υπήρχαν δύο μεγάλα ψηφιακά κανάλια διανομής για κινητά, το Google Play για εφαρμογές Android καθώς και το Apple App Store για εφαρμογές iOS, που αναζητήθηκαν για εφαρμογές που σχετίζονται με τη Βιολογική Γεωργία. Σε όλη την αναζήτηση βρέθηκαν 169 αγροτικές εφαρμογές.

Οι εφαρμογές Android και iOS για βιολογική γεωργία μπορούν να βρεθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Kisan.net: Καλύπτεται ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, όπως η γεωργία, η κηπουρική, η κτηνοτροφία, η άρδευση, η μετασυλλεκτική επεξεργασία, η βιοτεχνολογία, οι βιολογικές τεχνολογίες, η βιολογική γεωργία, τα αγροχημικά, οι αγροτικές υπηρεσίες, η γεωργική χρηματοδότηση και τα ανανεώσιμα καύσιμα.

- e-krushika: Για την διαδικτυακή αγορά μηχανημάτων, βιολογικών ειδών και διατροφής.

6. Δημιουργία κινητής εφαρμογής για τον περιορισμό του αείλανθου.

Η γεωργία ακριβείας μπορεί να εφαρμοστεί σε συγκεκριμένα πεδία αγρού και σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές για την καταπολέμηση των ζιζανίων.

Για την υλοποίηση μιας τέτοιας ψηφιακής εφαρμογής μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα εξής συστήματα:

- Παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης GPS – GNSS
Μέσω του GPS ο αγρότης έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει πληροφορίες για τη θέση, το υψόμετρο, την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης του σημείου για το οποίο θέλει να καλλιεργήσει. Έτσι ο γεωργός θα πρέπει να εγκαταστήσει δέκτη GPS ο οποίος να βρίσκεται σε σημείο στο οποίο μειώνονται στο λιγότερο δυνατόν οι παρεμβολές από φυσικά εμπόδια (πχ. Βουνά), ώστε να έχει την καλύτερη δυνατή επικοινωνία με δορυφορικά συστήματα για να αποφευχθεί η οποιαδήποτε καθυστέρηση σήματος που μπορεί να οδηγήσει σε ανακρίβεια στο υπολογισμένο ψευδοεύρος όπως ήδη έχουμε αναφέρει.

- GIS το οποίο παρέχει την δυνατότητα στο γεωργό να χαρτογραφήσει σε πραγματικό χρόνο το πεδίο του αγρού και να συλλέξει πληροφορίες σχετικές με τον τύπο του εδάφους, τον πληθυσμό των ζιζανίων, τον χάρτη αποστράγγισης και τον χάρτη παραγωγής, ηλεκτρική αγωγιμότητα, περιεκτικότητα και τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους.
- Σημαντικός παράγοντας στην δημιουργία μιας τέτοιας ψηφιακής εφαρμογής είναι η χρήση των κατάλληλων αισθητήρων εδάφους οι οποίοι παρέχουν στον αγρότη πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Τέτοιου είδους αισθητήρες είναι οι εξής:
 - i. αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής σε καλλιέργειες μηχανικής συγκομιδής και μη,
 - ii. αισθητήρες οι οποίοι ανιχνεύουν τις ποιοτικές ιδιότητες του σπόρου
 - iii. αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας εδάφους
 - iv. αισθητήρες για συστήματα διαχείρισης άρδευσης
 - v. αισθητήρες για τον αγρό
 - vi. αισθητήρες για την μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος
 - vii. αισθητήρες για την ανίχνευση ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο έδαφος
 - viii. αισθητήρες λίπανσης
 - ix. αισθητήρες για φυτά και ζιζάνια

- Επίσης, πρέπει να χρησιμοποιηθούν συστήματα με μεταβλητές εφαρμογές VRA από τα οποία ο αγρότης λαμβάνει την καλύτερη δυνατή εισροή από την

έκταση του αγρού που επιθυμεί να καλλιεργήσει καθώς του παρέχονται πληροφορίες σχετικά με:

- i. Τη δυνατότητα του να γνωρίζει εάν στο χωράφι του υπάρχουν ζιζάνια
- ii. Ποια σπορά είναι πιο αποδοτική
- iii. Και με ποία σπορά θα έχει τα λιγότερα έξοδα και τα μεγαλύτερα κέρδη

- Τη χρήση drone που θα παρέχει υψηλής ευκρίνειας εικόνες που θα χρησιμοποιούνται τόσο για την πρόληψη των ζιζανίων όσο και για την παρατήρηση της παραγωγικής διαδικασίας και της βιομάζας.

Η φυτική βιομάζα είναι ένας σημαντικός παράγοντας στη μελέτη της λειτουργικής βιολογίας των φυτών και της ανάλυσης ανάπτυξης και αποτελεί τη βάση για τον υπολογισμό της καθαρής πρωτογενούς παραγωγής και του ρυθμού ανάπτυξης (Golzarian et al., 2011). Η χωρική και χρονική διακύμανση της πυκνότητας της φυτικής βιομάζας είναι εγγενής στις καλλιέργειες και τους βοσκότοπους. Οι παραλλαγές μπορεί να αποδοθούν σε πολλούς παράγοντες που προκύπτουν από περιβαλλοντικές ή φυσικές περιπτώσεις και αποφάσεις διαχείρισης. Η χρονική μεταβλητότητα είναι η αλλαγή εντός του πεδίου που εκφράζεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ενώ η χωρική μεταβλητότητα αναφέρεται σε αλλαγές που συμβαίνουν σε όλο το πεδίο συχνά λόγω της μεταβλητότητας του περιβάλλοντος και του τοπίου και των πρακτικών διαχείρισης. Η κατανόηση της χρονικής και χωρικής μεταβλητότητας της βιομάζας των καλλιεργειών απαιτεί αποτελεσματική αξιολόγηση και ποσοτικοποίηση των επιπέδων βιομάζας (Trotter et al., 2010). Ανάλογα με τον διαθέσιμο προϋπολογισμό, την απαιτούμενη ακρίβεια και τη δομή της βλάστησης, υπάρχουν διάφορες τεχνικές για τη μέτρηση της φυτικής βιομάζας (Golzarian et al., 2011). Οι αξιολογήσεις οπτικής κάλυψης φυτών είναι συχνά υποκειμενικές και απαιτούν έναν βαθμό ειδικών γνώσεων ή/και εμπειρίας (Casadesús and Villegas, 2014). Οι παραδοσιακοί προσδιορισμοί της βιομάζας για τη συγκομιδή φυτών που βασίζονται σε τετράγωνα είναι εντάσεως εργασίας και δαπανηροί όταν απαιτείται ακριβής ποσοτικός προσδιορισμός της μεταβλητότητας των καλλιεργειών σε μεγάλες εκτάσεις (Trotter et al., 2008). Επιπλέον, αυτή η μέθοδος είναι καταστροφική και δεν είναι δυνατό να γίνουν πολλές μετρήσεις του ίδιου φυτού/ομάδας φυτών σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (Golzarian et al., 2011). Αυτό δεν είναι πρόβλημα με τη χρήση μη καταστροφικών παθητικών ή ενεργών οπτικών μεθόδων. Τα παθητικά όργανα εξαρτώνται από το ηλιακό φως και συχνά αποτελούνται από ένα φασματοραδιόμετρο γενικής χρήσης που μετρά έναν αριθμό μηκών κύματος σε ορατό

και κοντινό υπέρυθρο, ενώ οι ενεργοί αισθητήρες είναι εξοπλισμένοι με εξαρτήματα εκπομπής φωτός που παρέχουν ακτινοβολία σε συγκεκριμένη περιοχή ζώνης κύματος (Erdle et al., 2011).

Η απαίτηση τέτοιου ειδικού εξοπλισμού μπορεί να είναι περιοριστική για οργανισμούς και αγρότες με χαμηλό προϋπολογισμό. Επί του παρόντος, οι άμεσα διαθέσιμοι ψηφιακοί σαρωτές και κάμερες, σε συνδυασμό με το λογισμικό επεξεργασίας ψηφιακής εικόνας, έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό παλαιότερες μεθόδους που χρησιμοποιούν φωτοαπόφραξη για την εκτίμηση των παραμέτρων της βλάστησης όπως η φυλλική επιφάνεια (Easlon and Bloom, 2014). Η εφαρμογή των δεικτών φασματικής ανάκλασης έχει κερδίσει δημοτικότητα ως φυσιολογικό εργαλείο και εργαλείο αναπαραγωγής (Morgounov et al., 2014). Η χρήση συμβατικών ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών μπορεί να βοηθήσει στην επίτευξη τουλάχιστον ενός μέρους των στόχων στην αξιολόγηση της φυτικής βιομάζας, καθώς είναι προσιτές, φορητές και εύχρηστες (Casadesús and Villegas, 2014).

Όσον αφορά την τεχνική της τηλεπισκόπησης, οι μέθοδοι εκτίμησης της μεταβλητότητας των φυτών περιορίζονται από τα μεγέθη των πειραματικών περιοχών. Οι δορυφορικές και εναέριες εικόνες είναι κατάλληλες μέθοδοι για την παρακολούθηση αγρών έκτασης άνω των λίγων εκταρίων (Kumháloná et al., 2014), αλλά η χρήση τους σε κλίμακα οικοπέδου είναι πολύ περιορισμένη. Για οικόπεδα λίγων m², καθώς και για μελέτες γλάστρας (Tackenberg, 2007), οι ψηφιακές εικόνες είναι μια φθηνή και εύκολη μέθοδος στη χρήση με υψηλότερη ανάλυση. Το λογισμικό BreedPix είναι μια εύχρηστη εφαρμογή για ανάλυση εικόνας. Οι εικόνες που βρίσκονται στον ίδιο φάκελο φορτώνονται στο λογισμικό ως περιεχόμενο μιας λίστας εικόνων. Ανάλογα με τον όγκο των εικόνων που υποβάλλονται σε επεξεργασία, η ανάλυση διαρκεί μερικά δευτερόλεπτα έως λίγα λεπτά. Ένα από τα πλεονεκτήματα του λογισμικού είναι ότι παράγει επίσης εικόνες εξόδου που υποδεικνύουν την ποιότητα της επεξεργασίας εικόνας εισόδου από το λογισμικό. Το GF διατηρείται με το αρχικό του χρώμα ενώ το γκρι χρώμα υποδηλώνει το φόντο που εξαιρείται από την καταμέτρηση. Ένα από τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά την επεξεργασία των εικόνων και η εξάρτηση από συγκεκριμένο χρώμα είναι ότι το λογισμικό δεν μπορεί να αποκλείσει διαφορετικά είδη φυτών από τις αναλύσεις. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, οι εικόνες που δείχνουν καλαμπόκι και ζιζάνια τροποποιήθηκαν στο Microsoft Office Picture Manager (χρησιμοποιήθηκε

λόγω της ευρείας διαθεσιμότητάς του) με τέτοιο τρόπο ώστε τα φυτά καλαμποκιού να ξαναχρωματιστούν χειροκίνητα σε σκούρο κόκκινο. Μετά από αυτό, ο υπολογισμός του IDVI πραγματοποιήθηκε ξανά δίνοντας το αποτέλεσμα του GF μόνο για τα ζιζάνια. Οι Easlon και Bloom (2014) ανέπτυξαν ένα εργαλείο που χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό κατωφλίου, αναλογιών χρωμάτων και ανάλυσης συνδεδεμένων συστατικών για τη γρήγορη μέτρηση των επιφανειών των φύλλων σε μεμονωμένες εικόνες που γίνονται από συμβατικές κάμερες ακόμη και από κάμερα iPhone. Η εφαρμογή του κριτηρίου ελάχιστου μεγέθους συστατικού μπορεί να είναι χρήσιμη για ανάλυση εικόνας κουβούκλων καλλιεργειών με προσβολή από ζιζάνια πολύ μικρότερου μεγέθους. Από την άλλη πλευρά, η χρήση αυτού του εργαλείου απαιτεί την παρουσία μιας κόκκινης περιοχής βαθμονόμησης σε κάθε εικόνα, ενώ οι αποχρώσεις και οι διαφορετικοί τύποι καλλιεργειών ενδέχεται να απαιτούν πρόσθετες χειροκίνητες ρυθμίσεις.

Ελέγχοντας τις εικόνες εξόδου της ανάλυσης, συνειδητοποιήσαμε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η ποσότητα του GF υπερεκτιμήθηκε λόγω της συμπερίληψης ορισμένων υπολειμμάτων μετά τη συγκομιδή (υπάρχουν στο έδαφος από το προηγούμενο έτος και συμπεριλήφθηκαν εσφαλμένα στον υπολογισμό του IDVI από το λογισμικό). Αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί εύκολα αυξάνοντας τον κορεσμό της εικόνας σε οποιοδήποτε λογισμικό επεξεργασίας εικόνας (στην περίπτωση μας, αυξάνοντας τον κορεσμό στο 100 στο Microsoft Office Picture Manager). Μετά την τροποποίηση, ο υπολογισμός του GF πραγματοποιήθηκε ξανά και οι εικόνες εξόδου ελέγχθηκαν ξανά. Αν και οι διαφορές ανάμεσα στα προκύπτοντα IDVI που υπολογίζονται από τις αρχικές και τις τροποποιημένες εικόνες ήταν αμελητέες στην περίπτωση μας, αυτό το παράδειγμα δείχνει τη σημασία του ελέγχου μετά την επεξεργασία εικόνας, καθώς οι καταστάσεις σε συνθήκες πεδίου μπορεί να είναι πολύ μεταβλητές. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από διάφορες ημερομηνίες δειγματοληψίας, η κατάσταση της ανάπτυξης της φυτικής βιομάζας θα μπορούσε εύκολα να εκτιμηθεί σύμφωνα με τον αυξανόμενο GF και συνεπώς την αύξηση του IDVI. Υπολογίστηκε ότι κατά τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης το IDVI αυξήθηκε από 2% σε 31% στο μη γονιμοποιημένο οικόπεδο ελέγχου (N0B0). Μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η προσθήκη βιοξυλάνθρακα είχε θετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών (υπέργεια βιομάζα) αφού όλες οι επεξεργασίες είχαν ως αποτέλεσμα υψηλότερα IDVI στο τέλος της βλαστικής ανάπτυξης. Επιπλέον, υποθέτουμε ότι η αυξητική τάση στην ανάπτυξη της

καλλιέργειας περιορίστηκε εν μέρει από την ανταγωνιστική παρουσία ζιζανίων στην αρχή της μελέτης. Παρόλο που το IDVI είναι μόνο μια αδιάστατη σχετική τιμή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έμμεση αξιολόγηση της επίδρασης διαφόρων καλλιεργητικών πρακτικών (π.χ. λίπανση) στην ανάπτυξη των φυτών. Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχουν πολλές μελέτες που χρησιμοποιούν το λογισμικό Breedpix. Morguounov et al. (2014) χρησιμοποίησε το λογισμικό για την αξιολόγηση των χρωματικών παραμέτρων Lab ως πιθανά κριτήρια επιλογής σε 23 δοκιμές απόδοσης χειμερινού σίτου που καλλιεργήθηκαν για 4 χρόνια σε 2 τοποθεσίες στην Τουρκία. Αυτές οι παράμετροι προέβλεπαν την απόδοση του κόκκου με την ίδια ακρίβεια με το NDVI. Αυτές οι παράμετροι ήταν παρόμοιες με το NDVI ως προς την απόκρισή τους στο στάδιο της μέτρησης, καθώς και στην ποικιλομορφία των εξεταζόμενων βλαστικών πλασμάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από αυτούς τους συγγραφείς, υποδηλώνουν τη σημασία των πρώιμων μετρήσεων των φασματικών δεικτών από την επιμήκυνση στελέχους έως την άνθηση, καθώς έχουν παρατηρήσει σημαντικές διαφορές στο NDVI καθώς και στις παραμέτρους φωτογραφίας που μπορεί να τραβήξουν την προσοχή των προγραμμάτων αναπαραγωγής. Επιπλέον, επισημαίνουν τη διαθεσιμότητα και την πρακτικότητα των ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών που ταιριάζουν για πρόσθετη πηγή πληροφοριών σε χώρες όπου τα σύγχρονα εργαλεία φαινοτυποποίησης δεν είναι άμεσα διαθέσιμα.

Οι Casadesús και Villegas (2014) επαλήθευσαν τις εκτιμήσεις IDVI με τον δείκτη επιφάνειας φύλλων (LAI) και άλλες μεταβλητές που προσδιορίζονται με καταστροφική δειγματοληψία τριτικάλε, ψωμί σίτου και τριτόρδειο. Η σχέση δεν ήταν η ίδια για την καλλιέργεια θόλων πριν από την άνθηση όπως για τα γερασμένα στέγαστρα μετά την άνθηση. Εάν αναλυθεί χωριστά, το R^2 κυμαινόταν από 0,8 έως 0,9 πριν από την άνθηση, ενώ μετά την άνθηση, το R^2 ήταν περίπου 0,65. Η διαφορά μπορεί να αποδοθεί στον αντίκτυπο των αιχμών στη ζενίθαλ όψη του θόλου. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το γεγονός, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι αυτή η προσέγγιση είναι ένα κατάλληλο εργαλείο για γρήγορη ερμηνεία της ανάπτυξης των φυτών σύμφωνα με τις αλλαγές στην περιεκτικότητα σε GF κατά τα πρώιμα στάδια ανάπτυξης. Καθώς τα φυτά μεγαλώνουν προς την ωριμότητα, η ποσότητα του GF μειώνεται, οι κόκκοι αλλάζουν χρώμα από πράσινο σε κίτρινο και ανοιχτό καφέ και έτσι η φυτική βιομάζα σταματά να είναι ανιχνεύσιμη με το λογισμικό BreedPix. Για τον ίδιο λόγο, η απόδοση του λογισμικού ενδέχεται να είναι περιορισμένη εάν τα φυτά είναι πολύ σκονισμένα ή καλυμμένα από χώμα.

Πρέπει να δοθεί προσοχή στην παρουσία άλλων φυτών (ζιζανίων) ή άλλων πράσινων αντικειμένων, καθώς χωρίς πρόσθετη τροποποίηση και ανάλυση εικόνας θα περιλαμβάνονταν στον υπολογισμό του πράσινου κλάσματος και έτσι θα προκαλούσαν υπερεκτίμηση του εκτιμώμενου δείκτη βλάστησης που προέρχεται από την εικόνα. Από την άλλη πλευρά, μετά από πρόσθετη επεξεργασία, οι εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για άλλους σκοπούς (π.χ. ανάπτυξη κάλυψης ζιζανίων, αξιολόγηση αποτελεσματικότητας ζιζανιοκτόνου, προγράμματα αναπαραγωγής). Το πλεονέκτημα είναι ότι αυτή η μέθοδος δεν διαταράσσει το φυτικό κάλυμμα και η απεικόνιση των ίδιων φυτών μπορεί να γίνει σε διαφορετικά χρονικά βήματα. Επιπλέον, η μέθοδος απαιτεί συμβατικές ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, επομένως δεν απαιτείται ειδικός και ακριβός εξοπλισμός και εκπαίδευση για την απόκτηση τιμών IDVI.

7. Συμπεράσματα

Είναι μια συλλογή επαγγελματικών περιοχών και διαδικασιών, όπως η ανάπτυξη, ο σχεδιασμός, η κατασκευή, η εγκατάσταση, η συντήρηση και η διαχείριση συστημάτων δεδομένων υπολογιστών που συνθέτουν την τεχνολογία πληροφοριών. Λόγω της αύξησης των τιμών των εισροών και της παγκοσμιοποίησης, η κατασκευή προϊόντων έχει γίνει πιο αποτελεσματική και, κατά συνέπεια, πιο ακριβή. Την ίδια στιγμή, καθώς ο ανταγωνισμός μεγάλωνε και περισσότερες μεταποιητικές μονάδες εισήλθαν στην αγορά, τα έσοδα από την παραγωγή μειώθηκαν. Οι αγροτικοί παραγωγοί αναγκάστηκαν να αυξήσουν την παραγωγή τους λόγω χαμηλότερων κερδών και υψηλότερων εξόδων παραγωγής. Για να γίνει αυτό, η γεωργική βιομηχανία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) και σε ακριβείς εφαρμογές. Στην έξυπνη γεωργία, οι πληροφορίες αξιοποιούνται στο μέγιστο βαθμό, καθορίζοντας τη μέγιστη ποσότητα χώρου ή/και χρόνου που μπορεί να καλύψει ένα δεδομένο κομμάτι του εξοπλισμού. Η γεωργία ακριβείας μεγιστοποιεί την αποτελεσματικότητα των εισροών ενώ ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Η γεωργία ακριβείας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα καλλιεργειών, συμπεριλαμβανομένου του βαμβακιού, των δημητριακών, των φρούτων και λαχανικών και άλλων. Ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης δομών υψηλής απόδοσης και αυτοματοποίησης

διαδικασιών στην ελληνική γεωργία, οι ΤΠΕ είχαν σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα της εταιρείας.

Βιβλιογραφία

Αφεντούλη, Β. (2012). Πηγές χρηματοδότησης μικρομεσαίων επιχειρήσεων στα πλαίσια της ελληνικής πραγματικότητας.

Ελευθεροχωρινός, Η. (2008). Ζιζανιολογία, εκδόσεις Αγρότυπος. *Ε, Μαρούσι, Αθήνα*.

ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ, Ε. Ζ. ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ 17ου ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΤΗΣ. *Curr. Sci*, 88, 424-438.

Κουκλαδάς, Σ. (2002). *Αξιολόγηση του αστικού και περιαστικού πράσινου-περίπτωση του πολεοδομικού συγκροτήματος των Αθηνών* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Τομέας Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Φυσικών Πόρων. Εργαστήριο Δασικής Πολιτικής).

Μητούλα, Ρ. (2006). Βιώσιμη περιφερειακή ανάπτυξη στην Ευρωπαϊκή Ένωση και ανασυγκρότηση του ελληνικού αστικού περιβάλλοντος. *Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα*.

Adesemowo, A. K., Abayomi-Alli, A., Olabanjo, O. O., Odusami, M. O., Arogundade, O. T., & Abioye, T. E. (2020, December). Harnessing the Potentials of Mobile Phone for Adoption and Promotion of Organic Farming Practices in Nigeria. In *International Working Conference on Transfer and Diffusion of IT* (pp. 170-181). Springer, Cham.

Arianoutsou, M., Bazos, I., Delipetrou, P., & Kokkoris, Y. (2010). The alien flora of Greece: taxonomy, life traits and habitat preferences. *Biological Invasions*, 12(10), 3525-3549.

Bardsley, D. K., & Edwards-Jones, G. (2007). Invasive species policy and climate change: social perceptions of environmental change in the Mediterranean. *Environmental Science & Policy*, 10(3), 230-242.

Beck, E., Christiansen, M., Kjeldskov, J., Kolbe, N., & Stage, J. (2003). Experimental evaluation of techniques for usability testing of mobile systems in a laboratory setting. In *Proceedings of OzCHI 2003, Brisbane, Australia*. CHISIG.

Bohmer, R. M. (2011). The four habits of high-value health care organizations. *N Engl J Med*, 365(22), 2045-2047.

Casadesús, J., & Villegas, D. (2014). Conventional digital cameras as a tool for assessing leaf area index and biomass for cereal breeding. *Journal of integrative plant biology*, 56(1), 7-14.

Castro, P. J. M., Caliwag, J. A., Pagaduan, R. A., Arpia, J. M., & Delmita, G. I. (2019, March). A mobile application for organic farming assistance techniques using time-series algorithm. In *Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Information Science and Systems* (pp. 120-124).

Chen, Z., & Zhu, S. (2011, December). The research of mobile application user experience and assessment model. In *Proceedings of 2011 international conference on computer science and network technology* (Vol. 4, pp. 2832-2835). IEEE.

Costopoulou, C., Ntaliani, M., & Karetsos, S. (2016). Studying mobile apps for agriculture. *IOSR J. Mob. Comput. Appl*, 3(6), 44-49.

Claassen, R., Hansen, L., Peters, M., Weinberg, M., Breneman, V. E., Cattaneo, A., ... & Smith, M. (2001). Agri-environmental policy at the crossroads: guideposts on a

changing landscape. *Economic Research Service Agricultural Economic Report No.(AER-794)*, 72.

Easlon, H. M., & Bloom, A. J. (2014). Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Applications in plant sciences*, 2(7), 1400033.

Erdle, K., Mistele, B., & Schmidhalter, U. (2011). Comparison of active and passive spectral sensors in discriminating biomass parameters and nitrogen status in wheat cultivars. *Field Crops Research*, 124(1), 74-84.

Fotiadis, G., Kyriazopoulos, A. P., & Fraggakis, I. (2011). The behaviour of *Ailanthus altissima* weed and its effects on natural ecosystems. *Journal of Environmental Biology*, 32(6), 801.

Golzarian, M. R., Frick, R. A., Rajendran, K., Berger, B., Roy, S., Tester, M., & Lun, D. S. (2011). Accurate inference of shoot biomass from high-throughput images of cereal plants. *Plant methods*, 7(1), 1-11.

Guirado, M., Pino, J., & Roda, F. (2006). Understorey plant species richness and composition in metropolitan forest archipelagos: effects of forest size, adjacent land use and distance to the edge. *Global Ecology and Biogeography*, 15(1), 50-62.

Heisey, R. M. (1996). Identification of an allelopathic compound from *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae) and characterization of its herbicidal activity. *American Journal of Botany*, 83(2), 192-200.

Hegarty, R., & Wusteman, J. (2011). Evaluating ebscohost mobile. *Library Hi Tech*.

Hoseini, S. S., Najafi, G., Ghobadian, B., Mamat, R., Ebadi, M. T., & Yusaf, T. (2018). Novel environmentally friendly fuel: The effects of nanographene oxide additives on the performance and emission characteristics of diesel engines fuelled with *Ailanthus altissima* biodiesel. *Renewable energy*, 125, 283-294.

Hoshovsky, M. C. (1988). Element stewardship abstract for *Ailanthus altissima*. *The Nature Conservancy, USA*.

Hu, S. Y. (1979). *Ailanthus*. *Arnoldia*, 39(2), 29-50.

Jaimes, A., & Dimitrova, N. (2006). Human-centered multimedia: Culture, deployment, and access. *IEEE MultiMedia*, 13(1), 12-19.

Kaproth, M. A., & McGraw, J. B. (2008). Seed viability and dispersal of the wind-dispersed invasive *Ailanthus altissima* in aqueous environments. *Forest Science*, 54(5), 490-496.

Kjeldskov, J., & Graham, C. (2003, September). A review of mobile HCI research methods. In *International Conference on Mobile Human-Computer Interaction* (pp. 317-335). Springer, Berlin, Heidelberg.

Kjeldskov, J. (2014). Mobile interactions in context: a designerly way toward digital ecology. *Synthesis Lectures on Human-Centered Informatics*, 7(1), 1-119.

Knapp, L. B., & Canham, C. D. (2000). Invasion of an old-growth forest in New York by *Ailanthus altissima*: sapling growth and recruitment in canopy gaps. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 307-315.

Kowarik, I., & Säumel, I. (2007). Biological flora of central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) swingle. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 8(4), 207-237.

Kumhálová, J., Zemek, F., Novák, P., Brovkina, O., & Mayerová, M. (2014). Use of Landsat images for yield evaluation within a small plot. *Plant, Soil and Environment*, 60(11), 501-506.

Lambdon, P., Pyšek, P., Basnou, C., Hejda, M., Arianoutsou, M., Essl, F., ... & Vilà, M. (2008). Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs.

Li, V. O., & Liao, W. (2002, May). Wireless multimedia networks. In *Proceedings International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Networks. I-SPAN'02* (pp. 79-83). IEEE.

Lloret, F., Médail, F., Brundu, G., Camarda, I., Moragues, E. V. A., Rita, J., ... & Hulme, P. E. (2005). Species attributes and invasion success by alien plants on Mediterranean islands. *Journal of Ecology*, 512-520.

Lonsdale, W. M. (1999). Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology*, 80(5), 1522-1536.

MacDonald, I. A. W., & Cooper, J. (1995). Insular lessons for global biodiversity conservation with particular reference to alien invasions. In *Islands* (pp. 189-203). Springer, Berlin, Heidelberg.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3), 401-415.

Mergen, F. (1959). A toxic principle in the leaves of *Ailanthus*. *Botanical Gazette*, 121(1), 32-36.

Mishra, A. K., & Park, T. A. (2005). An empirical analysis of Internet use by US farmers. *Agricultural and Resource Economics Review*, 34(2), 253-264.

Morgan, M., & Ess, D. (1997). The precision-farming guide for agriculturists. *Deere and Company*.

Morgounov, A., Gummadov, N., BELEN, S., KAYA, Y., Keser, M., & Mursalova, J. (2014). Association of digital photo parameters and NDVI with winter wheat grain yield in variable environments. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 38(5), 624-632.

Motard, E., Muratet, A., Clair-Maczulajtys, D., & Machon, N. (2011). Does the invasive species *Ailanthus altissima* threaten floristic diversity of temperate peri-urban forests?. *Comptes Rendus Biologies*, 334(12), 872-879.

Moumane, K., Idri, A., & Abran, A. (2016). Usability evaluation of mobile applications using ISO 9241 and ISO 25062 standards. *SpringerPlus*, 5(1), 1-15.

Pascual-Villalobos, M. J., & Robledo, A. (1998). Screening for anti-insect activity in Mediterranean plants. *Industrial crops and products*, 8(3), 183-194.

Pongnumkul, S., Chaovalit, P., & Surasvadi, N. (2015). Applications of smartphone-based sensors in agriculture: a systematic review of research. *Journal of Sensors*, 2015.

Rathnayake, R. M. S. M., Ekanayake, E. W. L. M. B., Kahandawala, K. A. I. P., de Silva, W. G. S. C., Nawinna, D. P., & Kasthurirathna, D. (2019, December). Predictive Analytics Platform for Organic Cultivation Management. In *2019 International Conference on Advancements in Computing (ICAC)* (pp. 204-209). IEEE.

Singh, B., Sharma, D. K., Kumar, R., & Gupta, A. (2009). Controlled release of the fungicide thiram from starch–alginate–clay based formulation. *Applied Clay Science*, 45(1-2), 76-82.

Stenberg, P. L., Morehart, M. J., Vogel, S. J., Cromartie, J., Breneman, V. E., & Brown, D. M. (2009). *Broadband Internet's value for rural America* (No. 1477-2016-121092).

Tjallingii, S. P. (2000). Ecology on the edge:: Landscape and ecology between town and country. *Landscape and urban planning*, 48(3-4), 103-119.

Trotter, M. G., Lamb, D. W., Donald, G. E., & Schneider, D. A. (2010). Evaluating an active optical sensor for quantifying and mapping green herbage mass and growth in a perennial grass pasture. *Crop and Pasture Science*, 61(5), 389-398.

Warren, D. D. (2004). *Production, prices, employment, and trade in Northwest forest industries, all quarters 2002* (Vol. 241). US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

Wickert, K. L., O'Neal, E. S., Davis, D. D., & Kasson, M. T. (2017). Seed production, viability, and reproductive limits of the invasive *Ailanthus altissima* (tree-of-heaven) within invaded environments. *Forests*, 8(7), 226.

Yang, R. Z., & Tang, C. S. (1988). Plants used for pest control in China: a literature review. *Economic botany*, 42(3), 376-406.

Yaghoubi, J. (2010). Study barriers to entrepreneurship promotion in agriculture higher education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1901-1905.

Zhang, D., & Adipat, B. (2005). Challenges, methodologies, and issues in the usability testing of mobile applications. *International journal of human-computer interaction*, 18(3), 293-308.