



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Αριθμ. Πρωτοκ. 258

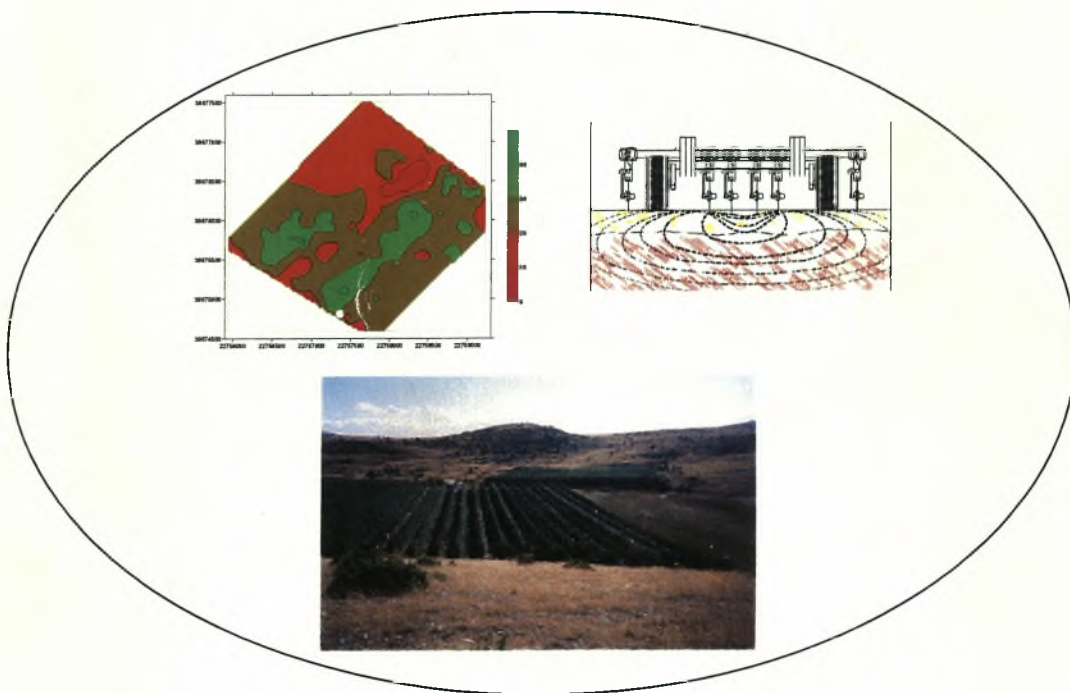
Ημερομηνία 4-3-09

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΧΑΡΤΕΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΟΠΩΡΩΝΑ ΜΗΛΙΑΣ**



**Πτυχιακή Διατριβή: Τάνος Αλέξανδρος
Επιβλέπων Καθηγητής: Γέμτος Θεοφάνης**

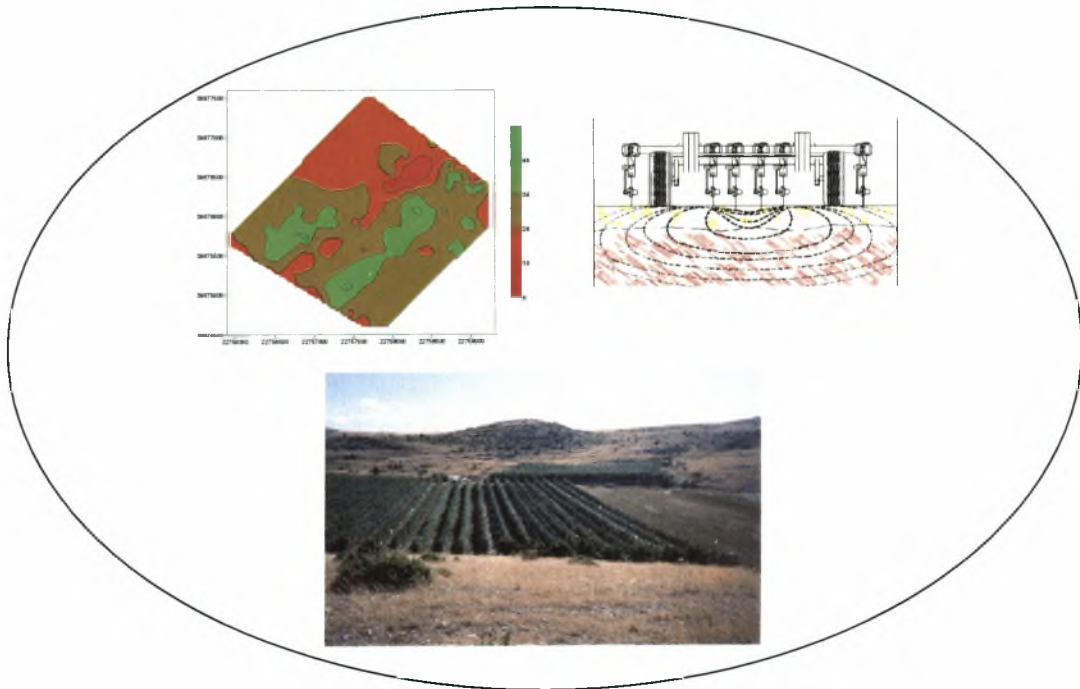
ΒΟΛΟΣ, 2009



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΧΑΡΤΕΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΟΠΩΡΩΝΑ ΜΗΛΙΑΣ



Πτυχιική Διατριβή: Τάνος Αλέξανδρος
Επιβλέπων Καθηγητής: Γέμος Θεοφάνης

ΒΟΛΟΣ, 2009



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7144/1
Ημερ. Εισ.: 15-05-2009
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2009
TAN

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Θ. Γέμτος (Επιβλέπων)

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

Καθηγητής

Γ. Νάνος (Μέλος)

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Δενδροκομίας

Αν. Καθηγητής

Ν. Κατσούλας (Μέλος)

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος

Λέκτορας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Γέμτο Θεοφάνη για την ανάθεση αυτού του θέματος καθώς για την επιστημονική και υλικοτεχνική υποστήριξή του που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων και της συγγραφής της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Την εκτίμηση μου και τις ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω στον Καθηγητή κ. Γ. Νάνο και τον Λέκτορα κ. Ν. Κατσούλα για τη συμμετοχή τους στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή και τη διόρθωση αυτής της πτυχιακής διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Κατερίνα Αγγελοπούλου και Σπύρο Φουντά για το ενδιαφέρον τους, τις χρήσιμες υποδείξεις τους και τη βοήθειά τους, κατά τη διάρκεια της εργασίας μου.

Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τη φίλη και συμφοιτήτρια μου Ιακωβάκη Αφροδίτη για τη σημαντική βοήθειά της και ηθική υποστήριξη κατά τη διάρκεια της συγγραφής της πτυχιακής μου.

Τέλος ευχαριστώ τους γονείς μου για την ηθική και υλική υποστήριξή τους, την αγάπη, και τη συνεχή εμπύχωσή τους καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής αυτής της εργασίας, αλλά και των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στοιχεία για εφαρμογή συστήματος γεωργίας ακριβείας σε οπωρώνα μηλιάς στη περιοχή Αγιάς Λάρισας. Ο οπωρώνας έκτασης 50 στρεμμάτων καλλιεργείται με μηλιές ποικιλιών Red Chief ως κύρια ποικιλία και Golden Delicious ως επικονιαστή. Οι αποστάσεις φύτευσης στον οπωρώνα είναι 3,5 μ. μεταξύ των γραμμών και 2 μ. επί των γραμμών.

Κατά τη διάρκεια του έτους μετρήθηκαν η παραλλακτικότητα της παραγωγής και των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών, καθώς και η ηλεκτρική αγωγιμότητα με ένα μηχάνημα VERIS. Με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν δημιουργήθηκαν χάρτες παραγωγής, ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECa) του εδάφους. Σκοπός ήταν η εξαγωγή συμπερασμάτων που θα βοηθήσουν στη βελτιωμένη διαχείριση των χωραφιών, δηλαδή την δημιουργία Ζωνών Διαχείρισης.

Ζώνες Διαχείρισης ορίζονται οι περιοχές εκείνες που έχουν κοινά εδαφολογικά ή αγρονομικά χαρακτηριστικά (Blackmore et al, 2003). Οι Ζώνες Διαχείρισης είναι ο πιο πρακτικός τρόπος για την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας.

Η χαρτογράφηση παραγωγής έγινε με ζύγιση της παραγωγής ανά δέκα δένδρα και ως συντεταγμένες χρησιμοποιήθηκαν οι θέσεις των δέντρων επειδή είναι συγκεκριμένες. Για την χαρτογράφηση ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών ελήφθησαν δείγματα καρπών σε ένα πλέγμα 30 μ. × 30 μ. και με συντεταγμένες πάλι τις θέσεις των δέντρων.

Για την εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών μετρήθηκαν τα εξής: μέσο βάρος καρπού, χρώμα καρπού (L, C, Hue), σκληρότητα σάρκας του καρπού, τα διαλυτά στερεά συστατικά, το pH του χυμού, και η επί της εκατό (%) περιεκτικότητα του χυμού σε μηλικό οξύ.

Για την δημιουργία χαρτών ηλεκτρικής αγωγιμότητας χρησιμοποιήθηκε το Veris 3100. Το Veris είναι μια συσκευή μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας η οποία βασίζεται στη δημιουργία διαφοράς δυναμικού στο έδαφος και μέτρησης της αγωγιμότητας σε δυο διαφορετικά βάθη, 0 - 30 εκ. και 0 - 90 εκ. Είναι ένα όχημα με δύο τροχούς που συνδέεται στο άγκιστρο ενός αγροτικού οχήματος

(π.χ. τρακτέρ) και έλκεται στο χωράφι διαγράφοντας όλη την επιφάνεια του αγρού, καταγράφοντας ταυτόχρονα τις συντεταγμένες με έναν δεκτή GPS που φέρει η συσκευή.

Η δημιουργία των χαρτών έγιναν με το λογισμικό Surfer, και οι ζώνες διαχείρισης με το λογισμικό MZA (Management Zone Analyst).

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΗΛΩΝ	6
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΗΛΩΝ	7
ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	7
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	10
1. ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	10
<i>Τεχνολογίες Γεωργίας Ακριβείας</i>	<i>11</i>
<i>A) Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS).....</i>	<i>11</i>
<i>B) Γεωγραφικά Συστήματα Δεδομένων (GIS)</i>	<i>15</i>
<i>Γ) Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing)</i>	<i>18</i>
<i>Δ) Αισθητήρες παραγωγής</i>	<i>19</i>
<i>Ε) Εφαρμογή Μεταβαλλόμενων Δόσεων</i>	<i>20</i>
2. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	21
3. ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ (MANAGEMENT ZONES).....	24
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	27
1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΟΠΩΡΩΝΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	27
2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	27
3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	31
3.1. <i>Surfer</i>	31
3.2. <i>Management Zone Analyst</i>	32
ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ	34
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΟΥ ΟΠΩΡΩΝΑ	35
2.1. <i>Χαρτογράφηση παραγωγής.....</i>	<i>35</i>
2.2. <i>Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας</i>	<i>36</i>
2.3. <i>Χαρτογράφηση ποιοτικών χαρακτηριστικών</i>	<i>37</i>
3. ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	40
3.1. <i>Ζώνες διαχείρισης με βάση την παραγωγή.....</i>	<i>42</i>
3.2. <i>Ζώνες διαχείρισης βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα</i>	<i>43</i>
3.3. <i>Ζώνες διαχείρισης βάση των ποιοτικών χαρακτηριστικών</i>	<i>44</i>
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παγκόσμια παραγωγή μήλων

Η καλλιέργεια της μηλιάς είναι διαδεδομένη σε όλο τον κόσμο. Καταλαμβάνει την τρίτη θέση στα οπωροφόρα δένδρα, με ετήσια παγκόσμια παραγωγή που πλησιάζει τους 59.000.000 τόνους.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η ετήσια παραγωγή μήλων κυμαίνεται από 8.500.000 έως 10.000.000 τόνους. Αυτή η παραγωγή κατατάσσει το μήλο στη πρώτη θέση σε παραγωγή φρούτων στην Ευρώπη. Το έτος 2002 η παραγωγή μήλων στην Ευρωπαϊκή Ένωση κυμάνθηκε στους 9.227.260 τόνους. Οι χώρες της Ε.Ε. με την μεγαλύτερη παραγωγή είναι η Γαλλία, η Ιταλία, η Γερμανία, η Ισπανία και η Ελλάδα. Οι ποικιλίες ΓΚΟΛΝΤΕΝ ΝΤΕΛΙΣΙΟΥΣ, ΤΖΟΝΑ ΓΚΟΛΝΤ & ΡΕΝΤ ΝΤΕΛΙΣΙΟΥΣ είναι τρεις κυριότερες ποικιλίες στην Ευρώπη. Γενικά η ποιότητά τους θα μπορούσε να χαρακτηριστεί καλή.

Ελληνική παραγωγή μήλων

Η μηλιά αποτελεί για τη χώρα μας τη δεύτερη σε σπουδαιότητα δενδροκομική καλλιέργεια, μετά τη ροδακινιά, από τα φυλλοβόλα οπωροφόρα και τρίτη αν υπολογιστούν και τα εσπεριδοειδή. Ο κύριος όγκος της παραγωγής δίνεται από την ομάδα των κόκκινων ποικιλιών της Delicious (Starking, Red Delicious) (75%) και ακολουθούν η Golden Delicious (10%) και Granny Smith (5%).

Πρώτη σε παραγωγή μήλων στην Ελλάδα έρχεται η Μακεδονία με 200.000 τόνους περίπου ετησίως. Δεύτερη έρχεται η Θεσσαλία με 90.000 τόνους, τρίτη η Πελοπόννησος με 22.000 τόνους και ακολουθούν η Στερεά Ελλάδα, η Ήπειρος, το Αιγαίο, τα Ιόνια νησιά, η Θράκη, η Κρήτη κ.α. Στη Θεσσαλία η περιοχή της Αγιάς έρχεται πρώτη σε 60-70.000 τόνους και ακολουθούν η Ζαγορά με 16.000 τόνους, ο Βόλος και τα Τρίκαλα. Στην Ελλάδα η παραγωγή των μήλων γίνεται σε ορεινές και πεδινές περιοχές με την αναλογία: Ορεινές 31%, Ημιορεινές 34% και πεδινές 35%. Η αντίφαση έγκειται στο ότι λόγω του ιδιόμορφου ανάγλυφου της χώρας, οι ορεινές καλλιέργειες, που δίνουν καλύτερη ποιότητα μήλων, δεν επιδέχονται εύκολα μηχανοποίηση

της καλλιέργειας, ούτε πυκνή φύτευση με νάνα και ημινάνα υποκείμενα.

Γεωργία Ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας (precision farming) είναι μια μέθοδος διαχείρισης των αγρών που λαμβάνει υπόψη τη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα των παραμέτρων και μπορούν να εφαρμοστούν διαφορετικά επίπεδα εισροών (Earl, 1996).

Η εφαρμογή Γεωργίας Ακριβείας σε συνεργασία με την υπάρχουσα εμπειρία μπορεί:

1. Να βελτιστοποιήσει το εισόδημα του παραγωγού,
2. Να ελαχιστοποιήσει τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από τα αγροχημικά,
3. Να βελτιστοποιήσει το δυναμικό παραγωγής και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος, και
4. Να βοηθήσει τη διαδικασία ιχνηλασιμότητας σε διάφορα συστήματα ποιότητας (HACCP, ISO, IPM).

Στόχος της γεωργίας ακριβείας είναι η εφαρμογή της κατάλληλης εισροής, στο σημείο που χρειάζεται, στην κατάλληλη δόση και σωστό χρόνο, με την ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος (Παπασοικονόμου, 2003). Δηλαδή, αν κάποιο σημείο χρειάζεται περισσότερη ή λιγότερη λίπανση σε σχέση με την εφαρμογή του μέσου όρου, ή αν σε μια καλλιέργεια απαιτείται συγκομιδή σε διαφορετικές ημερομηνίες ώστε να αποφύγουμε την ποιοτική υποβάθμιση. Η διαφοροποίηση των διαφόρων εργασιών ανάλογα με την παραλλακτικότητα ονομάζονται μεταβλητές καλλιεργητικές φροντίδες.

Για να γίνει εφαρμογή των μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων, απαιτείται να γίνει πρώτα διαχωρισμός του αγρού σε διάφορες περιοχές ή ζώνες. Στη Γεωργία Ακριβείας οι περιοχές ονομάζονται Ζώνες Διαχείρισης (management zones). Ως ζώνη διαχείρισης ορίζεται «ένα επιμέρους τμήμα ενός αγρού που χαρακτηρίζεται από έναν λειτουργικά ομοιογενή συνδυασμό ιδιοτήτων». (Παπασοικονόμου, 2003). Η χρήση των ζωνών διαχείρισης είναι ένας εύκολος τρόπος για την ταυτοποίηση, την ταξινόμηση και την χωροταξική κατανομή της παραλλακτικότητας των χαρακτηριστικών ενός αγρού.

Ένα απλό παράδειγμα ζώνης διαχείρισης και εφαρμογή εισροής με

μεταβλητή δόση που εφαρμόζεται σήμερα στην πράξη, είναι η χειροκίνητη διαφοροποίηση της δόσης εφαρμογής του λιπάσματος από τον παραγωγό, ή την εντοπισμένη εφαρμογή κοπριάς ή άλλων εισροών. Ο παραγωγός το πραγματοποιεί αυτό βασισμένος στην εμπειρία και την γνώση του, όσον αφορά την απόδοση της καλλιέργειας σε προηγούμενα χρόνια ή το είδος του εδάφους στη συγκεκριμένη περιοχή του αγρού. Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας το τελικό στάδιο είναι ένας ψηφιακός χάρτης του αγρού που απεικονίζει τις ζώνες διαχείρισης, το είδος των εισροών και τις δόσεις που εφαρμόζονται.

Για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιούνται διάφοροι μέθοδοι, ανάλογα με τα μέσα που έχουμε. Καταρχήν γίνεται καταγραφή των ιδιοτήτων του εδάφους και της καλλιέργειας (δειγματοληψίες εδάφους, χρήση αισθητήρων μέτρησης παραγωγής, ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, χρήση δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών εδάφους και καλλιεργειών) και κατανομή τους στο χωράφι. Στη συνέχεια με τη χρήση στατιστικών μεθόδων όπως είναι η ασαφής συσταδοποίηση (fuzzy clustering), που στηρίζεται στη θεωρία των ασαφών συνόλων αναλύουμε και ομαδοποιούμε τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν στις καλλιέργειες. Η ασαφής ομαδοποίηση ταξινομεί τα σημεία ή τις παρατηρήσεις σε δύο ή περισσότερες κλάσεις (Fridgen, 2004).

Μία από τις ιδιότητες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ευκολία στην δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η ιδιότητα του εδάφους που ορίζεται ως η ευκολία με την οποία διέρχεται το ηλεκτρικό ρεύμα δια μέσου της μάζας του. Οι κυριότεροι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η αλατότητα του εδάφους, η υγρασία και η ποσότητα αργίλου. Άλλοι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η συμπίεση του εδάφους, η οργανική ουσία και η θερμοκρασία (Kitchen, 2005).

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η δημιουργία ζωνών διαχείρισης σε ένα οπωρώνα με μήλα με βάση δεδομένα παραγωγής, ποιότητας των καρπών και ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1. Γεωργία Ακριβείας

Με τον όρο Γεωργία Ακριβείας ορίζουμε τη διαχείριση της χωρικής και χρονικής διαφοροποίησης των αγρών προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και / ή να επιτευχθεί μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την μη ορθολογική χρήση των εισροών (Gemtos et al., 2002). Η Γεωργία Ακριβείας βασίζεται σε τεχνολογίες και μέσα ικανά να καταγράψουν με ακρίβεια την υπάρχουσα κατάσταση στον αγρό, στη συνέχεια να διαχειριστούν τη συγκεντρωμένη πληροφορία και δεδομένα και τέλος να εφαρμόσουν τις εισροές έτσι ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες κάθε σημείου και χρονικής στιγμής ξεχωριστά.

Η γεωργία ακριβείας χρησιμοποιεί διάφορες τεχνολογίες (Καρυδάς, 2000) όπως είναι :

- Το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS),
- Συστήματα διαχείρισης και απόδοσης αποτελεσμάτων, όπως Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS),
- Συστήματα και μηχανισμοί καταγραφής δεδομένων, όπως χάρτες αποδόσεων, εργαστηριακές αναλύσεις,
- Η Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing),
- Οι αισθητήρες μέτρησης παραγωγής (Yield Monitors), και
- Συστήματα μεταβαλλόμενων δόσεων εφαρμογής (Variable Rate Application) της ροής ή του είδους, όπως λιπασματοδιανομείς, σπορείς, ψεκαστήρες.

✓ Βασική φιλοσοφία της γεωργίας ακριβείας είναι να προσαρμόζει τις εισροές στις απαιτήσεις της καλλιέργειας. Αν δηλαδή σε κάποιο σημείο του χωραφιού χρειάζεται περισσότερο λίπασμα ή περισσότερο νερό, τότε να το κάνουμε, αν χρειάζεται να γίνει νωρίτερα συγκομιδή σε κάποιο σημείο τότε να γίνει ώστε να αποφύγουμε τυχόν απώλειες.

αν είναι από
επί του

Τα πιθανά πλεονεκτήματα της εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας σε σχέση με τη συμβατική γεωργία είναι (Earl et al., 1996):

- i) αύξηση του οικονομικού αποτελέσματος η οποία μπορεί να προκύψει είτε από την αύξηση της παραγωγής είτε από την μείωση των εισροών και επομένως του κόστους,
- ii) μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από τα αγροχημικά επειδή εφαρμόζεται όση ακριβώς ποσότητα είναι απαραίτητη, και
- iii) καλύτερη ιχνηλασιμότητα των προϊόντων επειδή γίνεται ακριβής καταγραφή όλων των επεμβάσεων στον αγρό.

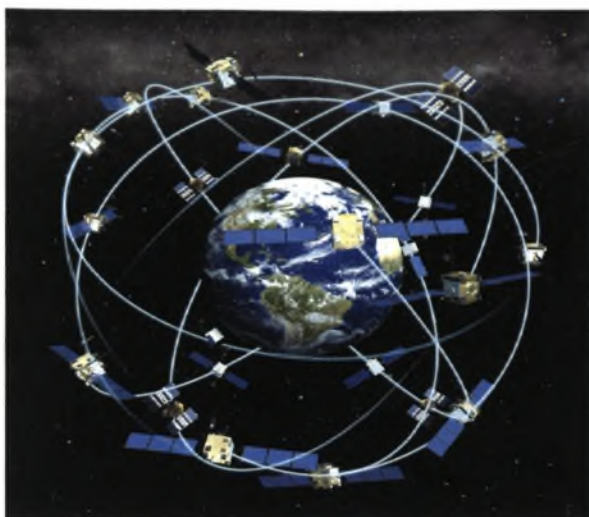
Σήμερα, η Γεωργία Ακριβείας στη Β. Αμερική και τη Δ. Ευρώπη είναι μια πραγματικότητα. Έως το 1998, το 15% περίπου των γεωργών στη Μ. Βρετανία είχαν χρησιμοποιήσει τεχνικές Γεωργίας Ακριβείας και όπως δήλωσαν οι ίδιοι σε σχετική έρευνα του ίδιου έτους, οι προσδοκίες τους, σε γενικές γραμμές, επαληθεύτηκαν (Fountas, 1998).

Στη χώρα μας βρίσκεται ακόμη σε ερευνητικό επίπεδο και μία έρευνα για την αντίληψη των Ελλήνων αγροτών που πραγματοποιήθηκε το 2006 μόνο το 9% των ερωτηθέντων εμφανίστηκε να γνωρίζει τη γεωργία ακριβείας και ένα μικρότερο ποσοστό χρησιμοποιεί κάποιες από τις τεχνικές της. Από τα κυριότερα προβλήματα στην υιοθέτησή της είναι το κόστος, ο χρόνος εκμάθησης και η ελλιπής ενημέρωση των παραγωγών (Μουρτζίνης και άλλοι, 2007).

Τεχνολογίες Γεωργίας Ακριβείας

A) Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS)

Το GPS (Global Positioning System), είναι ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, το οποίο βασίζεται σε ένα "πλέγμα" εικοσιτεσσάρων δορυφόρων της Γης (Wikipedia, 2006). Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε τροχιά, σε ύψος είκοσι χιλιάδων χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης (σχήμα 1). Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα κωδικοποιημένο ηλεκτρομαγνητικό σήμα



Σχήμα 1: Το GPS βασίζεται σε ένα πλέγμα 24 δορυφόρων της γης.

που λαμβάνεται από τους δέκτες GPS και χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της γεωγραφικής θέσης του δέκτη. Το σήμα αυτό παρέχει ακριβείς πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρό του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Ο δέκτης GPS

λαμβάνει τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα των δορυφόρων και υπολογίζει την χρονική υστέρηση

στο σήμα που δέχεται, την οποία και χρησιμοποιεί για να μετρήσει την απόστασή του από κάθε δορυφόρο. Όταν δέχεται σήματα από τρεις δορυφόρους τουλάχιστον, ο δέκτης χρησιμοποιεί γεωμετρική ανάλυση για να καθορίσει την γεωγραφική του θέση στην επιφάνεια της γης, που εκφράζεται σε γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Όταν λαμβάνει σήμα και από τέταρτο δορυφόρο τότε μπορεί να υπολογίσει και το υψόμετρο της θέσης που βρίσκεται (Παπαοικονόμου, 2003).

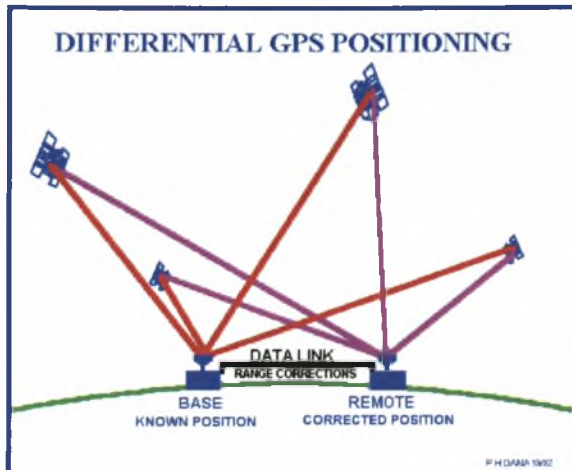
Το GPS αποτελεί το μέσο που βοηθά στον καθορισμό θέσης οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης αρκεί να υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ του δέκτη και των δορυφόρων. Σε κλειστούς χώρους ο δέκτης αδυνατεί να καθορίσει το στίγμα του. Το GPS σήμερα βρίσκει εφαρμογή σε πολυάριθμους τομείς, όπως η διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας, η πλοήγηση πλοίων κτλ., ενώ άριστες είναι οι προοπτικές εφαρμογής του και στην γεωργία.

Το GPS αναπτύχθηκε από το Αμερικανικό Υπουργείο Αμύνης αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς. Από το 2000 και μετά είναι ελεύθερο. Υπάρχει ακόμα και το ρωσικό σύστημα, το Glonass που αποτελείται από 15 δορυφόρους σε τροχιές ύψους 19000 χλμ. περίπου. Τέλος στην προσπάθεια ολοκλήρωσης βρίσκεται και το αντίστοιχο ευρωπαϊκό GALILEO το οποίο έχει καθαρά εμπορικό σκοπό και θα είναι μεγαλύτερης ακρίβειας από το αμερικανικό GPS.

Το Galileo θα αποτελείται από 30 δορυφόρους και πολλούς επίγειους σταθμούς για αναμετάδοση των σημάτων. Το πρόγραμμα θα έχει εφαρμογή σε

μια σειρά τομέων όπως μεταφορές και επικοινωνίες, τοπογραφία, γεωργία, αλιεία, καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης, προστασία ατόμων με ειδικές ανάγκες. Το σύστημα υπολογίζεται πως θα τεθεί σε λειτουργία το 2013.

DGPS (Differential GPS)

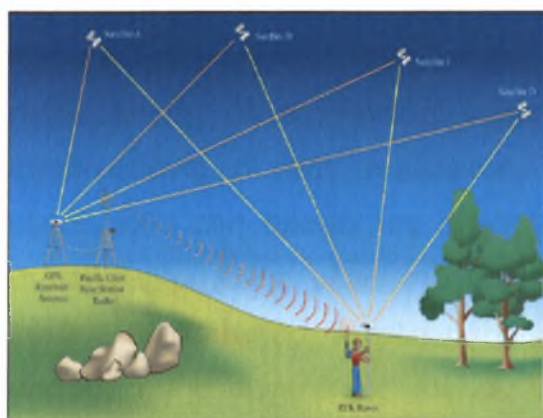


Σχήμα 2: DGPS. Χρησιμοποιείται ένας σταθερός επίγειος δέκτης και ταυτόχρονα πομπός με γνωστή θέση.

γνωστή, είναι γνωστή και η απόσταση μεταξύ των δορυφόρων και του διαφορικού σταθμού. Ο σταθμός αυτός μετράει συνεχώς την επίδραση των παραγόντων που προκαλούν παραμορφώσεις στο σήμα των δορυφόρων με τους οποίους έχει επαφή. Στην συνέχεια στέλνει σήματα στον κινητό δέκτη GPS (που π.χ. μπορεί να βρίσκεται πάνω στο γεωργικό μηχάνημα), ο οποίος λαμβάνοντας σήματα από τον σταθερό δέκτη και από τους δορυφόρους ταυτόχρονα, διορθώνει την ένδειξή του. Η διαφορική διόρθωση παρέχεται σαν υπηρεσία από διάφορους κρατικούς ή ιδιωτικούς φορείς, με κάποια συνδρομή. Το GPS που χρησιμοποιεί την μέθοδο αυτή ονομάζεται Differentially Corrected GPS ή DGPS και είναι ακριβέστερο του απλού. (Pfof, 1999).

Η Διαφορική (Differential) Διόρθωση είναι ένας τρόπος εξάλειψης του σφάλματος που προκαλείται από τους διάφορους περιοριστικούς παράγοντες της ακρίβειας του δέκτη GPS που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένας σταθερός επίγειος δέκτης και ταυτόχρονα πομπός GPS (διαφορικός σταθμός), με γνωστή θέση (σχήμα 2). Εφόσον και η θέση των δορυφόρων είναι επίσης

RTK (Real Time Kinematic) GPS



Σχήμα 3: RTK GPS.

GPS, που αυξάνει την ακρίβεια προσδιορισμού θέσης μέχρι και σε ένα εκατοστό (Wikipedia). Το RTK χρησιμοποιείται, όχι μόνο ως όργανο ακριβείας αλλά και για τα συστήματα ναυσιπλοΐας ή την αυτόματη καθοδήγηση μηχανών που παρέχει πλεονεκτήματα πέρα από τις παραδοσιακές μεθόδους προσδιορισμού θέσης, αυξάνοντας την ακρίβεια και άρα την παραγωγικότητα. (πηγή : [http 1](http://1))



Το GPS στον αγροτικό τομέα

Χάρη στο GPS, οι γεωργοί μπορούν να εργαστούν στα χωράφια τους με μεγαλύτερη ακρίβεια. Μπορούν να λάβουν υπόψη τους τις διαφορές που υπάρχουν μέσα σ' ένα χωράφι, συνδυάζοντας τις πληροφορίες που στέλνονται

από τους δορυφόρους και εκείνες που λαμβάνονται στο έδαφος. Για παράδειγμα, οι θεριζοαλωνιστικές μηχανές είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες που καταγράφουν, ανά πάσα στιγμή, την ποσότητα καρπού που συγκομίζεται καθώς επίσης και το ποσοστό υγρασίας του καρπού. Οι πληροφορίες αυτές αποθηκεύονται σ' έναν υπολογιστή. Ταυτόχρονα ένας δέκτης GPS που έχει τοποθετηθεί στη οροφή της μηχανής καταγράφει τη γεωγραφική θέση της θεριστικής μηχανής μέσα στο χωράφι, με ακρίβεια περίπου ενός μέτρου. Συνδυάζοντας αυτές τις πληροφορίες, ο γεωργός γνωρίζει με ακρίβεια την ποσότητα της συγκομιδής του σε κάθε σημείο του χωραφιού του. Με τη βοήθεια ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή και κατάλληλου λογισμικού μπορούν να δημιουργηθούν χάρτες παραγωγής του χωραφιού. Αν υπάρχουν διαφορές στην απόδοση ανάμεσα στα διάφορα τμήματα του χωραφιού, ο γεωργός θα μπορέσει να τις διορθώσει, είτε δουλεύοντας διαφορετικά το έδαφος, είτε καθορίζοντας διαφορετικές δόσεις λιπασμάτων κτλ.

B) Γεωγραφικά Συστήματα Δεδομένων (GIS)

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ), γνωστό ευρέως και ως G.I.S. - Geographic Information Systems, είναι ένα σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) και συσχετισμένων ιδιοτήτων (Wikipedia, 2008). Στην πιο αυστηρή μορφή του, είναι ένα λογισμικό, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόσει, αναλύσει και παρουσιάσει γεωγραφικά - συσχετισμένες (geographically - referenced) πληροφορίες. Σε πιο γενική μορφή, ένα ΓΣΠ είναι ένα εργαλείο "έξυπνου χάρτου" το οποίο επιτρέπει τους χρήστες του να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις (αναζητήσεις δημιουργημένες από τον χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data) και να προσαρμόσουν δεδομένα. Βασικό χαρακτηριστικό των ΓΠΣ είναι το γεγονός ότι λειτουργούν με γεωγραφικές συντεταγμένες σε αντίθεση με άλλα συστήματα διανυσματικής σχεδίασης (CAD). (πηγή: [http 2](http://2))

Πως λειτουργεί ένα GIS

Όλα τα δεδομένα σε ένα ΓΣΠ είναι «γεωκαταχωρημένα» (georeferenced), βρίσκονται δηλαδή άμεσα συνδεδεμένα με μια συγκεκριμένη γεωγραφική τοποθεσία της επιφάνειας της Γης μέσω ενός συστήματος

συντεταγμένων. Ένα από τα πιο συνηθισμένα συστήματα γεωγραφικών συντεταγμένων είναι αυτό του γεωγραφικού μήκους και γεωγραφικού πλάτους. Σ' αυτό το σύστημα συντεταγμένων, κάθε τοποθεσία προσδιορίζεται σχετικά με τον Ισημερινό και τη γραμμή μηδενικού γεωγραφικού μήκους που περνά από το φημισμένο αστεροσκοπείο Γκρίνουιτς, στο Λονδίνο. Υπάρχουν, όμως, και πολλά άλλα γεωγραφικά συστήματα συντεταγμένων, συνεπώς κάθε GIS σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να μετατρέπει τις συντεταγμένες από το ένα σύστημα στο άλλο. Η χωρική πληροφορία αναπαρίσταται με δυο τρόπους: ως διανυσματικά δεδομένα με τη μορφή σημείων, γραμμών και πολυγώνων, ή ως δικτυωτά (raster) δεδομένα, οργανωμένα συστηματικά σε κελιά (όπως π.χ. μια ψηφιακή εικόνα). (πηγή: <http> 2)

Οι 5 βασικές συνιστώσες ενός ΓΣΠ είναι:

- Αναγνώριση και συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για τη συγκεκριμένη εφαρμογή (Data Acquisition),
- Προεπεξεργασία, δηλαδή προετοιμασία των συλλεχθέντων στοιχείων, έτσι ώστε να μπορούν να εισαχθούν στον υπολογιστή, και εισαγωγή τους σε αυτόν (Preprocessing),
- Διαχείριση Δεδομένων με τη δημιουργία της Βάσης Δεδομένων (Data Management),
- Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων (Manipulation and Analysis) με διάφορες μεθόδους, και
- Παραγωγή Αποτελεσμάτων σε έντυπη (hard copy) ή μη έντυπη (soft copy) μορφή (Product Generation).

Περιγραφικά και χωρικά δεδομένα

Τα χωρικά δεδομένα ενός ΓΣΠ μπορούν να χωριστούν σε 2 μεγάλες κατηγορίες: Περιγραφικά (Στατιστικά) Δεδομένα (Attribute Data) και Γεωγραφικά (Χαρτογραφικά) Δεδομένα (Chartographic Data).

Ως Περιγραφικά (Στατιστικά) Δεδομένα μπορούν να οριστούν αυτά που περιγράφουν φαινόμενα τα οποία συμβαίνουν στο χώρο ή παραμέτρους, οι οποίες χαρακτηρίζουν το χώρο (π.χ. χρήση γης, ή κατάσταση ενός κτιρίου κ.λπ.). Τα δεδομένα αυτά κωδικοποιούνται, αποθηκεύονται σε Βάσεις Δεδομένων (Data Bases) και αποτελούν ένα πληροφοριακό σύστημα για το χώρο, με τη βοήθεια του οποίου είναι δυνατή η στατιστική ανάλυση και

επεξεργασία των στοιχείων καθώς και η μη Χωρική Αναζήτηση Πληροφοριών (Aspatial Query) (π.χ. πόσος είναι ο πληθυσμός ηλικίας 12-18 χρόνων σε ακτίνα 200 μέτρων γύρω από ένα σχολείο).

Ως Γεωγραφικά (Χαρτογραφικά) Δεδομένα μπορούν να οριστούν αυτά, που προσφέρουν τη δυνατότητα μιας υπό κλίμακα απεικόνισης του χώρου πάνω σε ένα επίπεδο (την οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή ή το χαρτί σχεδίασης). Τα δεδομένα αυτά μπορούν να αποθηκευτούν με δύο τρόπους (Τεχνολογία Διανύσματος (Vector) ή Τεχνολογία Πλέγματος (Raster) και μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: σε αυτά, που περιγράφουν τη Γεωμετρία (Geometry) του χώρου και σε αυτά, που περιγράφουν την Τοπολογία (Topology) του χώρου, δηλαδή, τη σχέση που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τη σύνδεση, τη συνέχεια και τη γειτνίαση των δομικών στοιχείων ενός χάρτη. Τα δεδομένα που περιγράφουν τη Γεωμετρία του χώρου είναι αυτά τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα εντοπισμού ενός φαινομένου στο έδαφος και ταυτόχρονα προσδιορισμού του σχήματός του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια Σημειακών (Σημείων (Points)), Γραμμικών (Γραμμών ή Τόξων (Arcs ή Lines)) ή Επιφανειακών (Πολυγώνων ή Επιφανειών (Polygons ή Areas)) Στοιχείων. Βασική έννοια για την οργάνωση ενός ΓΣΠ είναι η Διαστρωμάτωση της Πληροφορίας (Layers of Information, Overlay Technique). Ως Διαστρωμάτωση μπορεί να οριστεί η λογική οργάνωση της Πληροφορίας σε Επίπεδα (Layers) ομοιογενών πληροφοριών. Κατ' αυτό τον τρόπο ένας χάρτης μπορεί να χωριστεί σε πολλά επίπεδα, καθένα από τα οποία δίνει ένα είδος πληροφορίας, περιλαμβάνοντας τα απαραίτητα, για το σκοπό αυτό, στοιχεία (π.χ. οικοδομικές γραμμές, δίκτυα υποδομής κ.λπ.). Τα συστήματα GIS αποτελούν μια καθ' όλα ενεργό περιοχή της σύγχρονης, ψηφιακής τεχνολογίας με ετήσια ανάπτυξη 20% και τζίρους πολλών εκατομμυρίων ευρώ. Η ικανότητα των συστημάτων αυτών να αποθηκεύουν σχέσεις ανάμεσα στα χαρακτηριστικά, πέρα από τα ίδια τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητές τους, είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά ισχύος και ευελιξίας αυτής της τεχνολογίας. Τα ΓΣΠ έχουν πολλές και ενδιαφέρουσες εφαρμογές στην ανάλυση του χώρου και την επεξεργασία γεωγραφικά προσδιορισμένων πληροφοριών. Με τη βοήθεια τεχνικών, όπως: Περιγραφική Χωροθέτηση, Αναλυτική Χωροθέτηση, Οριοθέτηση, Βελτιστοποίηση, Ανάλυση Γειτνίασης, Υπολογισμός Ελάχιστης Διαδρομής, Τοπογραφική Ανάλυση και

Ανάλυση Διαδρόμου ή Παραθύρου, τα ΓΣΠ αποτελούν σήμερα το βασικό εργαλείο μελέτης σε πάρα πολλούς τομείς, όπως: Κτηματολόγιο, Μεταφορές, Κινητή Τηλεφωνία, Δίκτυο Διανομών, κ.ά.

Εφαρμογές GIS

Τυπικές εφαρμογές των συστημάτων GIS βρίσκονται στη διαχείριση του περιβάλλοντος και των πόρων του, στο σχεδιασμό και ανάπτυξη νέας υποδομής για οικισμούς, στις θαλάσσιες και επίγειες μεταφορές, στην ασφάλεια στη θάλασσα, στις βιομηχανίες τηλεπικοινωνιών, ύδατος και ηλεκτρικού (όπου η έμφαση δίνεται στη συντήρηση και λειτουργία των δικτύων τους), ακόμα και για στρατιωτικές εφαρμογές. Στον τομέα των στρατιωτικών εφαρμογών μάλιστα (αλλά και στις προηγούμενες), τα ΓΣΠ συνεργάζονται άψογα με το σύστημα GPS, το στρατιωτικό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης που αναπτύχθηκε από το υπουργείο άμυνας των ΗΠΑ, αλλά σήμερα πλέον αποτελεί βοήθημα της πλοήγησης σε Ευρώπη και ΗΠΑ. Τα συστήματα γεωγραφικών δεδομένων βρίσκουν εφαρμογή και στην γεωργία. Μπορούν να απεικονίσουν τη χαρτογράφηση των αγροτεμαχίων ενός παραγωγού, βοηθούν το εθνικό κτηματολόγιο, επίσης με τη βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού μπορούν να απεικονίσουν τον χάρτη παραγωγής, εφαρμογής χημικών ή λιπασμάτων, και τέλος μπορούν να δώσουν πληροφορίες για την σύσταση του εδάφους, την αγωγιμότητα κτλ. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες στους ίδιους τους παραγωγούς ή στους γεωπόνους. (πηγή : <http> 2)

Γ) Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing)

Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing) γενικά ονομάζεται η τεχνική συλλογής στοιχείων (δεδομένων) για τον προσδιορισμό της φύσης και των ιδιοτήτων ενός ή περισσότερων αντικειμένων μιας περιοχής, από απόσταση (από τον αέρα ή το διάστημα), χωρίς τη φυσική επαφή με τα αντικείμενα αυτά (Αντάρας, 2006).

Αυτό επιτυγχάνεται:

α) με τη βοήθεια ειδικών συστημάτων καταγραφής των αντικειμένων (δεδομένων), και

β) με τη βοήθεια ειδικών συστημάτων οπτικής και ψηφιακής επεξεργασίας των δεδομένων (φωτογραφιών και εικόνων).

Οι δέκτες αυτοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1) Σ' αυτούς που δίδουν εικόνα (imaging sensors), τους "απεικονιστές", και

2) Σ' αυτούς που δεν δίδουν εικόνα (non imaging sensors), τους "ανεικονιστές" (ανεικονικούς δέκτες).

Μετά από την πρώτη ταξινόμηση (διαχωρισμό) των δεκτών, ο ορισμός της Τηλεπισκόπησης στις γεωεπιστήμες μπορεί να περιορισθεί και να γραφεί ως εξής: ως η επιστήμη μέτρησης από μακριά, με τη βοήθεια δεκτών που δίδουν εικόνες (τους απεικονιστές ή συστήματα απεικόνισης / εικονοληψίας) της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (κυρίως μεταξύ 0,4 nm - 30 nm), η οποία ανακλάται, σκεδάζεται ή εκπέμπεται από ένα ή περισσότερα αντικείμενα πάνω στην επιφάνεια της Γης. Ο τελικός σκοπός είναι να προσδιορισθούν, με τη βοήθεια των συστημάτων οπτικής και ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων, η φύση και οι ιδιότητες των αντικειμένων αυτών. Μερικά από τα συστήματα απεικόνισης είναι "φωτογραφικά" (ευαίσθητα στο ορατό φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας), άλλα όχι (μη φωτογραφικά) και λειτουργούν όχι μόνο από τον αέρα (αεροπλάνα, ελικόπτερα κ.λπ.), αλλά και από το διάστημα (δορυφόροι, διαστημόπλοια).

Επειδή σήμερα στις γεωεπιστήμες χρησιμοποιούνται πάρα πολύ οι εικόνες (images), δηλαδή καταγραφές σε ορατά και μη ορατά τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (π.χ. οι γνωστές σε όλους μας ασπρόμαυρες και έγχρωμες αεροφωτογραφίες, οι θερμικές υπέρυθρες εικόνες και εικόνες ραντάρ που προκύπτουν από αεροπλάνα ή δορυφόρους κ.ά.), ο όρος της τηλεπισκόπησης (remote sensing) έχει συνήθως τη σημασία της «τηλεεικόνας» (remote imaging) (Verstappen, 1977).

Δ) Αισθητήρες παραγωγής

Πρόκειται για μηχανισμούς που μπορούν να εγκατασταθούν στις μηχανές συγκομιδής των γεωργικών προϊόντων και παρέχουν δεδομένα στην κεντρική

μονάδα ελέγχου που βρίσκεται συνήθως στην καμπίνα του χειριστή του μηχανήματος (σχήμα 4).

Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων (Παπασικονόμου, 2003):

- Αισθητήρας μέτρησης παραγωγής: Είναι ο βασικότερος. Εγκαθίσταται σε συγκεκριμένα σημεία των συγκομιστικών μηχανών και μετράει την ροή της παραγωγής (σχήμα 5).
- Αισθητήρας μέτρησης υγρασίας: Εγκαθίσταται και αυτός σε συγκεκριμένα σημεία των μηχανών συγκομιδής (μέχρι σήμερα στις θεριζοαλωνιστικές μηχανές) και μετράει το ποσοστό υγρασίας του συγκομιζόμενου προϊόντος (σχήμα 6).
- Αισθητήρας μέτρησης της ταχύτητας: Εγκαθίσταται στους τροχούς της μηχανής συγκομιδής και μετράει την ταχύτητα της. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί οι νεότερης τεχνολογίας αισθητήρες που μετρούν την ταχύτητα της μηχανής συγκομιδής με τη βοήθεια λέιζερ, και
- Ζυγαριές ακριβείας: χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση του συστήματος.



Σχήμα 4: Κονσόλα Ελέγχου.



Σχήμα 5: Αισθητήρας μέτρησης παραγωγής.

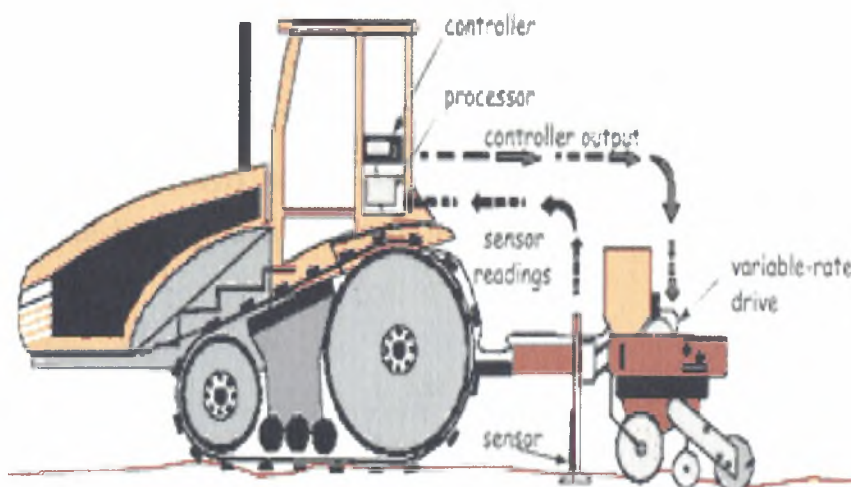


Σχήμα 6: Αισθητήρας μέτρησης υγρασίας.

Ε) Εφαρμογή Μεταβαλλόμενων Δόσεων

Το σύστημα εφαρμογής μεταβαλλόμενων δόσεων περιλαμβάνει τη μονάδα ελέγχου, αισθητήρες, το σύστημα προσδιορισμού θέσεως (GPS), και τον εξοπλισμό που μεταβάλλει την ποσότητα εφαρμογής (βλέπε σχήμα 7) (Clark, 1996).

Το GPS απαιτείται για να προσδιορίζει συνεχώς την ακριβή θέση του εξοπλισμού και να ενημερώνει συνεχώς την μονάδα ελέγχου. Η ακρίβεια που πρέπει να έχει το GPS είναι πολύ σημαντική και συνήθως χρησιμοποιείται GPS με διαφορική διόρθωση (DGPS) ή RTK GPS. Η μονάδα ελέγχου συνδυάζει τα στοιχεία των χαρτών εφαρμογής, τα δεδομένα από το GPS και τους αισθητήρες και με τη βοήθεια του εξοπλισμού μεταβάλλει τις δόσεις εφαρμογής. Οι πιο σημαντικές εφαρμογές μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων έχουν σημειωθεί στην εφαρμογή λιπασμάτων και ειδικότερα σε N, P και K, όπως επίσης και στην εφαρμογή ασβέστη σε όξινα εδάφη (Gemtos et al., 2002). Επιπρόσθετα, συστήματα διαφοροποίησης εφαρμογής αρδευτικού νερού έχουν δώσει πολύ θετικά αποτελέσματα στην καλύτερη αξιοποίηση και οικονομία του αρδευτικού νερού (Al-Kufaishi, et al., 2005).



Σχήμα 7: Το σύστημα εφαρμογής μεταβαλλόμενων δόσεων περιλαμβάνει τη μονάδα ελέγχου, αισθητήρες, το σύστημα προσδιορισμού θέσεως (GPS), και τον εξοπλισμό που μεταβάλλει την ποσότητα εφαρμογής.

2. Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μια φυσική ιδιότητα του εδάφους και ορίζεται ως η ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από την μάζα του (Lund, 1999). Η αγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται κυρίως μέσω των τριχοειδών διαστάσεων πόρων που σχηματίζουν μεταξύ τους τα εδαφικά συσσωματώματα. Οι πόροι αυτοί περιέχουν νερό και ιόντα σε διάλυση (εδαφικό διάλυμα). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους μετράται σε milliSiemens / m και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες που έχουν επίδραση και στην παραγωγικότητα του (Lund, 1999).

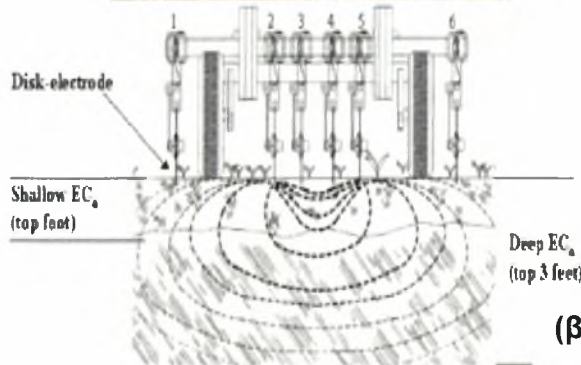
Οι κυριότεροι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η μηχανική σύσταση του εδάφους και η υγρασία. Άλλοι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η συμπίεση του εδάφους, η οργανική ουσία και η θερμοκρασία.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορεί να μετρηθεί με τη δημιουργία διαφοράς δυναμικού στο έδαφος και μετρώντας την αγωγιμότητα. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται σύνθεση τεσσάρων ηλεκτροδίων (four-electrode configuration) και αρχικά προτάθηκε από τον Wenner ήδη από το 1915.

Το Veris είναι μια συσκευή μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας η οποία βασίζεται σε αυτή τη διάταξη. Το Veris είναι μια διάταξη που αποτελείται από 6 δίσκους (3 ζεύγη) οι οποίοι έρχονται σε επαφή με το έδαφος και δρουν ως ηλεκτρόδια (σχήμα 8β). Το εσωτερικό ζεύγος δίσκων έχει αρνητικό φορτίο, ενώ τα άλλα δυο ζεύγη καταγράφουν το ηλεκτρικό πεδίο σε διαφορετικές αποστάσεις και άρα την αγωγιμότητα σε δυο διαφορετικά βάθη, 0 - 30 εκ. και 0 - 90 εκ.



(α)



(β)

Σχήμα 8 (α): Το Veris είναι ρυμουλκούμενο και περιλαμβάνει έναν δέκτη GPS ώστε να καταγράφεται το σημείο της κάθε μέτρησης.

Σχήμα 8 (β): Το Veris είναι μια διάταξη που αποτελείται από 6 δίσκους (3 ζεύγη) οι οποίοι έρχονται σε επαφή με το έδαφος και δρουν ως ηλεκτρόδια.

Το όλο σύστημα είναι ρυμουλκούμενο και περιλαμβάνει και έναν δέκτη GPS ώστε να καταγράφεται το σημείο της κάθε μέτρησης στην κεντρική μονάδα, που βρίσκεται στην καμπίνα του οχήματος (σχήμα 8α). Το σύστημα καταγράφει μια μέτρηση ανά δευτερόλεπτο και μπορεί να κινηθεί με ταχύτητες 5 έως 20 χλμ. / ώρα σε παράλληλα μονοπάτια απόστασης από 4 έως 15 μέτρα. Το Veris 3100 καταγράφει τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας ταυτόχρονα στο στρώμα του εδάφους (0 - 30 εκ.) και στο υπέδαφος (0 - 90 εκ.).

Οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας καθώς και το στίγμα από το GPS μεταφέρονται από την κεντρική κονσόλα σε μια δισκέτα και έπειτα μπορούν να μεταφερθούν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού μπορούν να μετατραπούν σε ψηφιακό χάρτη. Ο χάρτης αυτός μπορεί να μας δείξει με διαφορετικά χρώματα τις διαφορές στην εδαφική σύνθεση μέσα στο ίδιο το χωράφι. Όπου έχουμε υψηλότερες τιμές αγωγιμότητας, το έδαφος αποτελείται από υψηλότερο ποσοστό αργίλου και οργανικής ουσίας και όπου χαμηλότερες, το αντίστροφο. Ένας χάρτης ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί δείξει την εδαφική σύσταση σε κάθε σημείο του χωραφιού και να μας καθοδηγήσει σε μεταβαλλόμενες καλλιεργητικές

φροντίδες.

3. Ζώνες Διαχείρισης (Management Zones)

Θεμελιώδης αρχή της γεωργίας ακριβείας είναι το να προσαρμόσουμε τις εισροές στις απαιτήσεις του κάθε τμήματος του χωραφιού, δηλαδή αν κάποιο σημείο χρειάζεται περισσότερη ή λιγότερη λίπανση να το κάνουμε, αν σε μια καλλιέργεια απαιτείται συγκομιδή νωρίτερα σε κάποιο σημείο του χωραφιού πρέπει να γίνει για να αποφύγουμε απώλειες ή να πετύχουμε καλύτερη ποιότητα του προϊόντος π.χ. ποιότητα κρασιού ή περιεκτικότητα του σιτηρού σε πρωτεΐνες. Υπάρχουν δηλαδή κάποια σημεία στα χωράφια τα οποία απαιτούν διαφορετικές φροντίδες από το υπόλοιπο χωράφι και με βάση αυτά τα σημεία το χωράφι χωρίζεται σε Ζώνες (σχήμα 9).

Ως Ζώνες Διαχείρισης ορίζονται τα σημεία εκείνα που έχουν κοινά εδαφολογικά ή αγρονομικά χαρακτηριστικά (Blackmore, 2003). Οι Ζώνες Διαχείρισης είναι ο πιο πρακτικός τρόπος για την εφαρμογή της θεωρίας της γεωργίας ακριβείας.

Οι Ζώνες Διαχείρισης δεν είναι κάτι πρωτόγνωρο στην γεωργία. Έχει την ίδια ηλικία με την ίδια την γεωργία. Ανέκαθεν οι αγρότες ήξεραν εμπειρικά πως κάποιο ή κάποια σημεία στο χωράφι τους απαιτούσαν κάποια διαφορετική φροντίδα. Οι αγροί γενικά έχουν χαρακτηριστικά που διαφέρουν από σημείο σε σημείο. Αυτά μπορεί να είναι εδαφικά (διαφορετική μηχανική σύσταση), τοπογραφικά (βαθουλώματα – υψώματα) κλπ. Παντού υπάρχουν χωράφια τα οποία έχουν κάποια σημεία τα οποία απαιτούν κάποια ιδιαίτερη φροντίδα και αυτό είναι γεγονός. Για παράδειγμα αν κάποιο σημείο δεν είναι πολύ παραγωγικό τότε ο αγρότης θα ψάξει την αιτία και αν δεν έχει το επιθυμητό αριθμό φυτών θα ρίξει περισσότερο σπόρο εκεί ή θα προσπαθήσει με λιπάσματα να το κάνει πιο παραγωγικό.

Συμπεραίνουμε επομένως πως τα χωράφια από μόνα τους παρουσιάζουν παραλλακτικότητα διαφόρων ιδιοτήτων και επομένως χωρίζονται σε Ζώνες Διαχείρισης. Με την πάροδο των χρόνων όμως οι εκτάσεις των αγροτών μεγάλωσαν με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο στον αγρότη να γνωρίζει όλα εκείνα τα σημεία των χωραφιών του που απαιτούν ιδιαίτερες φροντίδες. Εδώ έρχεται να δώσει λύση η τεχνολογία.

Δημιουργία ζωνών διαχείρισης

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη μέθοδος για τον καθορισμό ζωνών Διαχείρισης, κάθε χωράφι έχει διαφορετική συμπεριφορά και για τον καθορισμό ζωνών χρειάζεται διαφορετική αντιμετώπιση.

Ο καθορισμός ζωνών εξαρτάται από τα στοιχεία που έχουμε για το χωράφι και από την ικανότητα που έχουμε να καθορίσουμε τις Ζώνες με βάση τα στοιχεία αυτά. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και η φύση του χωραφιού, αν δηλαδή έχει σημαντική παραλλακτικότητα κάποιων ιδιοτήτων του και επομένως μπορεί να χωριστεί σε Ζώνες. (Kvien, 2000)

Στοιχεία από τα οποία μπορούμε να καθορίσουμε Ζώνες είναι :

- Χάρτες παραγωγής, στοιχείο ιδιαίτερα χρήσιμο καθώς αποτελεί όχι μόνο κριτήριο διαχωρισμού των ζωνών αλλά και τελικής αξιολόγησης του επιτυχημένου διαχωρισμού,
- Εδαφολογικά στοιχεία, ηλεκτρική αγωγιμότητα, μηχανική σύσταση, pH, περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία κτλ.,
- Αεροφωτογραφίες, γυμνού εδάφους και βλάστησης,
- Τοπογραφικοί χάρτες που υποδεικνύουν ανωμαλίες στο χωράφι, υψωματάκια, λακκούβες,
- Σύνορα χωραφιού, κτήρια μέσα στο χωράφι, δέντρα, βράχια κτλ.,
- Αναφορές για πυκνότητα ζιζανίων, προσβολές από έντομα άλλα παράσιτα όπως νηματώδεις κλπ, και
- Προηγούμενες μεταχειρίσεις δηλαδή το ιστορικό διαχείρισης του αγροκτήματος.



Σχήμα 9: Ζώνες Διαχείρισης.

Επιθυμητά βασικά χαρακτηριστικά των Ζωνών Διαχείρισης είναι :

- Η σταθερότητα στον χρόνο,
- Ευκολία στην οριοθέτηση,
- Σχέση με την παραγωγή, και
- Χαμηλό κόστος.

Αριθμός Ζωνών Διαχείρισης

Ο αριθμός των ζωνών διαχείρισης ποικίλει, από μια έως πολλές.

Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν τον αριθμό ζωνών είναι:

- Το μέγεθος το χωραφιού. Η ζώνη διαχείρισης πρέπει να έχει ένα μέγεθος που να είναι διαχειρίσιμο δηλαδή να μπορεί ο γεωργικός εξοπλισμός να εφαρμόσει διαφορετικές εισροές και επομένως δεν μπορούν οι ζώνες να είναι μικρότερες από κάποιο μέγεθος που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος του γεωργικού εξοπλισμού
- Η παραλλακτικότητα του χωραφιού, και
- Η ικανότητα να διαχωρίσουμε το χωράφι σε ζώνες με βάση τα στοιχεία που έχουμε.

Το μέγεθος καθώς και το σχήμα των ζωνών διαχείρισης καθορίζεται κατά κύριο λόγο από την ικανότητα του αγρότη να διαχειριστεί τις διαφορετικές ζώνες και εξαρτάται από τον εξοπλισμό που διαθέτει, για παράδειγμα, αν ένα ψεκαστικό έχει πλάτος εργασίας 15 μέτρα είναι δύσκολο δημιουργήσουμε ζώνες οι οποίες έχουν πλάτος μικρότερο από 15 μέτρα. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν και τα όρια του χωραφιού.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1. Περιγραφή του οπωρώνα και μετρήσεις

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε καλλιέργεια μηλιάς ποικιλίας Red Chief στην περιοχή Αγιά Λάρισας, το έτος 2006 σε ένα αγροτεμάχιο έκτασης 50 στρ. Οι αποστάσεις φύτευσης στον οπωρώνα είναι 3,5 μ. μεταξύ των γραμμών και 2 μ. επί των γραμμών και σχήμα διαμόρφωσης παλέτα (σχήμα 10)



Σχήμα 10: Ο οπωρώνας.



2. Μετρήσεις

Πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις:

1. Χαρτογράφηση παραγωγής. Κατά την συγκομιδή οι καρποί τοποθετήθηκαν σε πλαστικά τελάρα τα οποία ζυγίστηκαν για να βρούμε την παραγωγή σε τόνους / στρέμμα (σχήμα 10),
2. Χαρτογράφηση ποιότητας. Λήφθηκαν 55 δείγματα που το καθένα αποτελούνταν από έξι καρπούς, και
3. Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους η οποία έγινε με το Veris 3100.

Η χαρτογράφηση παραγωγής έγινε τον Σεπτέμβριο του 2006 με ζύγιση της παραγωγής ανά δέκα δένδρα και ως συντεταγμένες χρησιμοποιήθηκαν οι θέσεις των δέντρων επειδή είναι συγκεκριμένες (σχήμα 11). Για την χαρτογράφηση ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών ελήφθησαν δείγματα καρπών σε ένα πλέγμα 30 μ. × 30 μ. και με συντεταγμένες πάλι τις θέσεις των δέντρων.



Σχήμα 11: Κατά την συγκομιδή οι καρποί τοποθετήθηκαν σε πλαστικά τελάρα τα οποία ζυγίστηκαν για να βρούμε την παραγωγή.

Κατά τη συγκομιδή λήφθηκαν δείγματα για την εκτίμηση της ποιότητας των καρπών. Συνολικά λήφθηκαν 55 δείγματα που το καθένα αποτελούνταν από έξι καρπούς. Για την εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών μετρηθήκαν τα εξής :

1. Μέσο βάρος καρπού σε g, και
2. Χρώμα φλοιού του καρπού. Η μέτρηση έγινε με χρωματόμετρο Hunter LAB, model Miniscan XE plus. Πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις στον ισημερινό του κάθε καρπού για τις παραμέτρους L^* , a^* και b^* , και υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Η συσκευή βαθμονομήθηκε πριν τις μετρήσεις, χρησιμοποιώντας άσπρη και μαύρη πλάκα.

Η παράμετρος L^* εκφράζει τη φωτεινότητα από μαύρο στο άσπρο σε μια κλίμακα από 0 έως 100 ($L^*=0$ μαύρο, $L^*=100$ άσπρο). Όσο πιο μεγάλο είναι το L^* τόσο πιο φωτεινό είναι το χρώμα του καρπού άρα και λιγότερο κόκκινο.

Οι παράμετροι L^* , a^* και b^* τοποθετούν το χρώμα σε ένα τρισδιάστατο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων όπου το L^* είναι κάθετο στο επίπεδο που σχηματίζουν τα a^* και b^* . Το a^* το τοποθετείται στον οριζόντιο άξονα και το b^* στον κατακόρυφο. Το χρώμα στο σημείο ($a^* = 0$, $b^* = 0$), είναι άχρωμο (γκρι). Στον οριζόντιο άξονα, $a^* > 0$ δείχνει απόχρωση κόκκινο - μωβ και $a^* < 0$ απόχρωση μπλε - πράσινο. Στον κατακόρυφο άξονα, $b^* > 0$ δείχνει απόχρωση κίτρινη και $b^* < 0$ μπλε

απόχρωση.

Μια πιο κατάλληλη μέτρηση του χρώματος γίνεται υπολογίζοντας την γωνία hue (H) και το chroma (C*), χρησιμοποιώντας τις παρακάτω εξισώσεις :

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

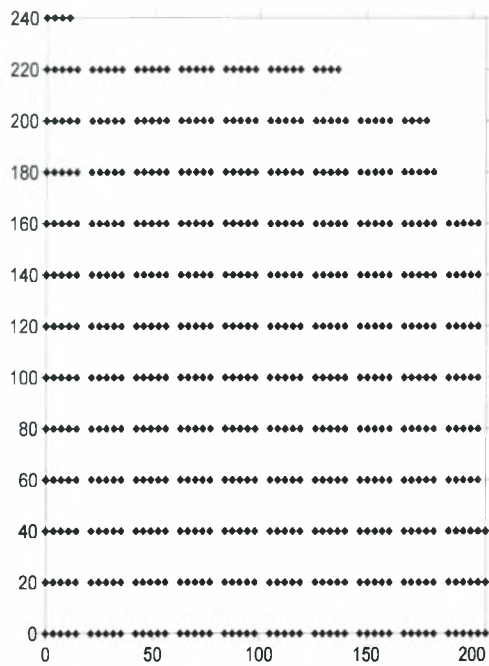
$$H^{\circ} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Το C* είναι ένας δείκτης ανάλογος με την ένταση του χρώματος από το γκρι μέχρι το έγχρωμο. Όσο πιο μεγάλο είναι το C*, τόσο πιο καθαρό χρώμα έχει ο καρπός.

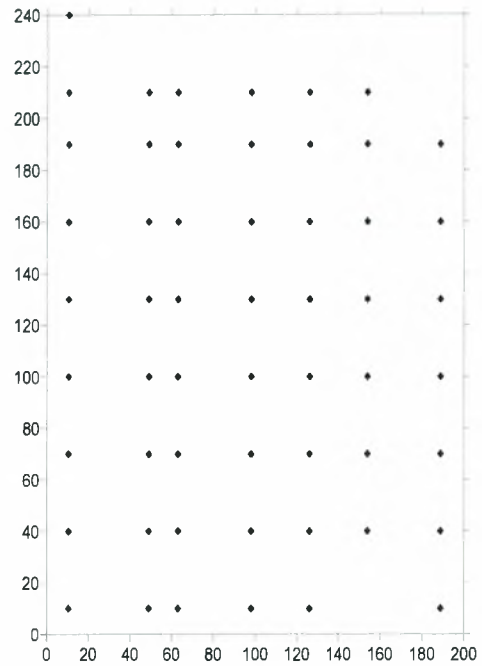
Η γωνία hue εκφράζει την απόχρωση. (H = 0° εκφράζει το κόκκινο - μωβ, H = 90° εκφράζει το κίτρινο, H = 180° το μπλε - πράσινο και H = 270° το μπλε). Σε συνδυασμό τα C* και H δίνουν το ακριβές, πραγματικό χρώμα ιδιαίτερα για έγχρωμους καρπούς, όπως τα κόκκινα μήλα (Mc Guire, 1992).

3. Σκληρότητα της σάρκας του καρπού σε N/mm². Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε μετά από αφαίρεση του φλοιού με πενετρόμετρο Effegi με έμβολο διαμέτρου 11mm.
4. Διαλυτά στερεά συστατικά (ΔΣΣ) του χυμού των μήλων (%) με διαθλασίμετρο Carl Zeiss Jena.
5. pH του χυμού με πεχάμετρο.
6. Οξύτητα του χυμού, με τιτλοδότηση χυμού με 0.1 N NaOH μέχρι pH=8,2 και υπολογισμό της οξύτητας σε (%) περιεκτικότητα σε μηλικό οξύ.

Οι θέσεις των δειγμάτων ποιότητας καταγράφηκαν για να είναι δυνατή η δημιουργία των χαρτών ποιότητας (σχήμα 12 (α) και (β)).

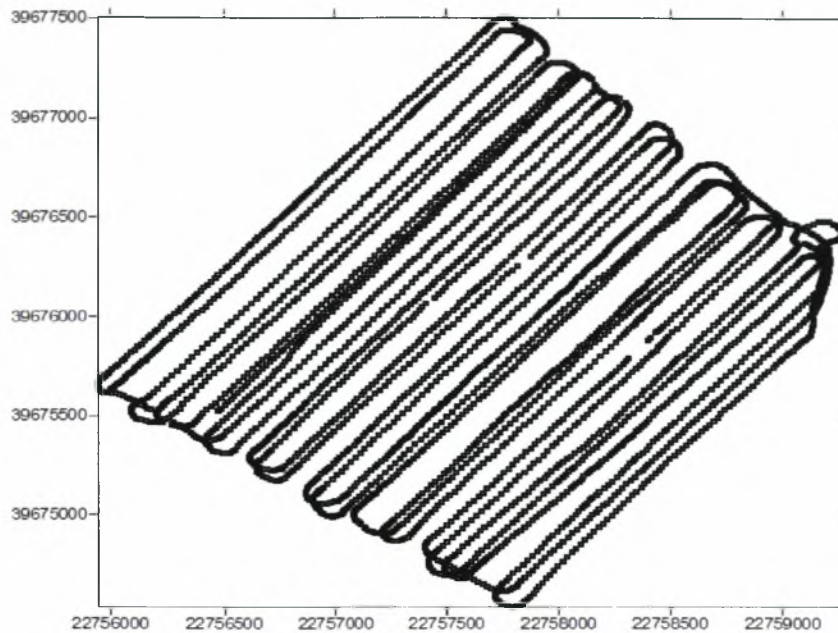


Σχήμα 12 (α): Οι θέσεις των δέντρων όπου ζυγίστηκαν τα τελάρα για την μέτρηση της παραγωγής.



Σχήμα 12 (β): Οι θέσεις των δέντρων από τα οποία πήραμε τα δείγματα για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους μετρήθηκε με το Veris 3100 σε δυο διαφορετικά βάθη (0 - 30 εκ. & 0 - 90 εκ.). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορεί να μετρηθεί με τη δημιουργία διαφοράς δυναμικού στο έδαφος και μετρώντας τη. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται σύνθεση τεσσάρων ηλεκτροδίων (four - electrode configuration) και αρχικά προτάθηκε από τον Wenner το 1915. Η συσκευή Veris 3100 ρυμουλκήθηκε σε όλη την έκταση του οπωρώνα με τη βοήθεια ενός αγροτικού οχήματος. Η πορεία του Veris φαίνεται στην σχήμα 13.



Σχήμα 13: Η πορεία του Veris στον οπτορώνα.

3. Επεξεργασία Δεδομένων

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη χρήση του λογισμικού χαρτογράφησης SURFER, το λογισμικό καθορισμού ζωνών διαχείρισης Management Zone Analyst και η επεξεργασία των περιγραφικών στατιστικών έγινε με το Microsoft Excel.

3.1. Surfer

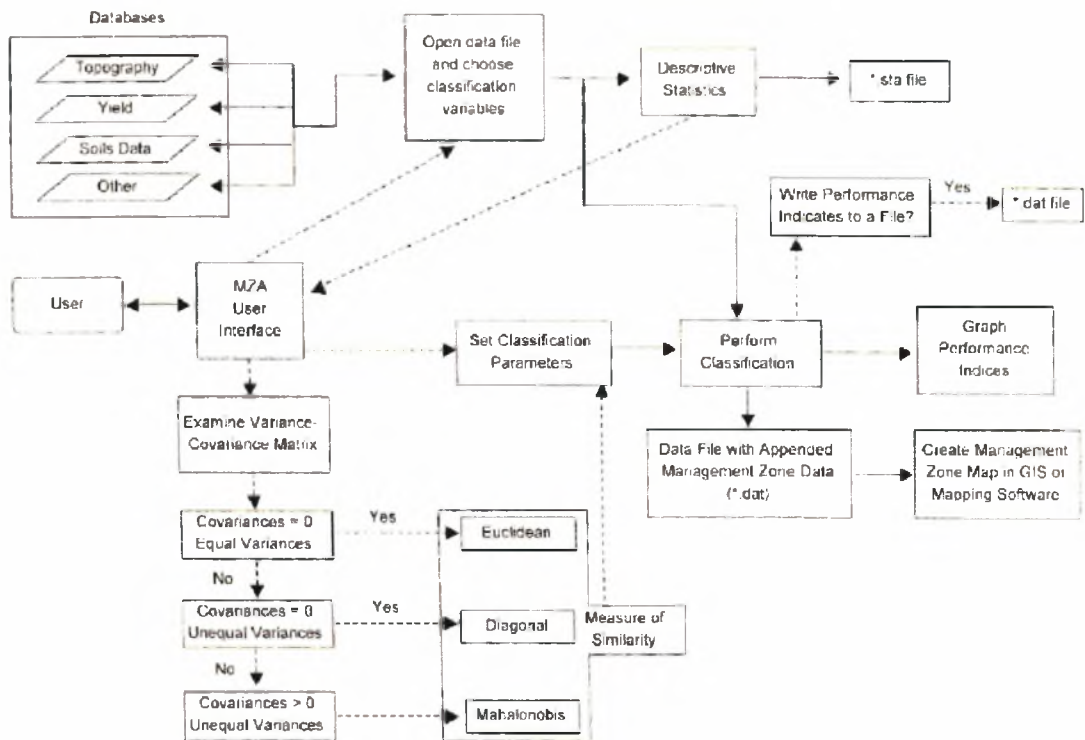
Το Surfer είναι ένα πλήρες και λειτουργικό πρόγραμμα μοντελοποίησης 3D επιφανειών. Η εξαιρετικά εξελιγμένη μηχανή παρεμβολών του, μετασχηματίζει σποραδικά X, Y, Z δεδομένα σε ψηφιακούς χάρτες. Το Surfer αναδεικνύει τις δυνατότητές του στην δημιουργία χαρτών ισούψων, διανυσμάτων, απόδοσης σκιών (shaded relief), εικόνων, post, και 3D wireframe. Πολλαπλοί χάρτες μπορούν να επικαλύψουν ο ένας τον άλλο, ώστε να αποκαλυφθούν τάσεις και σχέσεις των δεδομένων. Ένα ισχυρό λογιστικό φύλλο και εκτεταμένες ικανότητες εισαγωγής δεδομένων καθιστούν εύκολη την εισαγωγή των δεδομένων. Το Surfer χρησιμοποιείται εκτενώς στην δημιουργία μοντέλων εδάφους, οπτική παρουσίαση περιβάλλοντος χώρου, ανάλυση

επιφανειών, δημιουργία καννάβου, ογκομετρήσεις, δημιουργία χαρτών 2D και σε πολλές ακόμη εφαρμογές.

Το Surfer 8 της Golden Software είναι ένα λογισμικό δημιουργίας χαρτών είτε με απεικόνιση περιγράμματος είτε με τρισδιάστατη απεικόνιση. Τρέχει σε περιβάλλον Windows και είναι ιδιαίτερα φιλικό προς τον χρήστη.

3.2. Management Zone Analyst

Το MZA είναι ένα λογισμικό που αναπτύχθηκε σε περιβάλλον Visual Basic. Ο βασικός τρόπος λειτουργίας του είναι ο υπολογισμός των περιγραφικών στατιστικών και η απεικόνιση των ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο fuzzy c-means. Τα αρχεία δεδομένων που εισέρχονται στο MZA είναι αρχεία κειμένου ASCII (the American Standard Code for Information Interchange) οριοθετημένα με κόμμα. Τέτοιου είδους αρχεία εξάγονται εύκολα από βάσεις δεδομένων, υπολογιστικά φύλλα (πχ Microsoft Excel) και GIS λογισμικά και είναι άμεσα συμβατά με το MZA. Στην πρώτη σειρά του αρχείου κειμένου πρέπει να υπάρχουν τα ονόματα των μεταβλητών, επίσης οριοθετημένα με κόμμα. Τα δεδομένα που εισέρχονται μπορεί να είναι ιδιότητες εδάφους (π.χ. ηλεκτρική αγωγιμότητα), τοπογραφικά χαρακτηριστικά (π.χ. υψόμετρο, κλίση εδάφους), παραγωγή, γονιμότητα εδάφους κ.α. Το λογισμικό αυτό υπολογίζει μια μέση τιμή από τις τιμές που χρησιμοποιούνται. Ο αριθμός των ζωνών καθορίζεται από τη διαφορά των δεδομένων από τη μέση τιμή. Ο δείκτης FPI δείχνει τον βαθμό διαχωρισμού των κλάσεων και παίρνει τιμές από 0 έως 1. Καθώς οι τιμές του FPI πλησιάζουν στο 0 δείχνουν ευδιάκριτες κλάσεις ενώ όταν οι τιμές πλησιάζουν το 1 οι κλάσεις δεν είναι ευδιάκριτες και ένα σημείο του αγρού μπορεί να ανήκει σε παραπάνω από μία κλάσεις. Ο δείκτης NCE παίρνει επίσης τιμές από 0 έως 1 και κάνει εκτίμηση του ποσοστού της αποδιοργάνωσης που δημιουργείται από ένα ορισμένο αριθμό κλάσεων. Όταν ο NCE παίρνει τιμές κοντά 1 επικρατεί αποδιοργάνωση ενώ όταν παίρνει τιμές κοντά στο 0 επικρατεί καλύτερη οργάνωση. Όταν και οι δύο δείκτες έχουν ελάχιστη τιμή τότε έχουμε τον άριστο αριθμό κλάσεων. Ο τρόπος λειτουργίας φαίνεται στο σχήμα 14.



Σχήμα 14: Διάγραμμα ροής του MZA.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Περιγραφικά στατιστικά

Στους πίνακες 1 και 2 φαίνονται τα περιγραφικά στατιστικά (όπως ελάχιστη, μέγιστη, μέση τιμή και συντελεστής παραλλακτικότητας) των μετρούμενων μεγεθών. Παρατηρούμε η παραγωγή είχε μεγάλο εύρος τιμών (από 0,26 έως 8,5 τον. / στρ.) και υψηλό συντελεστή παραλλακτικότητας 0,43. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών έδειξαν μικρότερη παραλλακτικότητα με συντελεστές παραλλακτικότητας από 0,05 για την σκληρότητα σάρκας και τα διαλυτά στερεά συστατικά, 0,10 για το βάρος καρπού και 0,13 για την οξύτητα χυμού και την περιεκτικότητα του χυμού σε μηλικό οξύ.

Πίνακας 1: Περιγραφικά στατιστικά παραγωγής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους.

Περιγραφικά Στατιστικά	Παραγωγή (κιλά / στρ)	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (0 - 30 cm)	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (0 - 90 cm)
Ελάχιστη τιμή	0,2657	5,1	5
Μέγιστη τιμή	8,5028	59,5	91
Εύρος τιμών	8,237	54,4	86
Μέση τιμή	3,403	29,37	32,95
Διάμεσος	3,189	29,6	33
Τυπική απόκλιση	1,48	8,726	11,58
Συντελεστής Παραλλακτικότητας	0,43486	0,29711	0,35148

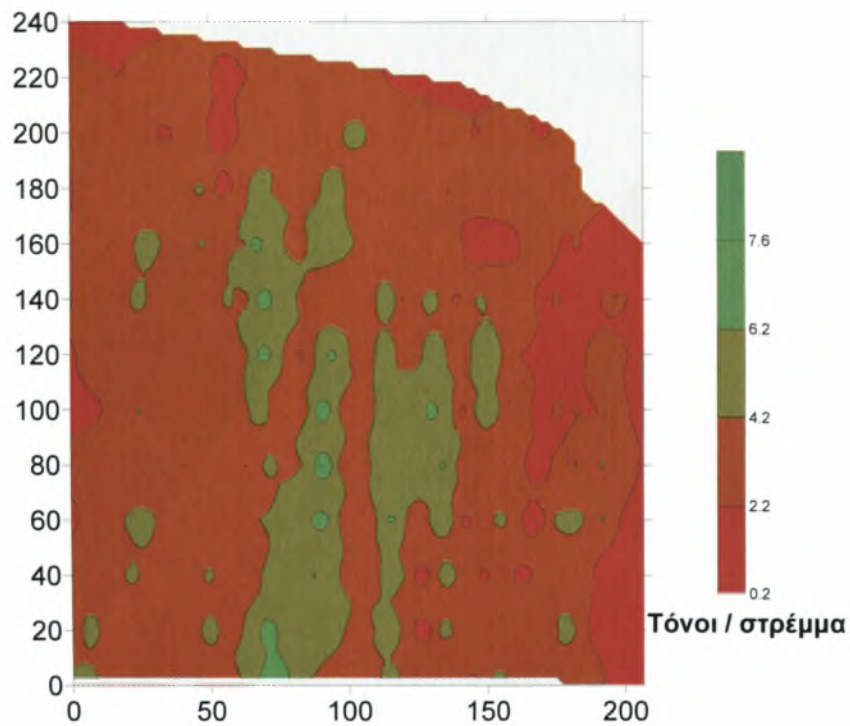
Πίνακας 2: Περιγραφικά στατιστικά ποιοτικών χαρακτηριστικών.

Περιγραφικά Στατιστικά	Οξύτητα	Μηλικό οξύ	Σκληρότητα Σάρκας (N)	ΔΣΣ	Βάρος καρπού (g)
Ελάχιστη τιμή	2,5	0,1675	62,39	12,8	178
Μέγιστη τιμή	4,8	0,3216	79,36	16,3	286
Εύρος τιμών	2,3	0,1541	16,97	3,5	108
Μέση τιμή	3,56	0,2383	71,734	14,79	232,691
Διάμεσος	3,5	0,2345	72,398	14,8	230
Τυπική απόκλιση	0,479	0,03168	3,994	0,7755	23,57
Συντελεστής Παραλλακτικότητας	0,13339	0,13397	0,05568	0,05244	0,1013

2. Χαρτογράφηση του οπωρώνα

2.1. Χαρτογράφηση παραγωγής

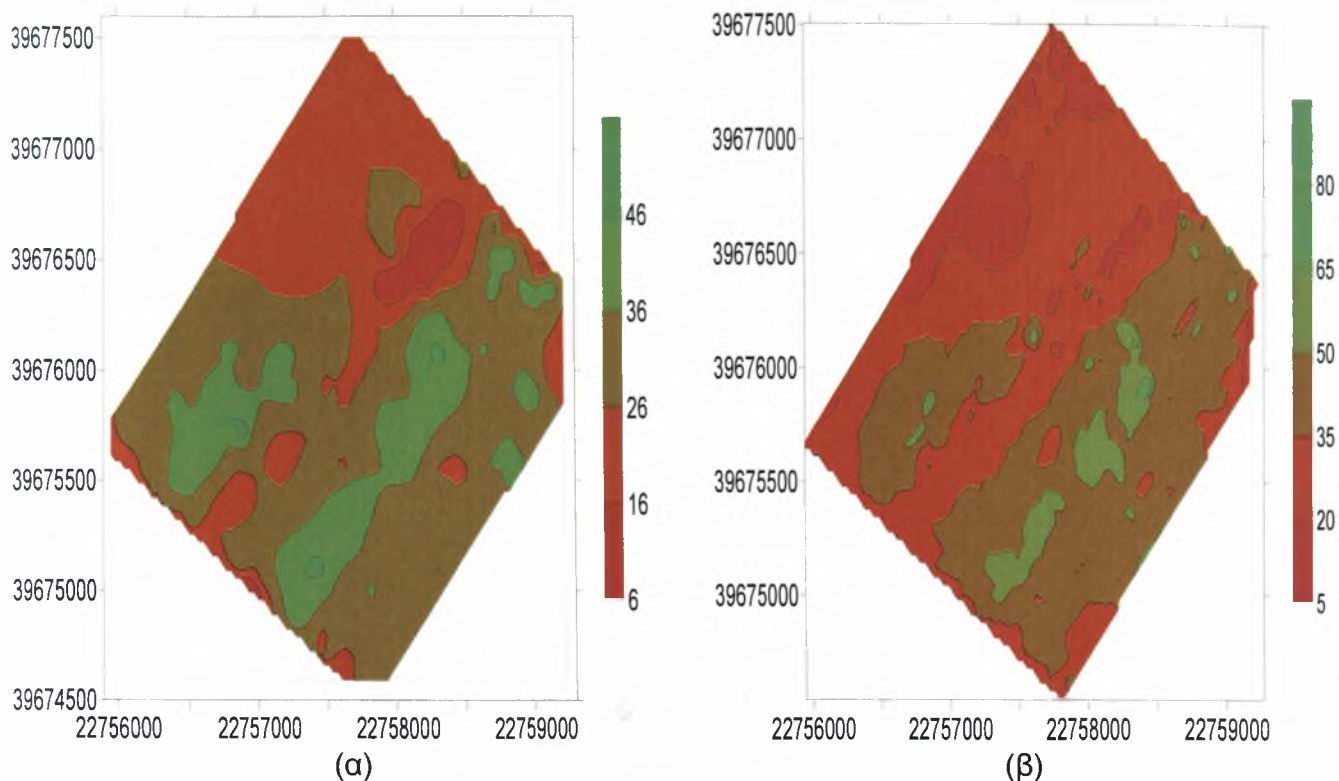
Στο σχήμα 15 βλέπουμε τον χάρτη παραγωγής του οπωρώνα μας. Οι συντεταγμένες είναι σε μέτρα, βάση των σειρών των δέντρων. Η παραγωγή εκφράζεται σε τόνους ανά στρέμμα. Παρατηρούμε πως στο κέντρο του οπωρώνα η παραγωγή είναι μεγαλύτερη σε κάποια σημεία ενώ η μικρότερη παραγωγή είναι στις άκρες του χωραφιού. Αυτό προφανώς οφείλεται στο ανάγλυφο του χωραφιού. Στο κέντρο σχηματίζεται μια λεκάνη και εκεί συλλέγονται περισσότερα θρεπτικά συστατικά με την απορροή.



Σχήμα 15: Χάρτης παραγωγής.

2.2. Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας

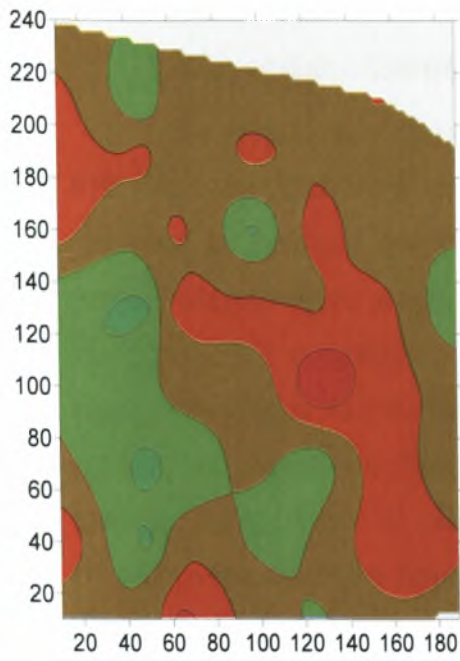
Στο Σχήμα 16 βλέπουμε τους χάρτες της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του οπωρώνα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε με το Veris σε βάθος 0 - 30 εκ. και 0 - 90 εκ. Η αγωγιμότητα εκφράζεται σε $\mu\text{siemens} / \text{m}$. Εύκολα παρατηρούμε πως ο οπωρώνας μας έχει παραλλακτικότητα ως προς την ηλεκτρική αγωγιμότητα.



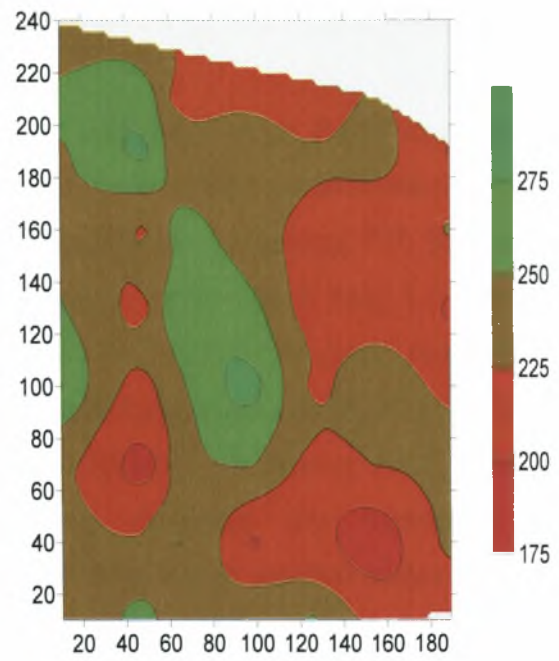
Σχήμα 16: Χάρτες ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε βάθος (α) 0 - 30 cm και (β) 0 - 90 cm.

2.3. Χαρτογράφηση ποιοτικών χαρακτηριστικών

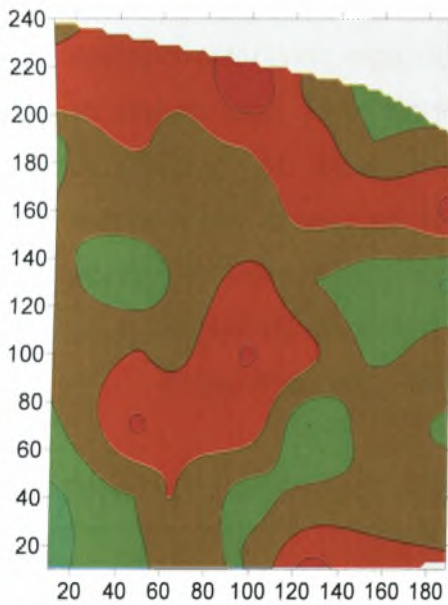
Στο Σχήμα 17 βλέπουμε τους χάρτες των ποιοτικών χαρακτηριστικών και συγκεκριμένα τον χάρτη των Διαλυτών Στερεών Συστατικών, τον χάρτη του βάρους των καρπών, τον χάρτη της σκληρότητας της σάρκας των μήλων και τον χάρτη του μηλικού οξέος. Οι συντεταγμένες σε όλους τους χάρτες των ποιοτικών χαρακτηριστικών είναι σε μετρά και έχουν γίνει βάσει της θέσης των δέντρων.



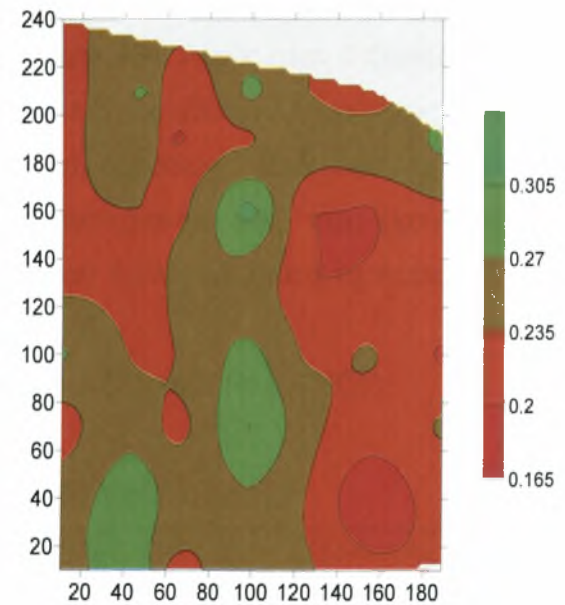
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα 17: Χάρτες (α) Διαλυτών Στερεών Συστατικών, (β) βάρους καρπού, (γ) σκληρότητας σάρκας και (δ) μηλικού οξέος.

3. Ζώνες διαχείρισης

Ο αριθμός των ζωνών διαχείρισης καθορίστηκε με βάση τους δείκτες FPI (fuzziness performance index) και NCE (normalized classification entropy) αλλά και με κριτήριο την ευκολία δημιουργίας τους. Ο δείκτης FPI δείχνει τον βαθμό διαχωρισμού των κλάσεων και παίρνει τιμές από 0 έως 1. Καθώς οι τιμές του FPI πλησιάζουν στο 0 δείχνουν ευδιάκριτες κλάσεις ενώ όταν οι τιμές πλησιάζουν το 1 οι κλάσεις δεν είναι ευδιάκριτες και ένα σημείο του αγρού μπορεί να ανήκει σε παραπάνω από μία κλάσεις. Ο δείκτης NCE παίρνει επίσης τιμές από 0 έως 1 και κάνει εκτίμηση του ποσοστού της αποδιοργάνωσης που δημιουργείται από ένα ορισμένο αριθμό κλάσεων. Όταν ο NCE παίρνει τιμές κοντά 1 επικρατεί αποδιοργάνωση ενώ όταν παίρνει τιμές κοντά στο 0 επικρατεί καλύτερη οργάνωση. Όταν και οι δύο δείκτες έχουν ελάχιστη τιμή τότε έχουμε τον άριστο αριθμό κλάσεων. Κανονικά έπρεπε να καθοριστούν ζώνες που είχαν το χαμηλότερο FPI. Αυτές ήταν 6 ζώνες με βάση το μηλικό οξύ. Στην πράξη όμως είναι κάπως δύσκολο να έχεις 6 ζώνες διαχείρισης σε έναν οπωρώνα 50 στρεμμάτων. Έτσι επιλέχθηκαν οι διαμόρφωση ζωνών με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μαζί που έχουν σχετικά χαμηλό FPI και NCE. Επίσης καθοριστήκαν ζώνες με βάση τη παραγωγή και την ηλεκτρική αγωγιμότητα..

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται οι δείκτες FPI και NCE.

Πίνακας 3: Οι δείκτες FPI και NCE για κάθε αριθμό ζωνών.

Αριθμός Ζωνών	Veris 0 - 30 cm		Veris 0 - 90 cm		Ποιότητα (όλα)	
	FPI	NCE	FPI	NCE	FPI	NCE
2	0,0439	0,0158*	0,0362	0,0131	0,0289	0,0122
3	0,0437	0,0206	0,0358*	0,0172	0,0146	0,009
4	0,0443	0,0236	0,0413	0,0223	0,036	0,02
5	0,0365*	0,0212	0,0419	0,024	0,0183	0,0123
6	0,0379	0,023	0,039	0,0234	0,0109*	0,0082*

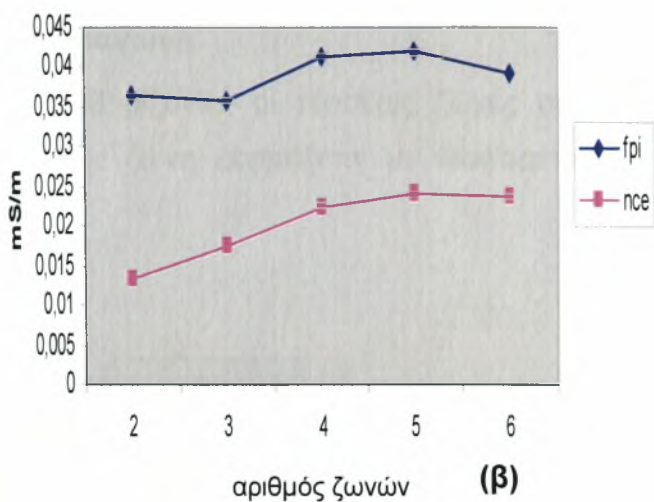
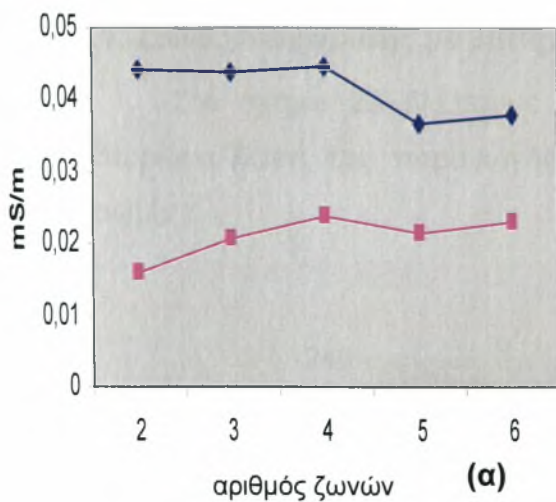
Πίνακας 4: Οι δείκτες FPI και NCE για κάθε αριθμό ζωνών.

Αριθμός Ζωνών	ΔΣΣ		Μηλικό Οξύ		Οξύτητα	
	FPI	NCE	FPI	NCE	FPI	NCE
2	0,0051*	0,0032*	0,0358	0,0118	0,0241	0,0094*
3	0,0383	0,0178	0,0129	0,0081	0,0252	0,0137
4	0,0203	0,0109	0,0096	0,0077	0,0172	0,0127
5	0,0231	0,0151	0,0107	0,0068	0,0255	0,0161
6	0,016	0,011	0,0002*	0,0004*	0,0126*	0,0108

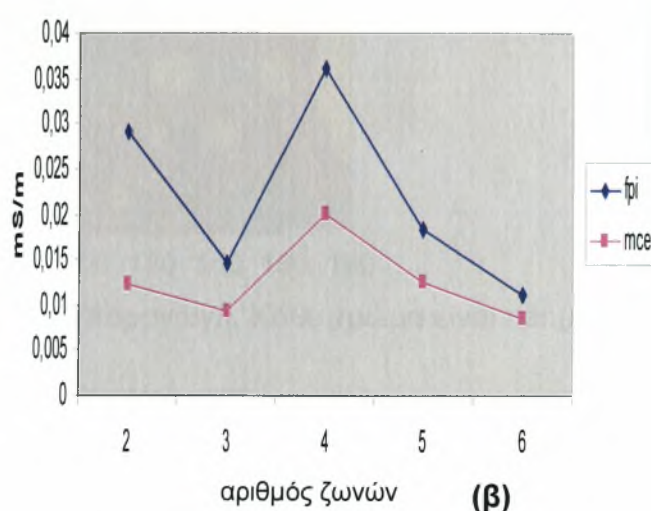
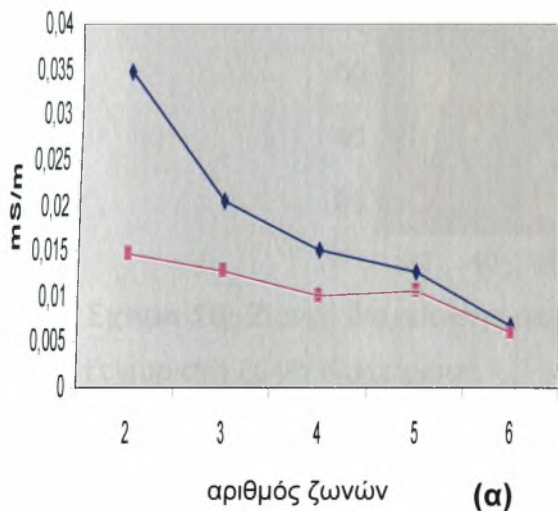
Πίνακας 5: Οι δείκτες FPI και NCE για κάθε αριθμό ζωνών.

Αριθμός Ζωνών	Παραγωγή		Σκληρότητα		Βάρος Καρπού	
	FPI	NCE	FPI	NCE	FPI	NCE
2	0,0347	0,0144	0,0041	0,0022*	0,0269	0,0116
3	0,0203	0,0126	0,0242	0,0137	0,0141	0,0084
4	0,015	0,01	0,0213	0,0117	0,0353	0,0196
5	0,0126	0,0106	0,0025*	0,0028	0,0291	0,0199
6	0,0066*	0,0059*	0,0137	0,0105	0,0051*	0,0049*

* χαμηλότερες τιμές



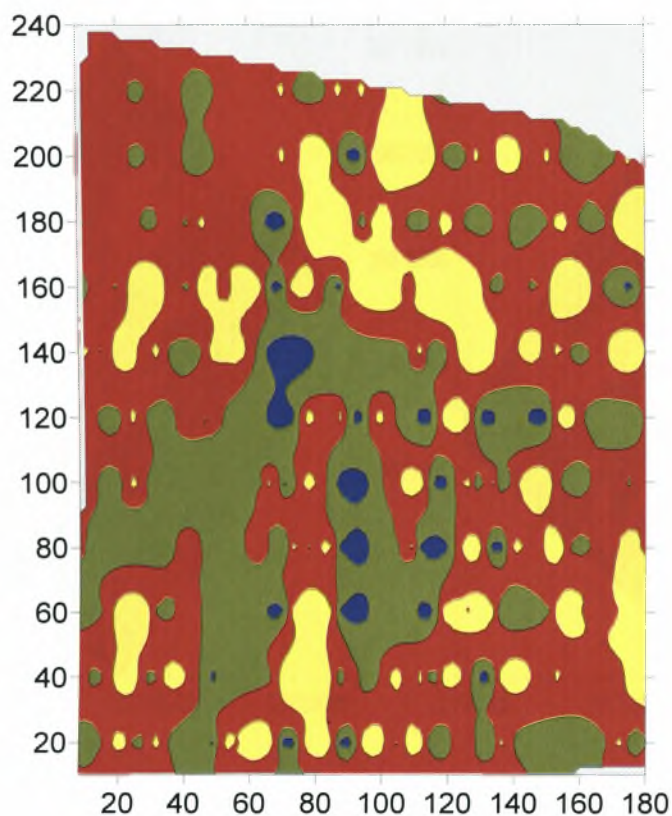
Σχήμα 18: Δείκτες FPI και NCE για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (α) 0 – 30 nm και (β) 0 – 90 nm.



Σχήμα 19: Δείκτες FPI και NCE για (α) την παραγωγή και (β) όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

3.1. Ζώνες διαχείρισης με βάση την παραγωγή

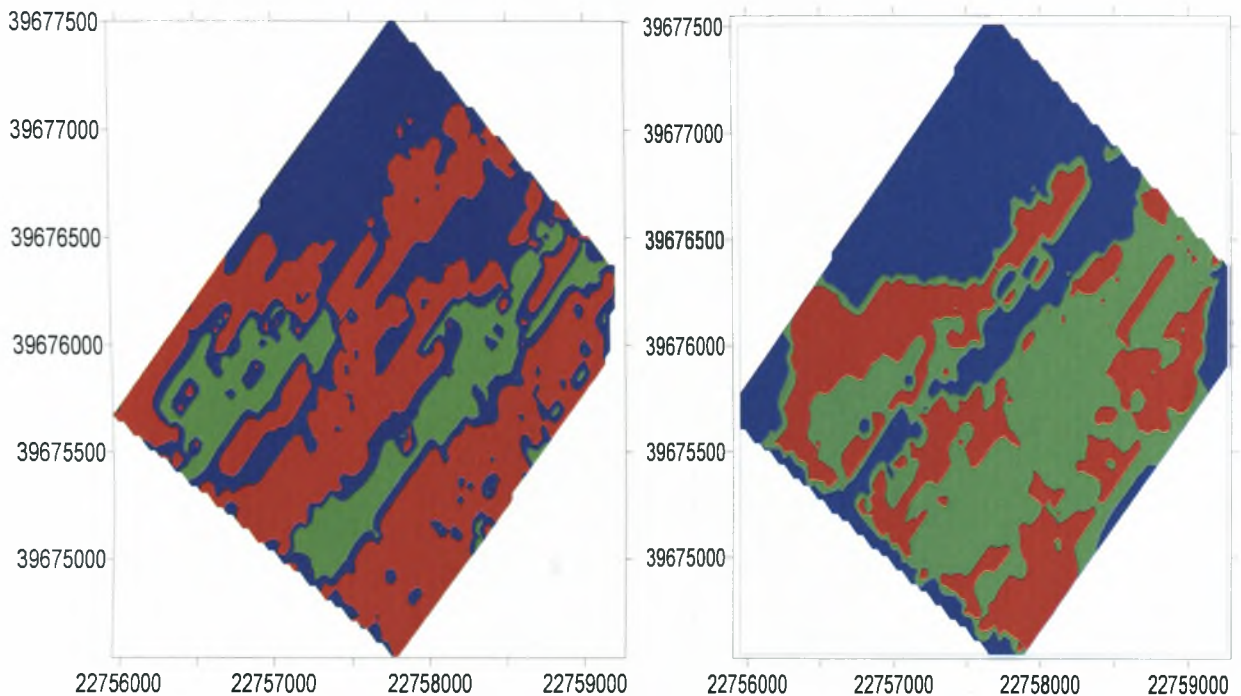
Στο σχήμα 20 βλέπουμε πως καθορίζονται οι τέσσερις ζώνες στον οπωρώνα βάση της παραγωγής. Η κάθε ζώνη εκφράζεται με διαφορετικό χρώμα.



Σχήμα 20: Ζώνες διαχείρισης με βάση τη παραγωγή. Κάθε χρώμα είναι και μια ξεχωριστή ζώνη διαχείρισης.

3.2. Ζώνες διαχείρισης βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα

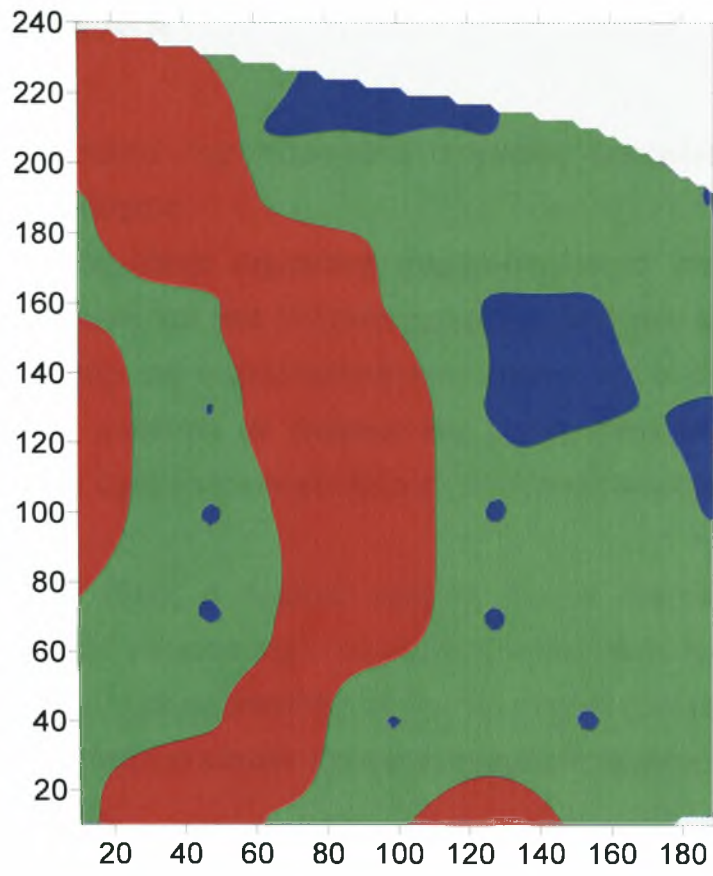
Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τις προτιμώμενες ζώνες διαχείρισης βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα του οπρωώνα σε βάθος 0 - 30 cm και 0 - 90 cm.



Σχήμα 21: Τρεις ζώνες διαχείρισης σύμφωνα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (α) 0 - 30 cm και (β) 0 - 90 cm..

3.3. Ζώνες διαχείρισης βάση των ποιοτικών χαρακτηριστικών

Στο σχήμα 22 βλέπουμε τους χάρτες με τις ζώνες παραγωγής για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Είναι οι ζώνες βάση όλων των ποιοτικών χαρακτηριστικών μαζί,



Σχήμα 22: Ζώνες παραγωγής με βάση όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της παραπάνω εργασίας καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Ο οπωρώνας έδειξε σημαντική παραλλακτικότητα στο έδαφος, στην παραγωγή, και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών. Η ύπαρξη αυτής της παραλλακτικότητας δείχνει ότι ο αγρός είναι δυνατόν να χωριστεί σε διαφορετικές ζώνες διαχείρισης, όπου μπορούν να εφαρμοστούν μεταβλητές καλλιεργητικές φροντίδες σε κάθε ζώνη.
- Η ανάλυση έδειξε ο άριστος αριθμός ζωνών διαχείρισης στις οποίες μπορεί να χωριστεί ο οπωρώνας είναι πέντε ή έξι, αλλά τρεις κλάσεις χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του τελικού χάρτη διότι είναι πιο εύκολο πραγματοποιηθεί διαχείριση του αγρού σε τρεις ζώνες.
- Είναι αναγκαίο να γίνουν περαιτέρω έρευνες ώστε να βρούμε ποιες μεταβλητές είναι καταλληλότερες για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης και αν θα μπορέσουμε να έχουμε θετικό αποτέλεσμα στην παραγωγή ή την ποιότητα των καρπών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Al-Kufaishi1, S.A., Blackmore, B.S., Sourell, H. (2005). The potential contribution of precision irrigation to water conservation. 5th European Conference on Precision Agriculture, Uppsala, Sweden, June 2005.
- Blackmore, S, 1994, "Precision Farming; an introduction", Outlook on Agriculture Vol. 23, No 4, 275-280.
- Blackmore, S., Godwin, R., Fountas, S. (2003). The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. Biosystems Engineering 84 (4), 455-466.
- Clark, R.L, McGuckin, R.L, (1996). Variable Rate Application Equipment for Precision Farming, Written for presentation at the 1996 Beltwide Cotton Conference.
- Earl R., Wheeler P.N., Blackmore B.S., Godwin R.J. (1996). Precision Farming-the Management of Variability. Landwards, 51(4), 18-23.
- Fountas, S, 1998, "Market research on the views and perceptions of farmers about the role of crop management within Precision Farming", M.Sc. thesis, Cranfield University, 1, 31, 12, 28, 32.
- Fridgen, J.J., Kitchen, N.R., Sudduth, K. A., Drummond, S.T., Wiebold, W.J. and Fraisse C.W. 2004. Management Zone Analyst (MZA).Software for Subfield Management Zone Delineation. *Agronomy Journal* 96, 100-108.
- Gemtos T., Fountas S., Blackmore S.B., Greipentrog H.W. (2002). Precision Farming experience in Europe and the Greek potential. In: Proceedings of the 1st HAICTA Conference, Athens, June 2002:45-55.
- Kitchen, N.R., Sudduth, K.A., Myers, D.B., Drummond, S.T., Hong, S.Y., (2005). Delineating productivity zones on claypan soil fields apparent soil electrical conductivity. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 285-308.

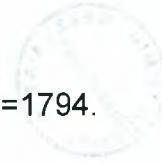
- . Lund, E.D., Christy, CD., Drummond, RE. (1999). Practical Applications of Soil Electrical Conductivity Mapping.
- Markinos A., Gemtos T.A, Toullos L., Pateras D., Zerva G. and Papaeconomou M., (2004). The influence of cotton variety in the calibration factor of a cotton yield monitor. In: 2nd HAICTA Conference Proceedings, Thessaloniki, Marc 2004, Vol 2:65-74.
- Pfof. D., Casady W., Shannon, K., (1999). Global Position System Receivers (SSMG-6), Site-Specific Management Guidelines, Potash & Phosphate Institute. Norgross, GA. www.ppi-far.org/ssmg.
- Kvien, C., Pocknee, S., 2000. Introduction to Why Management Zone. National Environmentally Sound Production Agriculture Laboratory (NESPAL), College of Agricultural and Environmental Science, the University of Georgia.
- R.G., McGuire, 1992. Reporting of Objective Color Measurements. HortScience, 27 (12), p 1254-1255.
- Verstappen, Th. (1977). ITC textbook of photointerpetation, vol. VII, chapter 5, An Atlas illustrating the use of aerial photographs in geomorphological mapping, I.T.C., Enschede, The Netherlands.
- Αντάρας, Θ., (2006), Τηλεπισκόπηση - Φωτοερμηνεία στις γεωεπιστήμες, Διδακτικές πανεπιστημιακές παραδόσεις ΑΠΘ.
- Μουρτζίνης Σ., Φουντάς Σ., Γέμτος Θ.. Αντίληψη Ελλήνων Αγροτών Για Τη Γεωργία Ακριβείας Πρακτικά 5ου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Λάρισα: 18 – 20 Οκτωβρίου 2007.
- Καρυδάς Χ. Γ., Συλλαίος Ν. Γ., (2000), Πεδία και τρόποι καταγραφής της παραλλακτικότητας στη γεωργία ακριβείας.
- Wikipedia, 2008, <http://en.wikiversity.org/wiki/GIS>.
- Wikipedia, 2006, <http://en.wikipedia.org/wiki/Gps>.



http 1: <http://pro.magellangps.com/en/products/aboutgps/rtk.asp>.



http 2: http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article_id=1794.



- Αναγνωριστική έκθεση οπωροκηπευτικών για τα μήλα, συντονιστής περιφερειακής ομάδας έργου: εταιρία ανάπτυξης Πηλίου α. ε., Φεβρουάριος 2003.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000097877