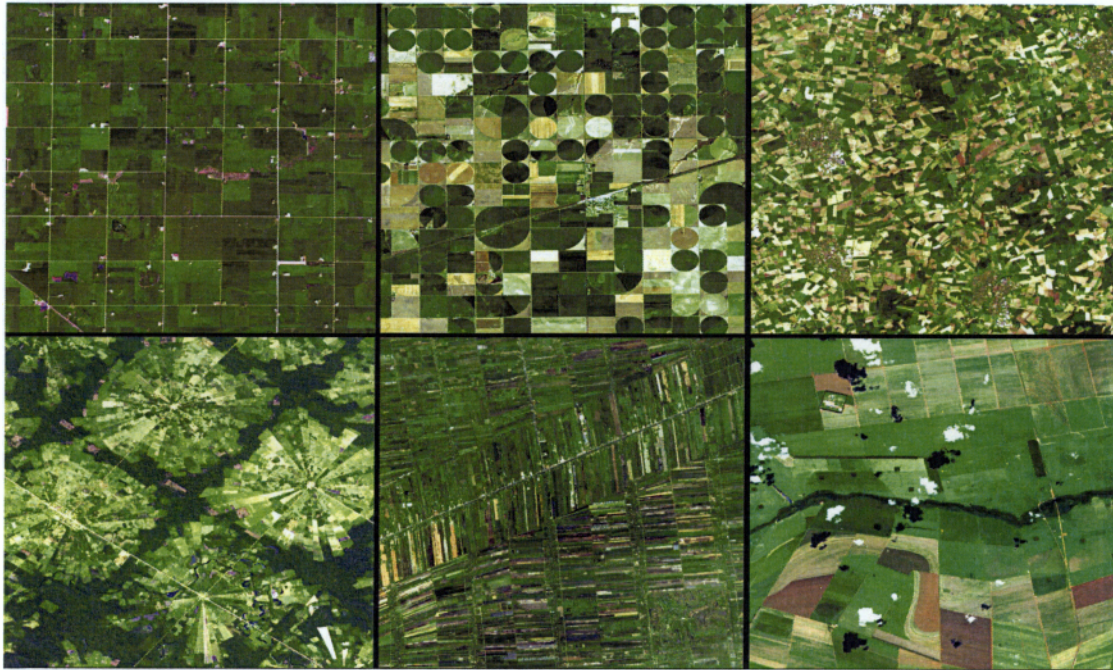


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:
ΤΗΛΕΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΣΤΗ
ΓΕΩΡΓΙΑ**



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ
ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΟΦΦΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2009

ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

*Η πτυχιακή μου εργασία είναι αφιερωμένη στους γονείς μου Δημήτρη και Βασιλική ,
διότι όλα αυτά τα χρόνια όπου χρειάστηκαν για να σπουδάσω... .*

...Στερήθηκαν αυτοί , για να έχω εγώ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το επιστημονικό προσωπικό του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Καλαμάτας , για την προσπάθεια που έκαναν μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας και στα εργαστήρια για να μου μεταδώσουν τις γνώσεις της επιστήμης της Γεωπονίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες όμως ,έχω για τον γραμματέα της σχολής κύριο Σκάρλα Ανάργυρο ,όπου από την πρώτη μέρα που βρέθηκα στον χώρο του Ιδρύματος με τη εγγραφή μου στην σχολή σαν πρωτοετής σπουδαστής μέχρι και σήμερα που φτάνω στην αποπεράτωση των σπουδών μου , η αντιμετώπιση που αντίκρισα εγώ ο ίδιος όπως και όλοι οι σπουδαστές , ήταν

η καλύτερη που μπορούσε να δώσει κάποιος σε παιδιά όταν χρειάστηκαν να διεκπεραιώσουν τις γραφειοκρατικές τους ανάγκες με την γραμματεία της σχολής. Παρά της γρήγορες απαιτήσεις μας και τις φωνές που βάζαμε σε αυτόν , εκείνος μας αντιμετώπιζε όλους με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και πάντοτε μας έβλεπε πρώτα σαν ανθρώπους και μετά σαν σπουδαστές.

Τις πιο θερμές μου ευχαριστίες όμως , θα ήθελα να δώσω στον προϊστάμενο του τμήματος κύριο Ευστράτιο Γεωργόπουλο Επ. Καθηγητή και επιβλέπων της πτυχιακής μου εργασίας , για το έναυσμα που μου έδωσε να ασχοληθώ και να γνωρίσω από κοντά της εφαρμογές των νέων τεχνολογιών στην γεωργία όπως και την καθοδήγηση του για την εύρεση των πληροφοριών που χρειάστηκαν για να εκπληρωθεί η πτυχιακή μου εργασία. Η συνδρομή του ήταν η πιο σημαντική που δέχτηκα στο τέλος των σπουδών μου , καθώς με την βοήθεια του για την δημιουργία της πτυχιακής μου εργασίας μου έδωσε επιτέλους την ευκαιρία να αποπερατώσω της σπουδές μου και να αποκτήσω την επαγγελματική ταυτότητα και την καταξίωση στην κοινωνία σαν Τεχνολόγος Γεωπόνος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σελ. 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗ

1.1ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗ

-3

1.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

-4

1.3 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΕ ΤΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

-5

1.4 ΙΔΑΝΙΚΟ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

-7

1.5 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	-8
------------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗΣ

2.1 ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ	-11
----------------	-----

2.2 ΠΥΡΑΥΛΟΙ	-11
--------------	-----

2.3 ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ	-12
---------------	-----

2.4 ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	-13
------------------------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΚΗ ΔΕΚΤΕΣ

3.1 ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΚΗ ΔΕΚΤΕΣ	-13
------------------------	-----

3.2 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ	-14
--------------------------	-----

3.3 ΟΠΤΙΚΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΔΕΚΤΕΣ	-14
-----------------------------	-----

3.4 ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟΙ ΣΑΡΩΤΕΣ	-15
3.5 ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	-15
3.6 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ	-18
3.7 ΟΠΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	-19
3.8 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	-20
3.9 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	-22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ

4.1 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΙΣ ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	-23
4.2 ΟΤΑΝ ΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ ΕΠΙΤΙΘΕΝΤΑΙ	-26

4.3 ΕΛΛΕΙΨΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ	-27
4.4 Ο ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ	-30
4.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΝΕΡΟ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗΣ	-34
4.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	-36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

5.1 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	-37
---	-----

5.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	-40
---	-----

5.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΜΟΝΟ
ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗΣ -42

5.4 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ -43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ

6.1 ΓΙΑΤΙ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ ΝΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΤΟΥΝ ΟΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ -46

6.2 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ -47

6.3 ΠΩΣ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΟΥΜΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΜΕ
ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗ -48

6.4 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ -50

6.5 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ -52

6.6 ΔΗΜΙΟΥΡΓΩΝΤΑΣ ΧΑΡΤΕΣ ΜΕ ΕΙΔΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	-53
---	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

7.1 ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΧΩΡΑΦΙΑ	-55
7.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	-57
7.3 Η ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ	-58
7.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ	-61
7.5 ΕΓΚΑΙΡΗ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΘΕΣΕΙΣ ΕΝΤΟΜΩΝ	-62
7.6 ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	-64
7.7 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	-65

7.8 ΑΚΡΙΒΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	-66
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	-69
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	-72

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην πτυχιακή μου εργασία , θα αναπτύξω μια από τις εφαρμογές των τεχνολογικών επιτευγμάτων του ανθρώπου τα τελευταία 60 χρόνια επάνω στην γεωργία. Αυτή είναι η τηλεσκοπία , που με την βοήθεια της ο άνθρωπος μπορεί πλέον να κατανοήσει και να λάβει πληροφορίες για όλο τον πλανήτη και πιο συγκεκριμένα για το έδαφος το οποίο είναι το κυριότερο μέρος όπου χρειάζεται για να καλλιεργήσει και να τραφεί ώστε να μπορέσει να επιβιώσει.

Η μέχρι τώρα τεχνικές και μέθοδοι που αναπτύχθηκαν στον τομέα της γεωργίας με την βοήθεια της επιστήμης της Γεωπονίας , επέτρεψαν στον άνθρωπο να καλλιεργεί εκτάσεις με μεγάλη αποτελεσματικότητα και να μπορέσει να καταπολεμήσει τους φυσικούς εχθρούς των καλλιεργειών όπως έντομα και μύκητες.

Με τις γνώσεις που απέκτησε με την πάροδο των ετών , μπόρεσε να κατανοήσει της κλιματολογικές συνθήκες και να μπορέσει ανεξάρτητα από αυτές με διάφορες μεθόδους να καλλιεργήσει σε όλη την διάρκεια του χρόνου για να καλύψει της μέχρι τώρα ανάγκες του.

Η αύξηση όμως του πληθυσμού της γης και οι ανάγκες του ανθρώπου σε κατανάλωση των αγροτικών προϊόντων, τον ανάγκασαν να ανακάλυψει τρόπους που θα τον βοηθήσουν να έχει την πλήρες κατανόηση του εδάφους και του υπεδάφους , ώστε να μπορέσει να αυξήσει την παραγωγή σε παγκόσμιο επίπεδο για να μπορέσει να καλύψει της ανάγκες του.

Οι ανάγκες αυτές τον οδήγησαν να δημιουργήσει καλλιέργειες ακριβείας όπου η επίτευξη τους μπορεί να γίνει μόνο με την βοήθεια της τεχνολογίας και συγκεκριμένα με την τηλεσκοπία.

Η τηλεσκοπία , είναι μια μέθοδος όπου επιτρέπει στον άνθρωπο με την χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή να αναγνωρίσει την σύσταση του εδάφους και του υπεδάφους με απόλυτη ακρίβεια. Αυτό , έχει σαν συνέπεια να γνωρίζει σε πιο σημείο θα πρέπει να καλλιεργήσει, να έχει πλήρες εικόνα του υπεδάφους και σε πια σημεία βρίσκονται οι υδροφόροι ορίζοντες όπου είναι και το σημαντικότερο για την ανάπτυξη της καλλιέργειας.

Με αυτή την μέθοδο έχει τον απόλυτο έλεγχο και τις γνώσεις για να κάνει συμπλήρωση θρεπτικών στοιχείων στην καλλιέργεια όπου αυτή απαιτείται , να χαρτογραφήσει την καλλιεργούμενη περιοχή , να κάνει ακριβής καταμέτρηση της βλάστησης , να έχει την δυνατότητα να αναγνωρίσει ασθένειες και να μπορεί να τις προλαμβάνει.

Στην πτυχιακή μου εργασία , θα αναλύσω την λειτουργία της τηλεσκοπίας και τις εφαρμογές της στην γεωργία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗ

1.1 ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗ

Η παρατήρηση και παρακολούθηση της γης από το διάστημα αποτελεί τα τελευταία χρόνια σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του περιβάλλοντος, την κατανόηση του παγκόσμιου κλίματος, αλλά και το σχεδιασμό και την ενίσχυση αναπτυξιακών και παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μια περιοχή. Η αξιοποίηση τηλεπισκοπικών απεικονίσεων για τη μελέτη της γης άρχισε τη δεκαετία του 1960, όταν οι τεχνικές δυνατότητες των δορυφόρων που εκκινούν το σε τροχιά γύρω από τη γη, ακολούθησαν τη ραγδαία ανάπτυξη των δυνατοτήτων των Η/Υ για τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων.

Η Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing) είναι η επιστήμη και η τεχνική που ασχολείται με τη συλλογή πληροφορίας σχετικά με ένα αντικείμενο, μια περιοχή, μια εμφάνιση ή ένα φαινόμενο μέσω της κατάλληλης ανάλυσης δεδομένων, τα οποία προέρχονται από ένα σύστημα που δεν βρίσκεται σε επαφή με το συγκεκριμένο αντικείμενο, περιοχή, εμφάνιση ή φαινόμενο πάνω στην επιφάνεια της γης.

Οι αεροφωτογραφίες καθώς και οι απεικονίσεις από οπτικούς δέκτες και δέκτες radar, οι οποίοι μεταφέρονται είτε από αεροπλάνα είτε από δορυφόρους, είναι οι διάφορες μορφές καταγραφής δεδομένων από απόσταση, με πιο χαρακτηριστικά και ευρέως χρησιμοποιούμενα τα δεδομένα που προέρχονται από δέκτες που βρίσκονται πάνω σε δορυφόρους (δορυφορική τηλεπισκόπηση)

(Δρ. Ιωάννης Κ. Καπαγερίδης 2006)

1.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Κάθε τηλεπισκοπική απεικόνιση προκύπτει ουσιαστικά με την κατάλληλη καταγραφή ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών, οι οποίες μεταφέρονται μέσω της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μετά από την αλληλεπίδραση με την ατμόσφαιρα και τα αντικείμενα/εμφάνσεις στην επιφάνεια της γης. Η δυνατότητα λήψης δεδομένων σε μια μεγάλη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (από την κοσμική ακτινοβολία μέχρι τα μικροκύματα), σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η κατανομή της ακτινοβολίας που εκπέμπει ή ανακλά κάθε αντικείμενο/εμφάνιση σε διάφορα μήκη κύματος είναι χαρακτηριστική της φυσικής κατάστασης και της χημικής του σύστασης, οδηγεί στην εξ αποστάσεως αναγνώριση και μελέτη του, δηλαδή σε εφαρμογή της τηλεπισκόπησης. Οι δέκτες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε δορυφόρους καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ή την ένταση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Οι κύριες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα, όπως και κάθε κύμα γενικότερα, είναι το μήκος κύματος (λ), που ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ δύο κορυφών του κύματος, και η συχνότητά του (ν), δηλαδή ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται από ένα σημείο σε ένα δευτερόλεπτο, η οποία μετράται σε Hertz (Hz). Το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με διαφορετικό μήκος κύματος αποτελεί το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα συνίσταται από κύματα με μήκη κύματος από $0,1\mu\text{m}$ ($1\text{m} = 1.000.000\mu\text{m}$) έως 100m και περιλαμβάνει: το πεδίο ακτινών γ (γ -rays), το πεδίο ακτινών x (x -rays), το πεδίο υπεριώδους ακτινοβολίας (ultraviolet), το πεδίο ορατού φωτός (visible light), το πεδίο υπέρυθρης ακτινοβολίας (infrared), το πεδίο μικροκυμάτων (microwaves) και το πεδίο ραδιοκυμάτων (radiowaves). Από το συνολικό πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η τηλεπισκόπηση αξιοποιεί την περιοχή εκείνη που έχει μήκος κύματος $10\text{-}6\mu\text{m}$ $\lambda < 1\text{m}$ και περιλαμβάνει το υπεριώδες, το ορατό φως, το εγγύς και μέσο υπέρυθρο, το θερμικό υπέρυθρο και τα μικροκύματα. Κάθε αντικείμενο/εμφάνιση έχει μια "φασματική υπογραφή", όπως ονομάζεται, η οποία είναι το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται από το αντικείμενο/εμφάνιση. Το ποσό αυτό καταγράφεται από τον δέκτη ως μια συγκεκριμένη τιμή για κάθε πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής

ακτινοβολίας. Ανάλογα με το εκάστοτε εξεταζόμενο πεδίο του φάσματος, για το ίδιο αντικείμενο/εμφάνιση, μπορούμε να πάρουμε και διαφορετική πληροφορία. Έτσι, η “φασματική υπογραφή” μας επιτρέπει να διακρίνουμε το χιόνι από το νερό, τη βλάστηση από το χώμα, τους διάφορους τύπους πετρωμάτων μεταξύ τους, τις διάφορες ενώσεις στην ατμόσφαιρα κ.λπ.

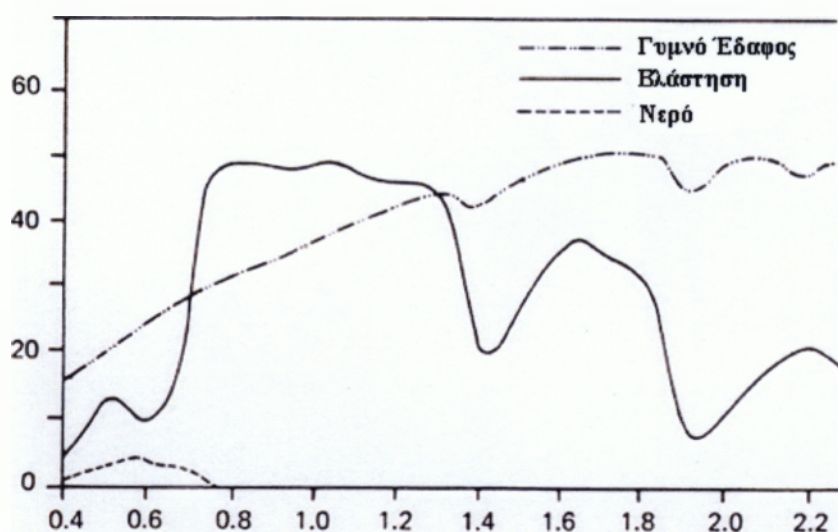
1.3 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΕ ΤΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ/ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Κατά την αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με ένα αντικείμενο/εμφάνιση στην επιφάνεια της γης, το ποσό της ακτινοβολίας που ανακλάται, απορροφάται ή διαδίδεται από αυτό, εξαρτάται από τη σύσταση του συγκεκριμένου σώματος και από τις υπάρχουσες συνθήκες. Η ιδιότητα αυτή των αντικειμένων/εμφανίσεων επιτρέπει τον εντοπισμό και τη διάκρισή τους σε μια τηλεπισκοπική απεικόνιση. Επιπλέον, για το ίδιο αντικείμενο/εμφάνιση η αναλογία της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται, απορροφάται ή διαδίδεται, ποικίλει ανάλογα με το μήκος κύματος. Παραδείγματος χάριν, δύο αντικείμενα/εμφανίσεις μπορεί να παρουσιάζονται εντελώς όμοια σε ένα συγκεκριμένο πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, αλλά στην πραγματικότητα να είναι εντελώς διαφορετικά και άρα διακριτά μεταξύ τους. Στο ορατό μέρος του φάσματος οι διαφορές αυτές μας δίνουν την αίσθηση του χρώματος, π.χ. θεωρούμε ότι κάποιο σώμα είναι μπλε, όταν έχει μεγάλη ανακλαστικότητα στο μπλε τμήμα του φάσματος, ή θεωρούμε ότι είναι πράσινο, όταν έχει μεγάλη ανακλαστικότητα στο πράσινο κ.ο.κ. Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει τον τρόπο που αλληλεπιδρά η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με τα αντικείμενα/εμφανίσεις στην επιφάνεια της γης, είναι η επιφανειακή τραχύτητά τους – η υφή τους. Αντικείμενα/εμφανίσεις που είναι επίπεδα, λειτουργούν σαν κάτοπτρα όταν η γωνία πρόσπτωσης ισούται με τη γωνία ανάκλασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ενώ όσα έχουν τραχεία επιφάνεια, ανακλούν ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις διαχέοντας την ηλεκτρομαγνητική

ακτινοβολία. Συνήθως όμως, τα περισσότερα αντικείμενα/εμφανίσεις αλληλεπιδρούν με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κατά έναν ενδιάμεσο τρόπο. Για παράδειγμα, στο πεδίο των ραδιοκυμάτων ένα βραχώδες έδαφος απεικονίζεται ομαλό, σχεδόν λείο, ενώ στο ορατό τμήμα του φάσματος ακόμη και η πολύ λεπτή άμμος παρουσιάζεται στην απεικόνιση σαν να έχει τραχεία υφή.

(Δρ. Ιωάννης Κ.Καπαγερίδης

2006)



Στο διάγραμμα φαίνονται οι καμπύλες ανακλαστικότητας τριών βασικών εμφανίσεων: υγιής πράσινη βλάστηση, έδαφος και υδάτινες μάζες. Παρατηρούμε ότι, καθώς προχωρούμε από το ορατό προς το εγγύς υπέρυθρο ($0,7\mu\text{m}$) η ανακλαστικότητα της βλάστησης αυξάνει δραματικά, αφού σε αυτό το τμήμα του φάσματος η απορρόφηση είναι ελάχιστη, ενώ για μήκη κύματος μεγαλύτερα του $1,4\mu\text{m}$ η ανακλαστικότητα μειώνεται, αφού η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε αυτά τα μήκη κύματος απορροφάται από την υγρασία που υπάρχει στο φύλλωμα. Η καμπύλη ανακλαστικότητας του εδάφους παρουσιάζει λιγότερες διακυμάνσεις, αφού οι παράγοντες που την επηρεάζουν περιορίζονται σε πιο συγκεκριμένα πεδία του φάσματος. Το νερό εξ' άλλου, τόσο όταν απαντάται με τη μορφή μεγάλων συγκεντρώσεων, όσο και όταν έχει τη μορφή υγρασίας στο φύλλωμα, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη

απορροφητικότητα στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου και υπέρυθρου. Γενικά, είναι φανερό ότι οι τρεις αυτές εμφανίσεις μπορούν να διαχωριστούν εύκολα μεταξύ τους, αρκεί κάθε φορά να χρησιμοποιούμε το κατάλληλο τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

(Δρ. Ιωάννης Κ.Καπαγερίδης 2006)

1.4 ΙΔΑΝΙΚΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Τα βασικά στοιχεία από τα οποία θα πρέπει να αποτελείται ένα ιδανικό τηλεπισκοπικό σύστημα είναι τα εξής:

1.Μια πηγή ενέργειας, η οποία θα έχει τη δυνατότητα να παρέχει ενέργεια σε όλα τα μήκη κύματος κατά ένα ενιαίο και σταθερό τρόπο, ανεξάρτητα από το χώρο και το χρόνο.

2.Μια ατμόσφαιρα, η οποία δεν θα αλληλεπιδρά κατά κανένα τρόπο με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, είτε η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κατευθύνεται προς την επιφάνεια της γης είτε επιστρέφει από αυτήν.

Επιπλέον, η ιδανική αυτή κατάσταση της ατμόσφαιρας θα είναι ανεξάρτητη από το μήκος κύματος, το χρόνο, το χώρο και το ύψος τροχιάς του δορυφόρου, πάνω στον οποίο βρίσκεται ο δέκτης.

3.Μια σειρά μοναδικών αλληλεπιδράσεων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με τα διάφορα αντικείμενα/εμφανίσεις πάνω στην επιφάνεια της γης, οι οποίες θα είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ανακλώμενων ή εκπεμπόμενων κυμάτων, γνωστών, σταθερών και μοναδικών για κάθε αντικείμενο/εμφάνιση που μας ενδιαφέρει.

4. Ένας τέλειος δέκτης, εξαιρετικά ευαίσθητος σε όλα τα μήκη κύματος, που θα έχει τη δυνατότητα να καταγράφει λεπτομερή χωρική πληροφορία σε συνθήκες απόλυτης φωτεινότητας σαν συνάρτηση του μήκους κύματος, σε όλο το εύρος του φάσματος.

5. Ένα σύστημα διαχείρισης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (real-time). Στο σύστημα αυτό, τη στιγμή που η ακτινοβολία αλληλεπιδρά με ένα αντικείμενο/εμφάνιση στην επιφάνεια της γης και δημιουργείται το επιστρεφόμενο σήμα, υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας του σήματος αυτού σε μια μορφή (format), η οποία θα είναι μοναδική για το συγκεκριμένο αντικείμενο/εμφάνιση από το οποίο και προήλθε. Λόγω της σταθερότητας των ανακλώμενων ή εκπεμπόμενων κυμάτων, όπως περιγράφηκε παραπάνω, δεν είναι αναγκαία τα δεδομένα αναφοράς και οι επίγειοι έλεγχοι. Τα δεδομένα που έχουν συληχθεί από το σύστημα αυτό αποτελούν μια πλήρη περιγραφή των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του προς εξέταση αντικειμένου/εμφάνισης.

6. Χρήστες πολλαπλών δεδομένων, οι οποίοι θα είναι πλήρως καταρτισμένοι σχετικά με την τηλεπισκόπηση και τις διαδικασίες ανάλυσης και επεξεργασίας απεικονίσεων. Η εφαρμογή των διαδικασιών αυτών οδηγεί σε νέα δεδομένα και νέες πληροφορίες για το αντικείμενο/εμφάνιση που μας ενδιαφέρει, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια από περισσότερους χρήστες. Με αυτό τον τρόπο η πληροφορία παρέχεται πιο γρήγορα, με λιγότερο κόστος και σε πολύ μεγαλύτερη έκταση από οποιοδήποτε άλλο τρόπο συλλογής δεδομένων, δίνοντας έτσι στους χρήστες τη δυνατότητα να επιλέγουν τους πιο κατάλληλους τρόπους διαχείρισης των φυσικών πόρων και να παίρνουν σωστές αποφάσεις, όσον αφορά τα προβλήματα του πλανήτη.

(Δρ. Ιωάννης

Κ.Καπαγερίδης 2006)

1.5 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Προκειμένου να κατανοήσουμε καλύτερα τη λειτουργία και τη χρησιμότητα ενός τηλεπισκοπικού συστήματος, πρέπει να λάβουμε υπόψη τα παρακάτω μειονεκτήματα–ελλείψεις που στην πραγματικότητα έχει:

1. Η πηγή ενέργειας. Οι παθητικοί (οπτικοί) τηλεπισκοπικοί δέκτες λαμβάνουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η οποία είτε ανακλάται είτε εκπέμπεται με τη μορφή θερμότητας από τα αντικείμενα/εμφανίσεις στην επιφάνεια της γης. Η ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από το χώρο, το χρόνο και τη σύσταση των αντικειμένων/εμφανίσεων. Στα ενεργητικά συστήματα τηλεπισκόπησης (συστήματα radar) μπορούμε να ελέγξουμε την πηγή ενέργειας μέχρι κάποιο βαθμό. Στην πραγματικότητα όμως, οι πηγές που χρησιμοποιούνται δεν εκπέμπουν κατά ενιαίο τρόπο σε όλα τα μήκη κύματος, ούτε είναι ανεξάρτητες τύπου και χρόνου. Γι' αυτό είναι απαραίτητος ο συνεχής έλεγχος των πηγών στα ενεργητικά συστήματα..

2. Η ατμόσφαιρα σχεδόν πάντοτε αλληλεπιδρά με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, επηρεάζοντας σε κάποιο βαθμό τόσο την ισχύ της όσο και τη φασματική κατανομή της. Το πόσο σημαντική είναι αυτή η επίδραση εξαρτάται κάθε φορά από το μήκος κύματος και τον χρησιμοποιούμενο δέκτη. Ο έλεγχος των τηλεπισκοπικών συστημάτων, προκειμένου να αποφευχθούν ή να περιοριστούν οι επιδράσεις αυτές, είναι απαραίτητος, ειδικά όταν πρόκειται για εφαρμογές που απαιτούν επαναληπτικές παρατηρήσεις στην ίδια γεωγραφική περιοχή.

3. Αλληλεπιδράσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας – αντικειμένων/εμφανίσεων στην επιφάνεια της γης. Τα πράγματα θα ήταν πολύ απλά για την τηλεπισκόπηση, αν ίσχυε η ιδανική αυτή κατάσταση, κατά την οποία κάθε σώμα/αντικείμενο/εμφάνιση θα ανακλούσε ή θα εξέπεμπε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, πάντα κατά τον ίδιο, γνωστό τρόπο. Στην πραγματικότητα, εντελώς διαφορετικά αντικείμενα/εμφανίσεις παρουσιάζουν

πολλές φορές μεγάλη φασματική ομοιότητα, με αποτέλεσμα ο διαχωρισμός τους να είναι πάρα πολύ δύσκολος.

4.Ο δέκτης. Δυστυχώς, “ο τέλειος δέκτης” δεν υπάρχει. Ταυτόχρονα, δεν υπάρχει δέκτης που να είναι ευαίσθητος σε όλες τις περιοχές του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ενώ ένα ακόμη στοιχείο, η χωρική διακριτική ικανότητα του δέκτη -η απόσταση δηλαδή που πρέπει να έχουν δύο αντικείμενα/εμφανίσεις πάνω στην επιφάνεια της γης ώστε να είναι διακριτά μεταξύ τους- περιορίζει ακόμα περισσότερο τις δυνατότητες του δέκτη.

5.Το σύστημα διαχείρισης δεδομένων. Η ικανότητα των δεκτών που χρησιμοποιούνται σήμερα να παράγουν δεδομένα ξεπερνά σε κάθε περίπτωση τη δυνατότητα αξιοποίησης και επεξεργασίας των δεδομένων αυτών. Η διαδικασία που απαιτείται για την επεξεργασία τους απαιτεί κατάλληλες τεχνικές, γνώσεις, εμπειρία, δεδομένα αναφοράς και φυσικά αρκετό χρόνο, αφού, όσο κι αν έχουν εξελιχθεί οι τεχνικές, η παρέμβαση του ανθρώπου στην όλη διαδικασία είναι απαραίτητη.

6.Χρήστες πολλαπλών δεδομένων. Βασικός παράγοντας στην επιτυχημένη εφαρμογή της τηλεπισκοπικής διαδικασίας είναι ο άνθρωπος-χρήστης. Τα “δεδομένα” που προέρχονται από τον δέκτη γίνονται “πληροφορία”, μόνο όταν κάποιος γνωρίζει πώς προέκυψαν, πώς μπορούν να ερμηνευθούν και πώς μπορούν να αξιοποιηθούν καλύτερα. Μέχρι τώρα η φωτοερμηνεία αποτέλεσε ένα σημαντικότερο εργαλείο συλλογής πληροφορίας. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται όλο και περισσότερες νέες τεχνικές αξιοποίησης της πληροφορίας από τηλεπισκοπικές απεικονίσεις, με αποτέλεσμα να αυξάνεται συνεχώς ο αριθμός των χρηστών και η τηλεπισκόπηση να αποτελεί σιγά σιγά ένα μοναδικό εργαλείο σε Προγράμματα που αφορούν στη διαχείριση των φυσικών πόρων, σε πολλές εφαρμογές του τοπογράφου μηχανικού, καθώς και στην έρευνα.

(Δρ. Ιωάννης Κ.Καπαγερίδης 2006)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗΣ

2.1 ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ

Οι αεροφωτογραφίες απεικονίζουν, μέσω κεντρικής προβολής, τα αντικείμενα/εμφανίσεις ενδιαφέροντος με υψηλή χωρική διακριτική ικανότητα, γεγονός που τις καθιστά κατάλληλες για την σύνταξη τοπογραφικών χαρτών. Τα συστήματα απεικόνισης, με τα οποία συλλέγεται κυρίως πολυφασματική πληροφορία, είναι ιδανικά για εφαρμογές που έχουν σχέση με θεματική χαρτογράφηση. Προκειμένου τα συστήματα απεικόνισης αυτού του είδους να λειτουργήσουν σωστά, η πλατφόρμα πάνω στην οποία θα τοποθετηθεί ο δέκτης πρέπει να επιλεγεί πολύ προσεκτικά. Στα συμβατικά φωτογραφικά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως αεροπλάνα, τα οποία όμως μπορούν να πετάξουν σε μικρό ύψος πάνω από το έδαφος, ενώ η χρονική διάρκεια των αποστολών είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Όμως, τα τελευταία χρόνια κατασκευάστηκαν διαστημικά αεροσκάφη, τα οποία δεν έχουν κανένα περιορισμό όσον αφορά το ύψος πτήσης και τη διάρκεια της αποστολής. Έτσι, διαστημικά αεροσκάφη, όπως πύραυλοι ή τεχνητοί δορυφόροι, καθώς επίσης και επανδρωμένα ή μη διαστημικά οχήματα, επιτρέπουν τη λήψη τηλεπισκοπικών απεικονίσεων της γήινης επιφάνειας, από απόσταση που φτάνει τις μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα.

2.2 ΠΥΡΑΥΛΟΙ

Αρχικά, τις δεκαετίες '50 και '60, οι πύραυλοι χρησιμοποιήθηκαν ως πλατφόρμες για διάφορα φωτογραφικά συστήματα. Οι απεικονίσεις που προέκυψαν με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιήθηκαν, κατά κύριο λόγο, για τον προσανατολισμό του πυραύλου κατά τη διάρκεια της πτήσης. Κι αυτό γιατί, ενώ οι πτήσεις γίνονταν με καλές καιρικές συνθήκες, γεγονός που εξασφάλιζε την διαύγεια και ευκρίνεια των απεικονίσεων, η περιοχή που κάλυπταν στην επιφάνεια της γης ήταν πολύ περιορισμένη, αφού εκτοξεύονταν κατακόρυφα

προς τα πάνω, και η διάρκεια πτήσης ήταν μόλις 8 λεπτά. (Καθ. Δρ. Axel drescher)

2.3 ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ

Σε αντίθεση με τους πυραύλους, οι τεχνητοί δορυφόροι αποτελούν τις ιδανικές πλατφόρμες για την τοποθέτηση των τηλεπισκοπικών δεκτών. Έχουν προκαθορισμένη τροχιά, η διάρκεια πτήσης τους είναι πολύ μεγαλύτερη και επιτρέπει μια συνεχή παρακολούθηση της γης. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της τροχιάς τους διακρίνονται σε 3 κατηγορίες: 1) σε δορυφόρους με πολική ηλιοσύγχρονη (sun-synchronous) τροχιά, 2) με ισημερινή γεωσύγχρονη (equatorial geosynchronous) τροχιά και 3) σε δορυφόρους με γενική (general) τροχιά.

1. Στους δορυφόρους αυτούς η γωνία μεταξύ του ήλιου και του επιπέδου της τροχιάς του δορυφόρου διατηρείται σταθερή. Έτσι, εξασφαλίζεται η σταθερότητα της γωνίας της ηλιακής ακτινοβολίας, σε δεδομένο γεωγραφικό πλάτος, για μικρό χρονικό διάστημα. Το είδος αυτό των δορυφόρων είναι ιδανικό για τηλεπισκοπικά συστήματα με παθητικούς ή οπτικούς δέκτες, που χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας την ανακλώμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η κλίση της τροχιάς του δορυφόρου πλησιάζει τις 90ο, ώστε να καλύπτει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας της γης, που βρίσκεται μεταξύ των δύο πόλων, ενώ το ύψος της τροχιάς του είναι περίπου 1.000km πάνω από την επιφάνεια της γης.

2. Οι δορυφόροι της κατηγορίας αυτής παραμένουν σταθεροί πάνω από το ίδιο σημείο της επιφάνειας της γης, γι' αυτό ονομάζονται και γεωστατικοί. Αυτό επιτυγχάνεται με τόση αύξηση του ύψους της τροχιάς τους (περίπου στα

35.800km ή 5,6 φορές την ακτίνα της γης), ώστε η περίοδος τροχιάς να γίνει ίση με την περίοδο περιστροφής της γης. Τέτοιου είδους τροχιές μπορούν να επιτευχθούν μόνο για σημεία του Ισημερινού.

(Καθ. Δρ. Axel drescher)

2.4 Επανδρωμένα διαστημικά οχήματα

Τα διαστημικά οχήματα αυτού του είδους, παρέχουν τη δυνατότητα ελέγχου σε πραγματικό χρόνο (real-time) των απεικονίσεων της γήινης επιφάνειας που λαμβάνονται από τους δέκτες που μεταφέρουν στο διάστημα. Αρχικά, οι αστροναύτες στα διαστημικά οχήματα Mercury, Gemini και Apollo είχαν τη δυνατότητα φωτογραφικών λήψεων σε ασπρόμαυρο και έγχρωμο φιλμ. Στις αποστολές που ακολούθησαν, χρησιμοποιήθηκαν πιο εξελιγμένα φωτογραφικά συστήματα. Για παράδειγμα, στις αποστολές Apollo XV – XVII χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός μιας πανοραμικής και δύο μετρητικών φωτογραφικών μηχανών, κάνοντας έτσι δυνατή την στερεοσκοπική παρατήρηση της Σελήνης.

(Καθ. Δρ. Axel drescher)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΚΟΙ ΔΕΚΤΕΣ

3.1 ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΟΙ ΔΕΚΤΕΣ

Προκειμένου να ανιχνευθεί η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε όλες τις συχνότητες και τα μήκη κύματος, απαιτούνται διάφορα είδη τηλεπισκοπικών δεκτών. Οι τηλεπισκοπικοί δέκτες διακρίνονται σε δέκτες radar και οπτικούς ή παθητικούς δέκτες. Αναλυτικά: Οι δέκτες radar ή ενεργητικοί δέκτες,

βασίζονται στην ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που εκπέμπεται από τον ίδιο τον δέκτη radar, ανακλάται από το αντικείμενο/εμφάνιση στην επιφάνεια της γης, επιστρέφει και καταγράφεται στο σύστημα. Σ' αυτούς τους δέκτες, όπως τα radar, που εκπέμπουν στην περιοχή των μικροκυμάτων, το επιστρεφόμενο σήμα έχει υποστεί αλλοίωση, η οποία εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από τις ιδιότητες της επιφάνειας του αντικειμένου/εμφάνισης. Έτσι, επιτυγχάνεται η αναγνώριση και μελέτη σωμάτων και φαινομένων, όπως κατασκευές στη ξηρά, αέριες χημικές ενώσεις, ωκεάνια συστήματα κυκλοφορίας, πετρελαιοκηλίδες κ.λπ. Από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του radar είναι η επιχειρησιακή του δυνατότητα να χρησιμοποιείται ημέρα και νύχτα, κάτω από όλες σχεδόν τις καιρικές συνθήκες.

Οι οπτικοί ή παθητικοί δέκτες, είναι εκείνοι που λαμβάνουν και καταγράφουν την ανακλώμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ή την εκπεμπόμενη θερμότητα. Ευαισθητοποιούνται στο τμήμα του φάσματος, το οποίο εκτείνεται από την περιοχή των πολύ μικρών μηκών κύματος (μικρότερα των $0,4\mu\text{m}$) της υπεριώδους ακτινοβολίας, έως την περιοχή του μήκους κύματος των $1.000\mu\text{m}$. Ανάλογα δε με την εφαρμογή στην οποία θα αξιοποιηθούν απεικονίσεις από οπτικό δέκτη, επιλέγεται και η αντίστοιχη φασματική περιοχή. Οι οπτικοί δέκτες διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

3.2 Φωτογραφικές μηχανές

Ο πιο διαδεδομένος δέκτης είναι η συμβατική φωτογραφική μηχανή, που έχει σχεδιασθεί να ανιχνεύει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο ορατό τμήμα του φάσματος ($0,4-0,7\mu\text{m}$) και στο εγγύς υπέρυθρο ($0,7-0,9\mu\text{m}$). Σε αυτό το είδος δέκτη, χρησιμοποιούνται ασπρόμαυρα ή έγχρωμα φιλμ ευαίσθητα στις παραπάνω περιοχές του φάσματος. Με χρήση κατάλληλων φίλτρων, μπορούμε να βελτιώσουμε την αντίθεση (contrast) της αεροφωτογραφίας ή π.χ. με χρήση ενός κίτρινου φίλτρου να εξαλείψουμε την Rayleigh σκέδαση, λόγω της ατμόσφαιρας.

3.3 Οπτικοηλεκτρικοί δέκτες

Οι οπτικοηλεκτρικοί δέκτες μετασχηματίζουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε ηλεκτρικό σήμα. Τα στοιχεία του δέκτη συμπεριφέρονται όπως οι κόκκοι του φωτογραφικού φιλμ και παράγουν μια παρόμοια ηλεκτρονική εγγραφή για κάθε σημείο του εδάφους.

3.4 Πολυφασματικοί σαρωτές

Πρόκειται για οπτικομηχανικούς σαρωτές, που λειτουργούν σε οποιαδήποτε περιοχή του φάσματος και χρησιμοποιούν δέκτες ευαίσθητους στις περιοχές αυτές, γεγονός που τους δίνει τη δυνατότητα ταυτόχρονης συλλογής μεγαλύτερης ποσότητας πληροφορίας.

www.gisdevelopment.net

3.5 ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

Η αεροφωτογραφία είναι μια από τις πλέον διαδεδομένες, αλλά ταυτόχρονα οικονομικές και αποδοτικές μορφές τηλεπισκοπικών απεικονίσεων. Η αεροφωτογραφία χρησιμοποιείται ευρύτατα και συμπληρωματικά των εργασιών υπαίθρου καθώς τα βασικά της πλεονεκτήματα είναι:

1. Η αεροφωτογραφία δίνει μια πανοραμική εικόνα της περιοχής ενδιαφέροντος. Καλύπτει σχετικά μεγάλες περιοχές στην επιφάνεια της γης, μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε μια ολοκληρωμένη άποψη της προς εξέταση περιοχής, ενώ, επιπλέον, αποτελεί μια ταυτόχρονη καταγραφή όλων των αντικειμένων/εμφανίσεων της επιφάνειας της γης.

2.Αποτελεί μια μόνιμη καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης. Έτσι, μέσω των αεροφωτογραφιών, το ύπαιθρο “μεταφέρεται” στο γραφείο. Η ίδια αεροφωτογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς χρήστες, ενώ η σύγκριση αεροφωτογραφιών διαφορετικής εποχής ή χρονολογίας επιτρέπει την παρακολούθηση των μεταβολών ενός φαινομένου.

3.Το φωτογραφικό φιλμ, καταγράφει πληροφορία σε μια περιοχή του φάσματος σχεδόν διπλάσια από αυτή που βλέπει το ανθρώπινο μάτι. Έτσι, γίνεται δυνατή η παρατήρηση φαινομένων στο υπεριώδες και υπέρυθρο πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

4.Η αεροφωτογραφία έχει το πλεονέκτημα της υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας και της αξιόπιστης γεωμετρικά πληροφορίας. Με κατάλληλη επιλογή της φωτογραμμετρικής μηχανής και του φιλμ και με κατάλληλο σχεδιασμό της πτήσης, μπορεί να καταγραφεί πολύ μεγαλύτερο εύρος πληροφορίας από αυτήν που βλέπει το ανθρώπινο μάτι και καταγράφεται με μετρήσεις στο ύπαιθρο.

5.Με χρήση κατάλληλων φωτοσταθερών και φωτογραμμετρικών μεθόδων, μπορούμε να μετρήσουμε απόσταση, εμβαδόν, ύψος, όγκο και να προσδιορίσουμε διεύθυνση. Οι περισσότεροι τοπογραφικοί χάρτες σήμερα συντάσσονται ή ενημερώνονται από τη φωτογραμμετρική επεξεργασία αεροφωτογραφιών. Η τηλεπισκοπική απεικόνιση είτε από οπτικό δέκτη είτε από δέκτη radar πλεονεκτεί έναντι της αεροφωτογραφίας καθώς:

1.Μια τηλεπισκοπική απεικόνιση καλύπτει έκταση πολλών τετραγωνικών χιλιομέτρων στην επιφάνεια της γης, γεγονός που επιτρέπει την συνολική και συνοπτική μελέτη μιας συγκεκριμένης περιοχής π.χ. μια απεικόνιση από το δέκτη XS του δορυφόρου SPOT καλύπτει επιφάνεια 60kmx60km, ενώ μια απεικόνιση από τους δέκτες MSS και TM του δορυφόρου LANDSAT καλύπτει έκταση 185kmx185km.

2.Η τηλεπισκοπική απεικόνιση συνήθως δημιουργείται από την καταγραφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε διάφορα πεδία αυτής (αριθμός καναλιών που την αποτελούν), γεγονός που επιτρέπει την μελέτη και

διάκριση περισσότερων εμφανίσεων/αντικειμένων στην επιφάνεια της γης, τα οποία δεν διακρίνονται στην αεροφωτογραφία. Έτσι, περιέχει πλήθος διαφορετικών μεταξύ τους πληροφοριών, που μπορούν να αξιοποιηθούν κατάλληλα από γεωλόγους, υδρολόγους, δασολόγους, μηχανικούς κ.λπ.

www.qisdevelopment.net

3. Οι δορυφόροι ακολουθώντας επαναληπτικές τροχιές επισκέπτονται την ίδια γεωγραφική περιοχή με καθορισμένη συχνότητα που κυμαίνεται από μερικά λεπτά (μετεωρολογικοί δορυφόροι) έως μερικές ημέρες. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα παρακολούθησης εν δυνάμει φαινομένων σε παγκόσμια κλίμακα, όπως οι πλημμύρες, η μετακίνηση πληθυσμών, οι πετρελαιοκηλίδες και οι δασικές πυρκαγιές.

4. Τα χαρακτηριστικά της τροχιάς των δορυφόρων εξασφαλίζουν μεγάλη σταθερότητα στις συνθήκες λήψης, γεγονός που οδηγεί σε απεικονίσεις με καλύτερα και σταθερότερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά.

5. Η λήψη απεικονίσεων από μεγάλα ύψη, στη περίπτωση των δορυφόρων εξασφαλίζει σχετική ανεξαρτησία από τις τοπικές καιρικές συνθήκες, ιδιαίτερα δε στην περίπτωση απεικονίσεων από δέκτες radar οι οποίοι λειτουργούν σε συνθήκες ανεξάρτητες καιρού και ηλιακού φωτός.

6. Στο εγγύς μέλλον με την εκτόξευση δορυφόρων που μεταφέρουν δέκτες πολύ υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (1-3m) θα παράγονται απεικονίσεις οι οποίες βρίσκουν εφαρμογές σε πεδία που κυριαρχούσε μέχρι τώρα η αεροφωτογραφία (π.χ. χαρτογράφηση σε μεγάλη κλίμακα). Επιπλέον οι σύγχρονες τάσεις επιβάλλουν την εκτόξευση σειράς δορυφόρων (constellation), οι οποίοι εξασφαλίζουν δεδομένα με χρονική διακριτική ικανότητα λίγων ωρών.

Κόστος ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (σε EURO), ανάλογα με το είδος (και την κλίμακα) των χρησιμοποιούμενων δεδομένων. Από τη μελέτη του παραπάνω Πίνακα διαπιστώνεται ότι το κόστος που αντιστοιχεί σε δεδομένα από τους

δέκτες του δορυφόρου SPOT, αλλά και σε εκείνα από τους δέκτες των ρωσικών δορυφόρων, είναι σημαντικά χαμηλότερο του αντιστοίχου των αεροφωτογραφιών. Η διαφορά μάλιστα γίνεται μεγαλύτερη όταν αναφερόμαστε σε ορθο-φωτογραφίες/ορθο-απεικονίσεις. Η συγκριτική αυτή παράθεση του κόστους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, αποδεικνύει τη βελτίωση του λόγου κόστους/οφέλους για τα δορυφορικά προϊόντα και ανατρέπει την τρέχουσα άποψη που θεωρεί τη χρήση δορυφορικών δεδομένων μία ιδιαίτερα ακριβή –και συχνά μη αποδοτική– επένδυση.

Είδος δεδομένων Κόστος ανά τετρ. χλμ. (EURO) Κόστος ανά τετρ. χλμ. για ορθο-φωτογραφίες/ορθο-απεικονίσεις

(EURO)

Αεροφωτογραφία σε κλίμακα 1:40.000 2,3622,47

Αεροφωτογραφία σε κλίμακα 1:80.000 0,595,62

SPOT (παγχρωματικό - 10m) 0,831,93

KFA-1000 (6,7m) 0,471,09

KVR-1000 (2m) 2,5

www.gisdevelopment.net

3.6 ΕΡΜΗΝΕΙΑ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ

Οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις είναι καταγραφές της ανακλώμενης ή/και της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, οι οποίες δίνουν την εντύπωση εικόνας. Προκειμένου, λοιπόν, να γίνει δυνατή η συλλογή χρήσιμης πληροφορίας, είναι απαραίτητη η ερμηνεία τους. Η ερμηνεία των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων (η οποία μπορεί να γίνει είτε οπτικά, είτε

αυτόματα), απαιτεί ένα συνδυασμό των γενικών και ειδικών γνώσεων της επιστήμης και της τεχνικής, της εμπειρίας και της κρίσης του ανθρώπου-φωτοερμηνευτή

3.7 Οπτική προσέγγιση

Το πρώτο βήμα μιας διαδικασίας οπτικής ερμηνείας απεικονίσεων είναι η ανίχνευση (detection). Η ανίχνευση εξαρτάται από τη διακριτική ικανότητα του δέκτη, η οποία ποικίλλει ανάλογα με την εφαρμογή και το είδος του δορυφόρου, διακρίνεται δε σε: Χωρική διακριτική ικανότητα (Spatial Resolution). Είναι η ικανότητα του δέκτη να ξεχωρίζει πολύ κοντινά αντικείμενα ή πληροφορίες στην απεικόνιση (ποσοτικά ισούται με τη μικρότερη απόσταση που μπορούν να έχουν δύο αντικείμενα, έτσι ώστε να εμφανίζονται ξεχωριστά). Χρονική διακριτική ικανότητα (Temporal Resolution), η οποία σχετίζεται με τη συχνότητα λήψης απεικονίσεων για την ίδια γεωγραφική περιοχή.

Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα (Radiometric Resolution), που ορίζεται ως η ευαισθησία του δέκτη να καταγράφει διαφορές στην ισχύ του σήματος.

Φασματική διακριτική ικανότητα (Spectral Resolution), η οποία περιλαμβάνει το εύρος των περιοχών του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, στις οποίες πραγματοποιεί καταγραφές ένας πολυφασματικός δέκτης, καθώς και τον αριθμό των καναλιών που χρησιμοποιούνται. Το δεύτερο βήμα είναι η αναγνώριση (recognition/identification) αντικειμένων/εμφανίσεων στην περιοχή ενδιαφέροντος. Η αναγνώριση περιλαμβάνει ένα πρώτο στάδιο αναγνώρισης γενικών κατηγοριών και σχημάτων, στη συνέχεια ένα δεύτερο στάδιο ανάλυσης ομοιοτήτων και διαφορών και, τέλος, το στάδιο της συσχέτισης με το περιβάλλον, όπου χρησιμοποιούνται φωτοερμηνευτικά κλειδιά, πορίσματα επιγείων ελέγχων και δειγματοληψιών. Τα βασικά φωτοαναγνωριστικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται εδώ είναι ο τόνος, το

χρώμα, το μέγεθος, το σχήμα, το πρότυπο, η υφή, η σκιά, η θέση/τοποθεσία και η σχέση με το περιβάλλον. Ο τόνος του γκρι ή το χρώμα, εξαρτάται από το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται και εκπέμπεται από ένα αντικείμενο/εμφάνιση, ανάλογα με την περιοχή του φάσματος στην οποία είναι ευαίσθητος ο δέκτης. Η υφή, σχετίζεται με τη συχνότητα εναλλαγής του τόνου του γκρι, στοιχείο που μας δίνει μια εικόνα για το πόσο τραχύ ή λείο είναι το αντικείμενο/εμφάνιση που απεικονίζεται. Αφού ολοκληρωθεί η αναγνώριση, μπορούν να οριοθετηθούν περιοχές που παρουσιάζουν ομοιογένεια ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Αυτό είναι το στάδιο της ανάλυσης (analysis). Κάθε μια από τις περιοχές αυτές πρέπει να ταξινομηθεί σε μια κατηγορία), η οποία πρέπει να γίνεται σε συνδυασμό με επίγειους ελέγχους, είναι το τελευταίο στάδιο της οπτικής ερμηνείας και οδηγεί στη δημιουργία ενός θεματικού χάρτη της περιοχής που μας ενδιαφέρει, ο οποίος, με τη σειρά του, μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (G.I.S). Τα τελευταία χρόνια έχουν υιοθετηθεί τεχνικές οπτικής ερμηνείας στην οθόνη του Η/Υ, οι οποίες αξιοποιούν τα αποτελέσματα από την εφαρμογή τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας και ενίσχυσης των απεικονίσεων (π.χ. ενίσχυση αντίθεσης διαβάθμιση τόνου, έγχρωμα σύνθετα, λόγοι καναλιών, Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών κ.λπ.).

3.8 Αυτόματη προσέγγιση

Το βασικότερο μειονέκτημα της οπτικής ερμηνείας, είναι το γεγονός ότι σαν διαδικασία επεξεργασίας απεικονίσεων είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η επεξεργασία μεγάλης ποσότητας δεδομένων. Η αδυναμία αυτή είναι ιδιαίτερα εμφανής όταν έχουμε πολυφασματικές απεικονίσεις. Έτσι, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής αποτελεί ίσως τη μοναδική λύση. Επειδή η φωτοερμηνεία είναι στην ουσία μια διαδικασία ταξινόμησης, η αναγνώριση μπορεί να γίνει με χρήση μαθηματικών αλγορίθμων, με την προϋπόθεση βέβαια ότι τα διαθέσιμα δεδομένα είναι σε ψηφιακή μορφή. Τα βήματα που περιλαμβάνει η αυτόματη προσέγγιση είναι: μετατροπή της αναλογικής απεικόνισης σε ψηφιακή μορφή, αν πρόκειται για αεροφωτογραφίες (το βήμα αυτό δεν χρειάζεται, αν πρόκειται για δεδομένα

που προέρχονται από δορυφόρους και λαμβάνονται απευθείας σε ψηφιακή μορφή), επεξεργασία δεδομένων, που περιλαμβάνει συνήθως ραδιομετρική και γεωμετρική διόρθωση, εξαγωγή χαρακτηριστικών (feature extraction). Στο στάδιο αυτό επιλέγονται οι μετρήσεις που είναι απαραίτητες για την αναγνώριση ενός αντικειμένου/εμφάνισης και την ταξινόμησή του. Τα χαρακτηριστικά μπορεί να είναι χωρικά, φασματικά και χρονικά. Υπάρχουν δύο μέθοδοι ταξινόμησης, που εφαρμόζονται κατά την αυτόματη επεξεργασία απεικονίσεων: ο επιβλεπόμενη ταξινόμηση: Επιλέγονται, από επίγειους ελέγχους ή χάρτες, αντιπροσωπευτικά “δεδομένα εκπαίδευσης” από τις “θεματικές τάξεις” που μας ενδιαφέρουν, τις οποίες και μπορούμε να αναγνωρίσουμε με βεβαιότητα στην απεικόνιση, π.χ. ελαιώνες, ορυζώνες, θάλασσα, δάση κ.λπ.. Τα δεδομένα αυτά, τα οποία δεν είναι παρά μια ομάδα pixels, θα “εκπαιδεύσουν” τον υπολογιστή να αναγνωρίζει τα διάφορα αντικείμενα/εμφάνισεις (θεματικές τάξεις). Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής προσδιορίζει διάφορες στατιστικές παραμέτρους, όπως μέσους όρους, τυπική απόκλιση, πίνακες μεταβλητότητας–συμμεταβλητότητας για τα δεδομένα εκπαίδευσης κάθε θεματικής τάξης. Στη συνέχεια τις συγκρίνει με τις αντίστοιχες στατιστικές παραμέτρους άλλων περιοχών της απεικόνισης που είναι άγνωστες. Η σύγκριση αυτή γίνεται κάθε φορά με χρήση ενός συγκεκριμένου αλγορίθμου ταξινόμησης, όπως ο αλγόριθμος μεγίστης πιθανοφάνειας, ελάχιστης απόστασης, παραλληλεπιπέδου, Mahalanobis κ.λπ.

Έτσι, όλα τα pixels της απεικόνισης ταξινομούνται σε κάποια θεματική τάξη. ο μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση: Στη μέθοδο αυτή δεν χρησιμοποιούνται δεδομένα εκπαίδευσης. Τα pixels μιας απεικόνισης ταξινομούνται σε “φασματικές τάξεις”, σε ομάδες δηλαδή, ανάλογα με τη “φασματική τους υπογραφή”. Ο χρήστης αναγνωρίζει εκ των υστέρων σε συνδυασμό με κατάλληλους επίγειους ελέγχους, τις θεματικές τάξεις, με τις οποίες συμπίπτουν οι φασματικές. Η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση δεν είναι συνήθως τόσο αποτελεσματική όσο η επιβλεπόμενη, λόγω της απουσίας δεδομένων εκπαίδευσης, τα οποία μας επιτρέπουν να ελέγχουμε τα αποτελέσματα. Από

την άλλη πλευρά, η επιβλεπόμενη ταξινόμηση είναι χρονοβόρα, κυρίως όταν χρησιμοποιείται για επεξεργασία μεγάλης ποσότητας πολυφασματικών δεδομένων. Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης είναι η δημιουργία ενός θεματικού χάρτη, ο οποίος μπορεί να παραχθεί ή να αποθηκευτεί σε ψηφιακή μορφή.

Ενίσχυση αντίθεσης διαβάθμισης του τόνου (contrast stretching): διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται η ενίσχυση της αντίθεσης των τόνων μιας απεικόνισης και κατά την οποία αξιοποιείται όλο το εύρος του πεδίου ψηφιακών τιμών και όχι μόνο μέρος αυτού.

Έγχρωμο σύνθετο: έγχρωμη απεικόνιση που προκύπτει με υπέρθεση τριών μονόχρωμων απεικονίσεων, όταν προβάλλεται με ένα από τα τρία βασικά χρώματα (κόκκινο, πράσινο, μπλε). *Λόγοι καναλιών (image ratio): οι απεικονίσεις λόγων καναλιών προκύπτουν με τη διαίρεση των ψηφιακών τιμών μιας απεικόνισης σε ένα κανάλι με τις αντίστοιχες τιμές της σε ένα άλλο κανάλι, για κάθε pixel. Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατό να περιοριστούν οι διαφορές στην ανακλαστικότητα από το ίδιο αντικείμενο/εμφάνιση, οι οποίες οφείλονται στο τοπογραφικό ανάγλυφο, στις σκιές και στις εποχιακές αλλαγές. Επίσης οι λόγοι μεταξύ καναλιών μπορούν να βοηθήσουν στο διαχωρισμό και διάκριση συγκεκριμένων κατηγοριών αντικειμένων/εμφανίσεων (π.χ. έδαφος - βλάστηση).

Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Component Analysis): Η Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών ανήκει στις μεθόδους μετασχηματισμού των πολυφασματικών δορυφορικών δεδομένων. Σκοπός της είναι η μείωση της διάστασης των δεδομένων, διατηρώντας ταυτόχρονα το σύνολο της αρχικής πληροφορίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης, όσο και για την απομόνωση των ραδιομετρικών σφαλμάτων των απεικονίσεων. Σήμερα στην αγορά κυκλοφορεί μεγάλος αριθμός λογισμικών (s/w) ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας που έχουν αναπτυχθεί είτε από ιδιωτικές εταιρείες (π.χ ERDAS-<http://www.erdas.com/>, ERMapper-<http://www.ermapper.com/> κ.λπ.) είτε από Πανεπιστήμια (π.χ. IDRISI <http://www.clarklabs.org/> κ.λπ.).

3.9 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Τα δεδομένα μιας τηλεπισκοπικής απεικόνισης, τα οποία αποκτήθηκαν μέσω ενός καναλιού, μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα θεματικό επίπεδο από rixel. Επομένως, τα πολυφασματικά δεδομένα μπορούν να αποτελέσουν θεματικά επίπεδα ενός Geographic Information System (GIS), τα οποία “υπερτίθενται” (overlay) πάνω σε άλλα υπάρχοντα επίπεδα του GIS, που δημιουργήθηκαν με επίγειες μετρήσεις ή από άλλους υπάρχοντες χάρτες ή προήλθαν από μετατροπή άλλων υφιστάμενων ψηφιακών αρχείων. Οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις μιας συγκεκριμένης περιοχής, που ελήφθησαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους από ένα δέκτη ή σε συνδυασμό με άλλους δορυφόρους, μπορούν να προσαρμοσθούν στην ίδια χαρτογραφική προβολή, σύστημα συντεταγμένων και μέγεθος rixel και, επομένως, να δημιουργήσουν ένα καινούργιο επίπεδο GIS, που “υπερτίθεται” σε άλλα υπάρχοντα. Χαρτογραφικά επίπεδα σε ταξινομημένη ψηφιδωτή (raster) μορφή (γεωλογία, βλάστηση κ.λπ.) μπορούν να ενταχθούν και επεξεργαστούν στο ίδιο σύστημα, αρκεί η γεωμετρία και αναφορά στο χάρτη να είναι η ίδια με την αντίστοιχη, που χρησιμοποιείται εκείνη τη στιγμή στο σύστημα.

(Καθ. Δρ. Axel drescher)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ

4.1 Παρακολούθηση καλλιεργειών και παράγοντες που επηρεάζουν τις φασματικές υπογραφές των καλλιεργειών

Τα φυτά έχουν ένα συγκεκριμένο τρόπο να ανακλούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το μοναδικό αυτό χαρακτηριστικό είναι γνωστό ως η φασματική υπογραφή της βλάστησης. Η ανάκλαση της βλάστησης είναι πολύ χαμηλή στις μπλε και κόκκινες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, λίγο υψηλότερη στην πράσινη περιοχή και υψηλή στο κοντινό υπέρυθρο.

Η φυσιολογική διαδικασία ανάπτυξης ενός φυτού μπορεί να διαταραχθεί όταν περνά μέσα από μια περίοδο καταπόνησης. Όταν βρίσκεται σε αυτή την κατάσταση, το φυτό δεν λειτουργεί σωστά για μία ή περισσότερες αιτίες. Όταν ένα φυτό καταπονείται, συνήθως αυτό εκφράζεται με ορισμένα ορατά συμπτώματα, αλλά και ορισμένα που είναι δεν είναι ορατά από το ανθρώπινο μάτι. Συμπτώματα καταπόνησης μπορεί να εμφανίζονται σε όλα τα φυτά στο χωράφι ή μόνο σε ορισμένα τμήματα του χωραφιού, ανάλογα με την αιτία.



Απώλεια χλωροφύλλης σε φύλλα (χλώρωση).

Πηγή: Wikimedia Commons



Ανάπτυξη ενός μύκητα (*Uromyces pini* - κοινώς γνωστός ως κονιώδης περονόσπορος) σε καλλιέργεια πεπονιού.

Πηγή: Wikimedia Commons



Επιδράσεις από σκωρίαση σε σόγια (μύκητας *Phakospora*) σε φύλλα σόγιας.

Πηγή: Wikimedia Commons and US Agricultural Research Service

Στην παραπάνω εικόνα, ορισμένα τμήματα των φύλλων της σόγιας έχουν μολυνθεί από τον μύκητα *Phakospora* (σκωρίαση σόγιας) και έχουν αλλάξει χρώμα από πράσινο σε κίτρινο, επειδή η χλωροφύλλη έχει καταστραφεί. Ο μύκητας προσβάλλει το κύτταρα διαπερνώντας τα τοιχώματα και χρησιμοποιώντας το περιεχόμενό τους και τα θρεπτικά συστατικά ως τροφή για την ανάπτυξή τους.

(www.rhs.org.uk)

4.2 ΟΤΑΝ ΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ ΕΠΙΤΙΘΕΝΤΑΙ

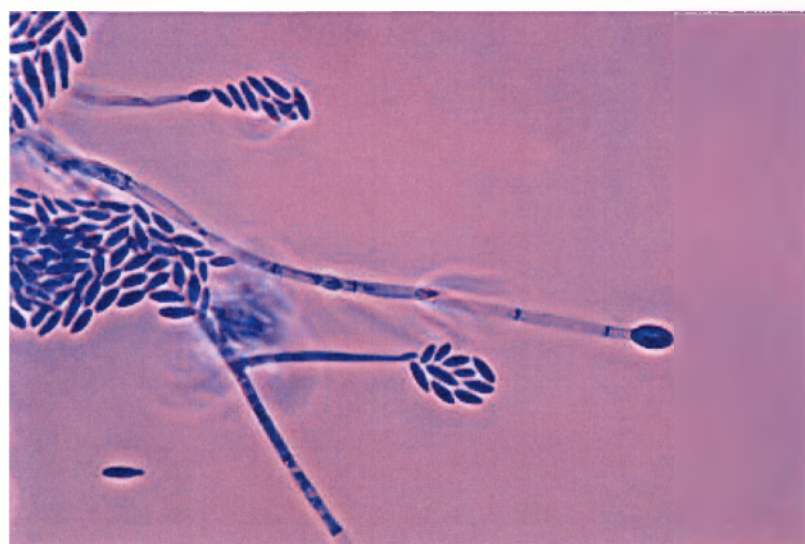


Μύκητας *Cercospora* σε φύλλο.

Πηγή: Wikimedia Commons

Διάφοροι μύκητες παρουσιάζουν διαφορετικά συμπτώματα στα φύλλα των φυτών. Στην παραπάνω εικόνα, ο μύκητας *Cercospora* έχει μολύνει κάποια τμήματα πάνω στο φύλλα και η προσβολή έχει αρχίσει να εξαπλώνεται προς τα έξω από το σημείο προσβολής. Καθώς η ασθένεια εξαπλώνεται, στην αρχή τα κύτταρα χάνουν την χλωροφύλλη και στη συνέχεια στεγνώνουν και νεκρώνονται (καφέ στίγματα).

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η εμφάνιση κυκλικών περιοχών με νεκρά κύτταρα, είναι στην πραγματικότητα ένας αμυντικός μηχανισμός του φυτού. Δεδομένου ότι ο μύκητας εξαπλώνεται από κύτταρο σε κύτταρο, το φυτό μπορεί να προκαλέσει εσκεμμένα τον θάνατο των κυττάρων που περιβάλλουν το σημείο της λοίμωξης. Χωρίς ζωντανά κύτταρα για να εξαπλωθεί, ο μύκητας πεθαίνει και η εξάπλωση της προσβολής σταματάει.



Δομή και σπόρια του μύκητα *Fusarium verticillioides*.

Πηγή: Wikimedia Commons and Centre for Disease Control and Prevention /
Dr. Libero Ajello

Στην παραπάνω εικόνα μπορούμε να δούμε τη δομή του μύκητα *Fusarium verticillioides* και τους σάκους σπόριων. Τα σπόρια απελευθερώνονται υπό βέλτιστες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας και όταν φθάσουν στην επιφάνεια ενός φύλλου, παράγουν ένα καθετήρα που διαπερνά τα κυτταρικά τοιχώματα. Με την χρήση αυτού του καθετήρα ο μύκητας χρησιμοποιεί τα θρεπτικά συστατικά των κυττάρων ως τροφή, δημιουργώντας αυτές τις δομές και τους σάκους σπόριων, επαναλαμβάνοντας τον κύκλο

(www.ctahr.hawaii.edu)

4.3 Έλλειψη θρεπτικών συστατικών

Η έλλειψη ορισμένων θρεπτικών στοιχείων διακόπτει τη κανονική ανάπτυξη του φυτού. Ορισμένες θρεπτικές ουσίες, οι οποίες άμεσα ή έμμεσα σχετίζονται με την παραγωγή της χλωροφύλλης, έχουν ένα χαρακτηριστικό αποτέλεσμα στο χρώμα των φύλλων. Η έλλειψη άζωτου, για παράδειγμα, πρώτα προκαλεί κιτρίνισμα των φύλλων στη περιοχή γύρω από τα αγγεία του φύλλου (που αποτελεί μέρος του μεταφορικού δικτύου των θρεπτικών συστατικών του φυτού) και επεκτείνεται σταδιακά στο υπόλοιπο του φύλλου, το οποίο σιγά σιγά μετατρέπεται σε κόκκινο και καφέ χρώμα.



Έλλειψη αζώτου σε φύλλα καλαμποκιού

Πηγή: Government of Ontario, Canada, Ministry of Agriculture, Food and Rural



Έλλειψη μαγγανίου σε φύλλο τριανταφύλλου.

Source: Wikimedia Commons

Σε αντίθεση με την έλλειψη αζώτου, η έλλειψη μαγγανίου εμφανίζεται αρχικά ως χλώρωση στην περίμετρο των φύλλων, και η περιοχή γύρω από τις φλέβες είναι η τελευταία που δείχνει τα αποτελέσματα της ανεπάρκειας. Όσο η έλλειψη συνεχίζεται ο κίτρινος ιστός στο φύλλο ξηραίνεται και πεθαίνει, παίρνοντας ένα σκοτεινό καφέ χρώμα.

Εκτός από την εξέλιξη της χλώρωσης, οι ελλείψεις αζώτου και μαγγανίου έχουν ακόμη μία διαφορά. Η έλλειψη μαγγανίου αρχικά επηρεάζει τα νεότερα φύλλα, τα οποία φυτρώνουν κοντά στην κορυφή του φυτού. Από την άλλη πλευρά, η έλλειψη αζώτου τείνει να επηρεάζει τα μεγάλα σε ηλικία φύλλα, που βρίσκονται στο κάτω μέρος του φυτού κοντά στο έδαφος.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν καταπόνηση στα φυτά. Μαζί με την έλλειψη νερού, η ανεπάρκεια θρεπτικών ουσιών και η καταστροφή των ιστών που προκαλούνται από εξωτερικούς οργανισμούς, όπως οι μύκητες και τα βακτήρια είναι οι πιο συνηθισμένες αιτίες που προκαλούν καταπόνηση στα φυτά. Όλα αυτά τείνουν να επηρεάζουν τη παραγωγή χλωροφύλλης, γεγονός που οδηγεί τα φύλλα στην απώλεια χλωροφύλλης και την αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε κίτρινο, κόκκινο και τελικά καφέ

(www.omafra.gov Government of Ontario Canada Ministry of Agricultural.)

4.4 Ο εντοπισμός καταπονημένων φυτών

Η χλωροφύλλη είναι ένα απαραίτητο κομμάτι της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Απορροφά την ηλιακή ενέργεια με σκοπό την παροχή ενέργειας για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Επειδή απορροφά ενέργεια, επηρεάζει σημαντικά την ποσότητα της ενέργειας που ανακλάται.

Με την τηλεπισκόπηση μπορούμε άμεσα να εκτιμήσουμε το πόσο χλωροφύλλης που υπάρχει σε ένα φυτό. Συνδυάζοντας περισσότερες από μία μπάντες (τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στα οποία γίνεται καταγραφή της έντασης της ακτινοβολίας) των καταγεγραμμένων στοιχείων τηλεπισκόπησης, μπορούμε να δημιουργήσουμε δείκτες βλάστησης τους οποίους θα χρησιμοποιήσουμε για την εκτίμηση της κατάστασης των καλλιεργειών.

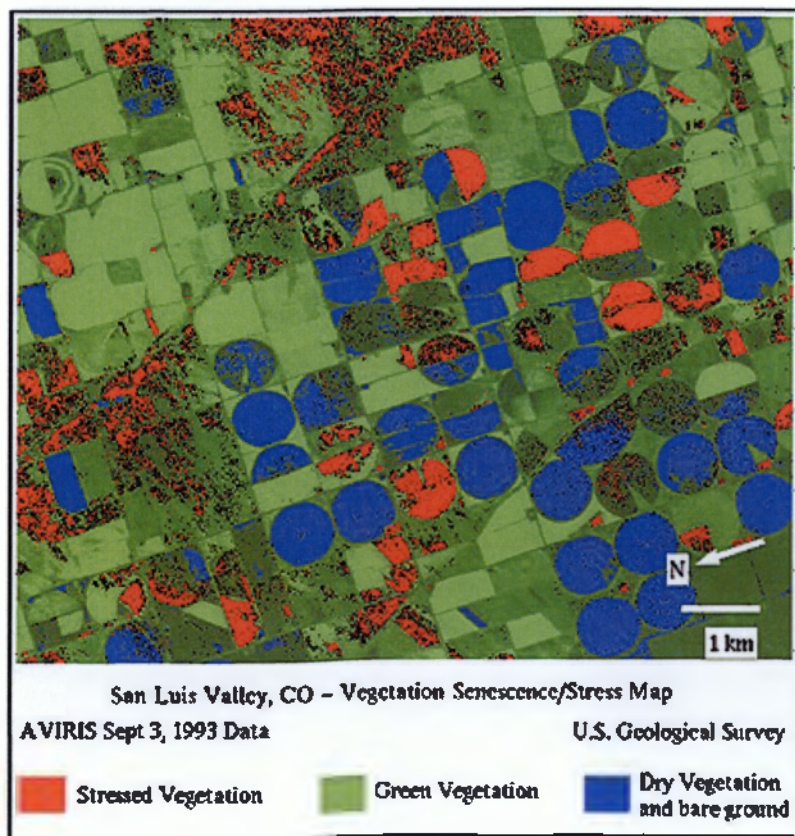
Με την χρήση δεικτών βλάστησης μπορούμε να επεξεργαστούμε τα στοιχεία τηλεπισκόπησης και να παράγουμε ταξινομήσεις που μας δείχνουν τα φυτά που έχουν καταπονηθεί. Η ταξινόμηση που εμφανίζεται στην επόμενη εικόνα,

χρησιμοποιεί δεδομένα που έχουν ληφθεί από το εναέριο φασματοόμετρο ορατής/υπέρυθρης απεικόνισης AVIRIS, το οποίο είχε τοποθετηθεί σε ένα αεροσκάφος.



Το αεροσκάφος Dornier Do228-101 D-CALM του Γερμανικού Κέντρου Αεροδιαστημικής (DLR).

Πηγή: Natural Environment Research Council (NERC)



Προσδιορισμός βλάστησης υπό συνθήκες καταπόνησης που έχουν ληφθεί από δεδομένα AVIRIS

Πηγή: U.S. Geological Survey

Ανάλογα με την ανάκλαση στο ορατό και κοντινό υπέρυθρο φάσμα, οι δείκτες βλάστησης που παράγονται μας επιτρέπουν να κάνουμε μια εκτίμηση για την ποσότητα χλωροφύλλης στα φυτά. Με αυτή την πληροφορία μπορούμε να εκτιμήσουμε αν και κατά πόσο τα φυτά καταπονούνται. Στην προηγούμενη εικόνα, τα χωράφια που εμφανίζονται με μπλέ χρώμα, δεν έχουν βλάστηση (μόνο έδαφος), ενώ αυτά με πράσινο χρώμα είναι καλυμένα με βλάστηση. Τα τμήματα των αγρών που εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα, είναι καταπονημένα φυτά.

Πριν αρχίσει η κατάρρευση της χλωροφύλλης σε καταπονημένα φυτά, ο παράγοντας που προκαλεί την καταπόνηση έχει ήδη αρχίσει να επηρεάζει την κυτταρική διάρθρωση των φύλλων. Αυτό επηρεάζει την ανάκλαση του φυτού στο κοντινό υπέρυθρο, ακόμα πριν το σημείο που η απώλεια της χλωροφύλλης αλλάζει την ανάκλαση στο ορατό φάσμα. Με την τηλεπισκόπηση μπορούμε να δούμε τις αλλαγές στο κοντινό υπέρυθρο (οι οποίες δεν είναι ορατές με το ανθρώπινο μάτι), πριν εμφανιστούν τα συμπτώματα χλώρωσης, και με αυτό τον τρόπο μπορούμε να έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση ότι τα φυτά είναι καταπονημένα.

Με την χρήση δεικτών βλάστησης με δεδομένα από αισθητήρες με πολύ υψηλή χωρική ανάλυση (κάτω των 10 μέτρων ή ακόμα μέχρι και ένα μέτρο), μπορούμε επίσης να ξεχωρίσουμε τμήματα μικρών διαστάσεων των χωραφιών όπου οι καλλιέργειες υποφέρουν από κάποια μορφή καταπόνησης, και να εκτιμήσουμε πόσο σοβαρή είναι. Το να είμαστε σε θέση να εντοπίζουμε διακυμάνσεις της καταπόνησης μέσα σε ένα χωράφι επιτρέπει στο γεωργό να εντοπίσει το πρόβλημα και να λάβει εγκαίρως κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση των προβλημάτων στα συγκεκριμένα σημεία.

Εκτός από την υψηλή χωρική ανάλυση, οι αισθητήρες με υψηλή φασματική ανάλυση (δηλαδή, χρησιμοποιούν πολλές στενές ζώνες για να καλύψουν ένα ευρύ φάσμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος) είναι επίσης πολύ χρήσιμες. Η συλλογή τέτοιου είδους δεδομένων στην υπέρυθρη περιοχή μπορεί να μας δώσει πληροφορίες σχετικά με τη συγκέντρωση συγκεκριμένων βιοχημικών ουσιών, όπως η κυτταρίνη, το άζωτο, το νερό και τα σάκχαρα.

(SpecLab.cr.usrgrs.gov AVIRIS U.S Geological Survey.)

Η παρακάτω εικόνα είναι αποτέλεσμα ταξινόμησης της δορυφορικής εικόνας από τον δορυφόρο QuickBird, με τη χρήση δεικτών βλάστησης. Το πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύει τα φυτά με καλή υγεία. Όπως αλλάζει το χρώμα από πράσινο σε κίτρινο και στη συνέχεια στο κόκκινο, η κατάσταση υγείας του φυτού είναι χειροτερεύει. Οι γκριζες περιοχές αντιπροσωπεύουν κενά χωράφια χωρίς φυτά. Ανάλογα με το σχήμα των περιοχών με διαφορετικές καταστάσεις υγείας που σχηματίζονται με την ταξινόμηση, μπορούμε να κάνουμε μια εκτίμηση για την αιτία της καταπόνησης.



Οι διακυμάνσεις της υγείας των καλλιεργειών εντός πεδίων, χρησιμοποιώντας δεδομένα QuickBird.

Πηγή: Satellite Imaging Corporation

4.5 Εκτίμηση περιεκτικότητας σε νερό με την χρήση τηλεπισκόπησης

Όπως πολλοί οργανισμοί, τα φυτά χρειάζονται νερό για να επιβιώσουν. Εκτός από το νερό που χρησιμοποιείται σε βασικές βιοχημικές διεργασίες, το νερό είναι το "μεταφορικό μέσο" για να μεταφερθούν τα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος προς κάθε μέρος του φυτού. Το νερό εισέρχεται στο φυτό από τις ρίζες, ταξιδεύει μέσω του κυρίου στελέχους και τα κλαδιά, φθάνοντας τελικά στα φύλλα. Από εκεί, μέσω των πόρων του φύλλου, γνωστά ως στόματα, βγαίνει στην ατμόσφαιρα. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως εφίδρωση.

(Professor Shahbaz Kham International Center for water Charles Sturt University)

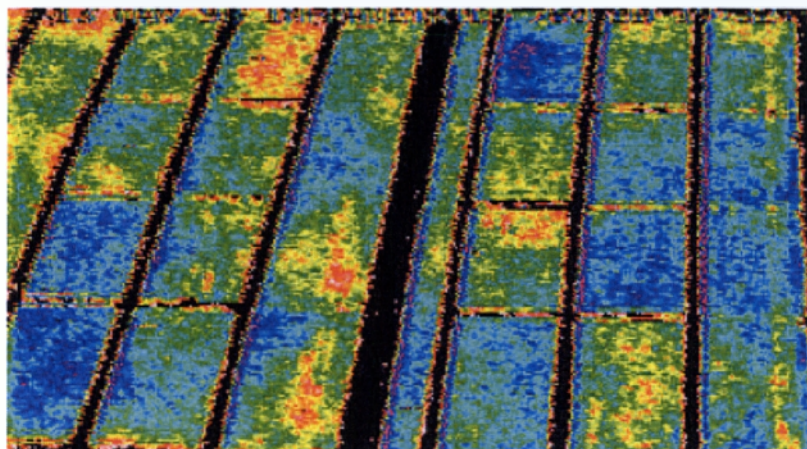


Στόματα σε φύλλα ντομάτας.

Πηγή: Wikipedia Commons

Όλες οι βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μέσα σε ένα φυτό παράγουν θερμότητα. Το νερό που προέρχεται από εφίδρωση απορροφά θερμότητα και την αφαιρεί από το φυτό όταν αναδύεται μέσω των φύλλων. Όταν δεν υπάρχει αρκετό νερό και τα φυτά βρίσκονται σε κατάσταση καταπόνησης, δεν μπορούν να απομακρύνουν θερμότητα μέσω εφίδρωσης αρκετά γρήγορα και έτσι, αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Αυτή η αύξηση της

Θερμοκρασίας μπορεί να ανιχνευθεί με την τηλεπισκόπηση, με τη χρήση του φάσματος που είναι ευαίσθητο στη θερμότητα.



Περιεκτικότητα σε νερό των καλλιεργημένων πεδίων με θερμική απεικόνιση. Τα μπλε, πράσινα και κόκκινα pixels αντιπροσωπεύουν φυτά με επαρκή, μέση και χαμηλή συγκέντρωση νερού, αντίστοιχα.

Πηγή: Wikimedia Commons and US Agricultural Research Service

Στην παραπάνω εικόνα, μπορούμε να δούμε τη μεταβλητότητα της περιεκτικότητας του νερού σε κάθε πεδίο. Τα μπλε pixels αντιπροσωπεύουν φυτά με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, το πράσινο δείχνει φυτά με μέση περιεκτικότητα σε νερό και το κόκκινο δείχνει φυτά που υποφέρουν από χαμηλή διαθεσιμότητα νερού. Η ποικιλομορφία αυτή εμφανίζεται λόγω της μεταβλητής ικανότητας του εδάφους σε διαφορετικά τμήματα του πεδίου, στο να απορροφήσει το νερό και στη συνέχεια να το παρέχει στα φυτά.

Ένα από τα προβλήματα της μεθόδου αυτής, παρουσιάζεται όταν υπάρχει μερική κάλυψη του εδάφους από βλάστηση. Όταν η βλάστηση δεν καλύπτει πλήρως το έδαφος, η θερμοκρασία εδάφους επηρεάζει το θερμικό σήμα που καταγράφεται από τον αισθητήρα. Όταν συμβαίνει αυτό είναι εύκολο να συγχέουμε τη χαμηλή κάλυψη βλάστησης και ζεστό χώμα με καταπόνηση που προκαλείται στα φυτά από έλλειψη νερού. Ωστόσο αν ξέρουμε περίπου

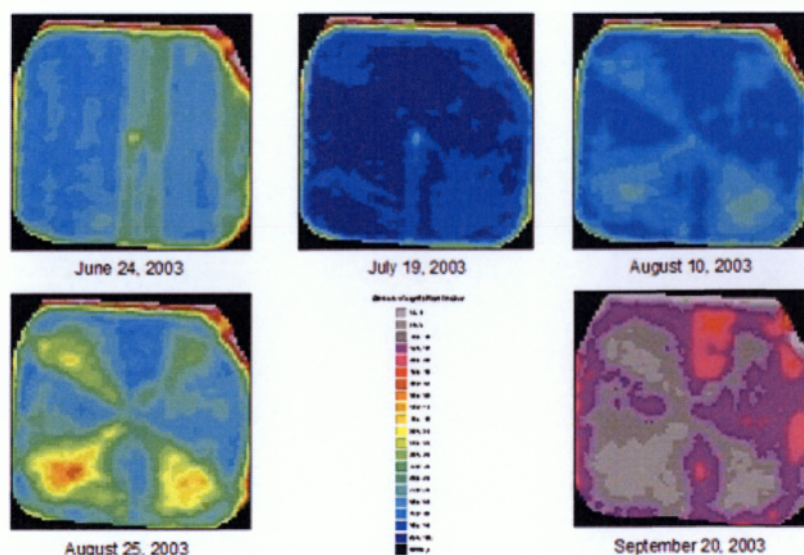
το ποσοστό κάλυψης του εδάφους, και ιδιαίτερα την ποσότητα της φυλλικής επιφανείας ανά μονάδα εδάφους (γνωστό ως δίκτυο φυλλικής επιφάνειας), μπορούμε να διορθώσουμε τη μέτρηση και να μειώσουμε τις επιπτώσεις της συμβολής του εδάφους στο θερμικό σήμα.

(Professor Shahbaz Kham International Center for water Charles Sturt University)

4.6 Έλεγχος άρδευσης

Η τηλεπισκόπηση μπορεί να παρέχει δεδομένα συχνά, γεγονός που επιτρέπει την στενή παρακολούθηση των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα. Στο παραπάνω παράδειγμα, οι επιπτώσεις της άρδευσης στην ποσότητα νερού εντός των φυτών είναι ορατές. Η άρδευση έχει γίνει μεταξύ 24 Ιουνίου και 19 Ιουλίου, και υπάρχει μεγάλη περιεκτικότητα νερού στη δεύτερη εικόνα. Σταδιακά, η ποσότητα του νερού μειώνεται καθώς προχωράμε από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο.

Ένα χαρακτηριστικό σχέδιο δημιουργείται τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο, όπου ορισμένες περιοχές έχουν λιγότερο νερό από άλλες.



Φασματική ανταπόκριση βλάστησης στην άρδευση και η μείωση των επιπτώσεων με το πέρασμα του χρόνου.

Πηγή: Satellite Imaging Corporation

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΙΣΗ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΙΣΗ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

5.1 Καταπολέμηση των ασθενειών και των εχθρών των φυτών

Εκτός από τον εντοπισμό των φυτών υπό καταπόνηση από έλλειψη θρεπτικών συστατικών ή νερού, η τηλεπισκόπηση μπορεί επίσης να βοηθήσει στην προστασία των φυτών από πιθανές επιθέσεις εχθρών, βακτηρίων ή μυκήτων. Με το συνδυασμό της γεωργικής γνώσης με τα δεδομένα από τηλεπισκόπηση, είναι δυνατόν να έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση και πρόληψη των επιβλαβών οργανισμών ή για μια ασθένεια που επηρεάζει τις καλλιέργειες, και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα σε πρώιμο στάδιο.

(Agricultural Water Management 299-310)



Χαρτογράφηση του δέλτα του ποταμού Mississippi, εντοπίζοντας τα πιο πιθανά σημεία όπου μπορεί να γίνει επίθεση από έντομα.

Πηγή: Environmental Health Perspectives, Volume 108 (3), March 2000

Η παραπάνω πολυφασματική εικόνα προσδιορίζει τα φυτά βαμβακιού που, λόγω ευνοϊκών συνθηκών, αυξάνονται ταχύτερα από τα άλλα. Αυτά τα φυτά (που απεικονίζονται με κόκκινο) είναι οι πιο πιθανοί στόχοι για επίθεση από εχθρούς και ασθένειες. Γνωρίζοντας τα παραπάνω, τα φυτοφάρμακα θα πρέπει να εφαρμοστούν μόνο στις περιοχές που επισημαίνονται, μειώνοντας έτσι το κόστος της διαδικασίας και κυρίως την μειώνοντας την ποσότητα των χημικών ουσιών που ελευθερώνονται στο περιβάλλον.

Είναι επίσης δυνατό να εκτιμηθεί η έκταση των ζημιών που προκλήθηκαν από επιβλαβείς οργανισμούς και ασθένειες, χρησιμοποιώντας μεθόδους παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό φυτών σε κατάσταση καταπόνησης. Τα συμπτώματα αυτών των επιθέσεων συνήθως προκαλούν τη αποσύνθεση της χλωροφύλλης, και μπορούμε να εντοπίσουμε τη μείωση της πυκνότητας χλωροφύλλης στα φυτά με τηλεπισκόπηση.

(Agricultural Water Management 299-310)



Κάμπια πεταλούδας τρώει ένα φύλλο. Οι ζημιές μπορεί να ανιχνευθούν με δεδομένα τηλεσκοπησης, από την εκτίμηση της ζημίας στα φύλλα της περιοχής.

Πηγή: Mel Evans, Associated Press

Εκτός από την απώλεια της χλωροφύλλης, τα παράσιτα και οι ασθένειες μπορεί να προκαλέσουν την καταστροφή ολόκληρων φύλλων, κάτι που οδηγεί σε μείωση της συνολικής επιφάνειας των φύλλων και συνεπώς τη δυνατότητα της φωτοσύνθεσης. Αφού είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε τον Δείκτη Φυλλώδης Περιοχής (LAI) για μια ομάδα φυτών, είναι δυνατόν να προβλέψουμε την επίθεση από έντομα (όπως αυτή της κάμπιας πεταλούδας που φαίνεται επάνω) σε αρχικό στάδιο και να προειδοποιηθούν οι αγρότες για να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα.

Η τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλει στον προσδιορισμό των φυτών που έχουν άμεση ανάγκη λιπασμάτων ή φυτοφαρμάκων και να βοηθήσει στη μείωση του ποσού αυτών των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση καλλιεργειών.

Η τηλεπισκόπηση μας παρέχει στοιχεία από το κοντινό υπέρυθρο φάσμα, η ανάκλαση στο οποίο δεν είναι ορατή με το ανθρώπινο μάτι. Σε συνδυασμό με πληροφορίες από το ορατό φάσμα, όπου η χλωροφύλλη απορροφά την

ενέργεια σε συγκεκριμένα μήκη κύματος, μπορούμε να λάβουμε πληροφορίες που προέρχονται από αυτά τα δεδομένα, τα οποία μας βοηθούν να προσδιορίσουμε τα φυτά υπό συνθήκες καταπόνησης, πριν τα συμπτώματα γίνουν ορατά. Η έγκαιρη προειδοποίηση μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να ανταποκρίνονται γρήγορα και να μειώσουν τις ζημιές που προκαλούνται στα φυτά και τις απώλειες σοδειάς.

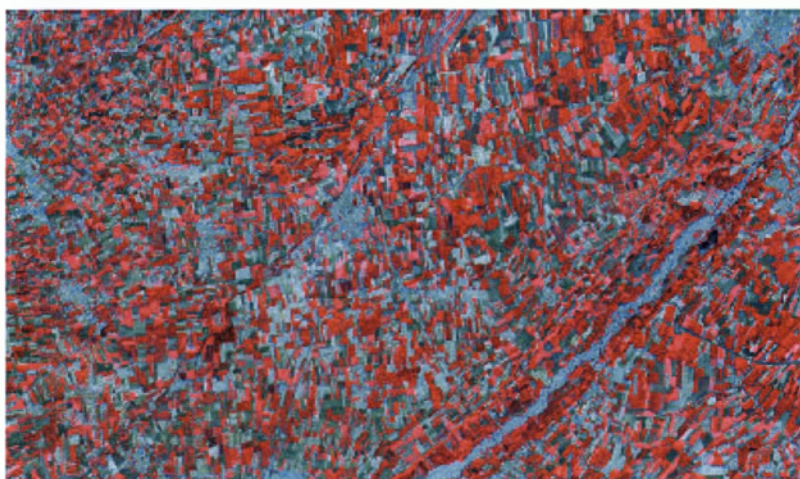
(Agricultural Water Management 299-310)

5.2 Εκτίμηση της ποσότητας της παραγωγής των καλλιεργειών

Έχοντας πληροφορίες σχετικά με το δυναμικό της απόδοσης μιας καλλιέργειας σε πρώιμο στάδιο είναι πολύ χρήσιμο για τους αγρότες, αλλά επίσης και για τις χώρες που σε μεγάλο βαθμό εξαρτώνται από τη γεωργική παραγωγή για την ικανοποίηση των εθνικών αναγκών στις καλλιέργειες, αλλά και για το εισόδημα μέσω εξαγωγών.

Οι εκτιμήσεις για την απόδοση των καλλιεργειών είναι μία γεωργική πρακτική η οποία υπάρχει εδώ και πολλούς αιώνες. Ακόμη και σήμερα, οι έμπειροι αγρότες είναι σε θέση να κάνουν απλές εκτιμήσεις για την τελική παραγωγή, με μία μόνο εξέταση της ευρωστίας των φυτών και την κατάσταση της υγείας στα μέσα της περιόδου και λαμβάνοντας υπόψη τις κλιματολογικές συνθήκες

μέχρι εκείνο το σημείο. Φυσικά οι εκτιμήσεις που γίνονται κοντά στην εποχή της συγκομιδής τείνουν να είναι πιο ακριβείς, καθώς υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την πρόοδο της καλλιέργειας κατά την διάρκεια της περιόδου, και επίσης υπάρχει λιγότερος χρόνος για τα πράγματα να πάνε στραβά.



Σύνθετη εικόνα SPOT ψευδών χρωμάτων που παρουσιάζει αγροτεμάχια στη Ιταλία.

Πηγή: Satellite Imaging Corporation και SPOT Image Corporation

Χάρη στο συγκεκριμένο τρόπο που η βλάστηση αντανακλά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, μπορούμε να αξιολογήσουμε την κατάσταση

των φυτών με τη χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης. Με τον συνδυασμό αυτών των στοιχείων με πρόσθετα στοιχεία (όπως οι κλιματικές συνθήκες) σε πολύπλοκα μοντέλα, είναι δυνατό να εκτιμηθεί το τελικό προϊόν από ένα πεδίο καλλιέργειας σε πολύ πρώιμο στάδιο.

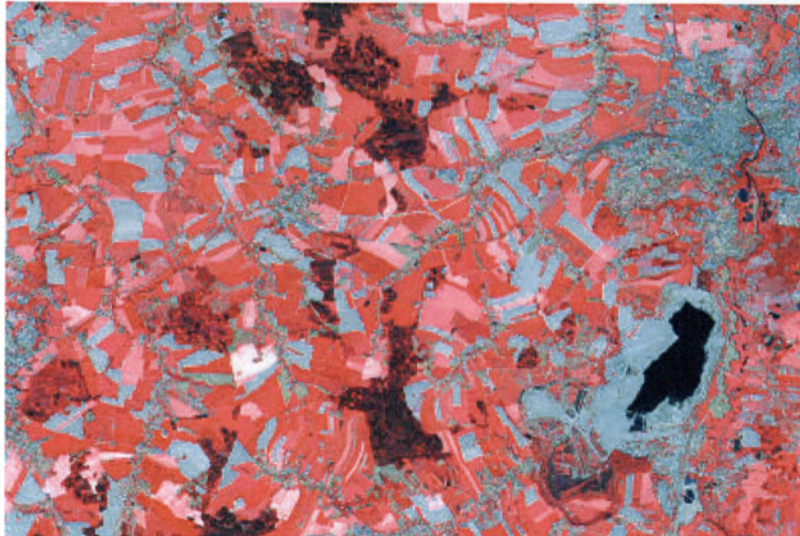
(<http://mars.jrc.it>)

5.3 Εκτίμηση απόδοσης καλλιέργειας χρησιμοποιώντας μόνο τα δεδομένα τηλεπισκόπησης

Σε γενικές γραμμές υπάρχουν δύο τρόποι για να γίνουν εκτιμήσεις για την απόδοση των καλλιεργειών με τη βοήθεια των δεδομένων τηλεπισκόπησης. Η πρώτη μέθοδος χρησιμοποιεί μόνο τα δεδομένα τηλεπισκόπησης, ενώ η δεύτερη χρησιμοποιεί επίσης και άλλες μορφές δεδομένων, τα οποία χρησιμοποιούνται σε μοντέλα που προσομοιώνουν την ανάπτυξη των καλλιεργειών, και τελικά δίνουν μια εκτίμηση σχετικά με την απόδοση των καλλιεργειών.

Η υψηλή ανάκλαση στο εγγύς υπέρυθρο συνήθως συνδέεται με την παρουσία βλάστησης, διότι τα φυτά ανακλούν μεγάλες ποσότητες ακτινοβολίας στο εγγύς υπέρυθρο. Από την άλλη πλευρά, η εικόνα του Αυγούστου έχει λιγότερα χωράφια που εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα. Αυτό είναι αναμενόμενο διότι το Μάιο πολλές καλλιέργειες είναι στο αποκορύφωμα της ανάπτυξής τους, ενώ τον Αύγουστο είτε πλησιάζουν ή έχουν εισέλθει στο στάδιο της γήρανσης. Κατά την περίοδο αυτή, το φυτό επικεντρώνει την ενέργειά του στην παραγωγή καρπών και δεν παράγει πράσινη βιομάζα. Ως αποτέλεσμα, η χλωροφύλλη και η δομή των κυττάρων αρχίζουν να καταρρέουν και τα φύλλα φαίνονται κίτρινα και καφέ με το ανθρώπινο μάτι, ενώ στο εγγυές υπέρυθρο, η ανάκλαση είναι μειωμένη λόγω της κατάρρευσης των κυττάρων. Τα "κυανά" πεδία είναι χωράφια χωρίς βλάστηση και συνεπώς έχουν χαμηλή ανάκλαση στο εγγύς υπέρυθρο. Το κυανό χρώμα προκύπτει από το συνδυασμό του μπλε και του πράσινου, που σημαίνει ότι τα κενά πεδία έχουν παρόμοια πράσινη και κόκκινη ανάκλαση, και ως εκ τούτου, αυτό που βλέπουμε είναι γυμνό έδαφος.

Μάιος 2005 Αυγουστος 2005



Εικόνα SPOT από

χωράφια κοντά στη λίμνη Berzordf (Μάιος 2005)

Πηγη. Satellite Imaging corporation

5.4 Πρόβλεψη Απόδοσης Καλλιέργειας

Για να γίνουν εκτιμήσεις για τη μελλοντική απόδοση των καλλιεργειών μόνο με δεδομένα από τηλεπισκόπηση, απαιτείται η γνώση των σχέσεων μεταξύ

των δεικτών βλάστησης σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας και την τελική απόδοση των καλλιεργειών. Ιστορικά στοιχεία από προηγούμενες περιόδους ανάπτυξης εξυπηρετούν το σκοπό αυτό, και η ακρίβεια της πρόβλεψης της απόδοσης των καλλιεργειών αυξάνεται όσο περισσότερα ιστορικά δεδομένα είναι διαθέσιμα.

Ωστόσο, ποτέ δεν υπάρχουν δύο περίοδοι ανάπτυξης που να είναι ακριβώς οι ίδιες. Οι διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες, η παρουσία και η ένταση των παραγόντων καταπόνησης και των πρακτικών που ακολουθεί ο αγρότης, διαφέρουν από έτος σε έτος και παίζουν καίριο ρόλο στον καθορισμό της τελικής απόδοσης των καλλιεργειών.

Για να γίνουν πιο ακριβείς προβλέψεις, είναι απαραίτητο να εξεταστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την απόδοση καλλιεργειών στη συγκεκριμένη χρονιά. Πληροφορίες όπως τα μετεωρολογικά και κλιματικά δεδομένα, οι ιδιότητες του εδάφους και των γεωργικών πρακτικών, συνδυάζονται με τα πρόσφατα δεδομένα τηλεπισκόπησης για να εξομοιώσουν την ανάπτυξη των καλλιεργειών και να κάνουν εκτιμήσεις για την τελική απόδοση των καλλιεργειών.

Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το Σύστημα Πρόβλεψης MARS για την Γεωργική Απόδοση (MYCFS) το οποίο λειτουργεί από το MARS (Παρακολούθηση της Γεωργίας με Τηλεσκόπηση) του τομέα STAT της Μονάδας Γεωργίας και Αλιείας του Ενιαίου Κέντρου Ερευνών (JRC).

Εκτός από τα μετεωρολογικά δεδομένα και τις γεωργικές πρακτικές, οι γεωγραφικές πληροφορίες περιλαμβάνονται επίσης σε ορισμένα μοντέλα. Για παράδειγμα, η κλίση του χωραφιού, σε συνδυασμό με τις ιδιότητες του εδάφους, μπορεί να δώσει χρήσιμες πληροφορίες για τη συμπεριφορά των επιφανειακών υδάτων. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, όταν η απορροφή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων πρέπει να εκτιμηθεί.

Είναι επίσης πολύ συχνή η χρήση Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών G.I.S για την αποθήκευση πληροφοριών που σχετίζονται με συγκεκριμένα χωράφια ή περιοχές. Εκτός από την εκτιμώμενη απόδοση των καλλιεργειών,

άλλες πληροφορίες περιλαμβάνουν το είδος της καλλιέργειας ή καλλιεργειών κατά τη διάρκεια της σεζόν, ο ιδιοκτήτης του χωραφιού, οι ιδιότητες του εδάφους, καθώς και ιστορικά στοιχεία, όπως οι γεωργικές πρακτικές που έχουν ακολουθηθεί και το ιστορικό επιθέσεων παρασίτων.



Ένα διανυσματικό στρώμα πάνω από δορυφορική πραγματικά έγχρωμη εικόνα, που δείχνει διάφορα πεδία.

Η καταγραφή των ορίων ενός χωραφιού επιτρέπει τον υπολογισμό της συνολικής επιφάνειας και έτσι μπορούμε να εκτιμήσουμε τη συνολική παραγωγή του συγκεκριμένου χωραφιού. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, για τον καθορισμό των χρηματοδοτήσεων από την Κοινή Αγροτική Πολιτική (CAP).

Τα δεδομένα τηλεπισκόπησης και οι προερχόμενοι δείκτες βλάστησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να γίνουν εκτιμήσεις της απόδοσης των καλλιεργειών, με την προϋπόθεση ότι μια σχέση μεταξύ του δείκτη ή των δεικτών και της απόδοσης των καλλιεργειών για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια στη συγκεκριμένη θέση έχει ήδη δημιουργηθεί στο παρελθόν. Αυτές είναι μόνο γενικές εκτιμήσεις και δεν είναι 100% αξιόπιστες. Πιο ακριβείς προβλέψεις απαιτούν τη χρήση μοντέλων που συνδυάζουν αυτούς τους δείκτες με επιπλέον δεδομένα, π.χ. μετεωρολογικά δεδομένα, γεωργικές πρακτικές,

ιδιότητες του εδάφους κλπ. Αυτά τα μοντέλα είναι πιο ευπροσάρμοστα, διότι χρησιμοποιούν παραμέτρους που είναι ειδικές για τον τόπο, σε αντίθεση με τη μεμονωμένη χρήση των δεικτών βλάστησης.

(<http://gmfs.info>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ

6.1 Γιατί χρειάζεται να αναγνωριστούν οι καλλιέργειες

Είναι πολύ σημαντικό για μια χώρα να γνωρίζει τι καλλιέργειες χρησιμοποιούνται και τι θα παράγει κάθε χρονιά. Τέτοιου είδους πληροφορίες έχουν οικονομικά οφέλη για τη χώρα, καθώς επιτρέπει τον προγραμματισμό για την εισαγωγή και εξαγωγή των προϊόντων διατροφής. Μια μέθοδος που ακολουθείται για την αναγνώριση των καλλιεργειών, είναι με επί τόπου επισκέψεις στους αγρούς. Αυτό όμως παίρνει πολύ χρόνο και κοστίζει πολλά χρήματα.

(<http://amescremote.com>)



Χωράφια στα οποία καλλιεργούνται διάφορα είδη λαχανικών.

Πηγή: Wikimedia Commons

6.2 Χαρτογράφηση Κτηματολογίου

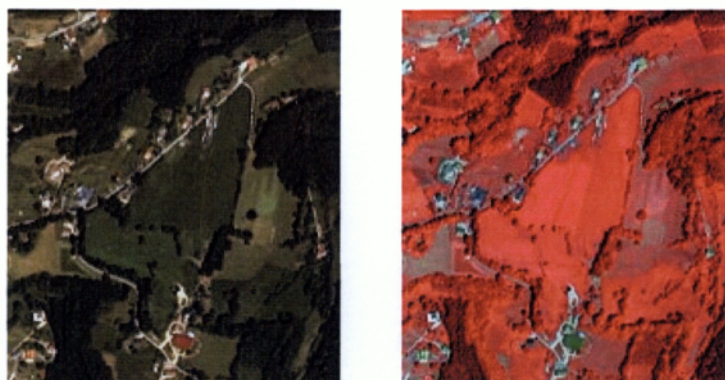
Παρατηρώντας τα διάφορα είδη των καλλιεργειών, είναι δυνατόν να γίνει χαρτογράφηση των ορίων των αγροτεμαχίων. Η χαρτογράφηση των ορίων παρέχει πληροφορίες για τη δημιουργία χαρτών κτηματολογίου. Αυτοί οι χάρτες είναι συνήθως σε μορφή διανυσμάτων και σε αυτή τη μορφή μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα GIS, το οποίο μπορεί να περιέχει και άλλα είδη πληροφοριών (ιδιοκτησία, είδη φυτών που καλλιεργούνται, κλπ.). Αυτά μπορούν να χρησιμοποιούνται από τις τοπικές και εθνικές αρχές, για να εκτιμηθεί πόση γη χρησιμοποιείται για τη γεωργία, και πόση έκταση χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια του κάθε φυτού.

(<http://ag.ndsu.edu>)

6.3 Πως μπορούμε να προσδιορίζουμε καλλιέργειες με τηλεπισκόπηση.

Με το που κοιτάζουμε απλά την παρακάτω δορυφορική εικόνα, μπορούμε να διακρίνουμε ορισμένες διαφορές μεταξύ των φυτών που καλλιεργούνται στα διάφορα χωράφια. Παρόλο που η βλάστηση είναι πράσινη σε γενικές γραμμές, διάφορα είδη φυτών έχουν διαφορετικές "αποχρώσεις" του πράσινου. Αυτές οι "αποχρώσεις" επίσης αλλάζουν καθώς τα φυτά μεγαλώνουν, ωριμάζουν και μαραίνονται. Ωστόσο, οι διαφορετικές αποχρώσεις του πράσινου δεν είναι εύκολες να διακριθούν με το γυμνό μάτι.

Οι δύο παρακάτω εικόνες δείχνουν ένα μέρος της αρχικής μεγάλης εικόνας.



Η μικρή εικόνα στα αριστερά είναι ο τρόπος που βλέπει το γυμνό μάτι (και λέγεται εικόνα πραγματικών χρωμάτων). Η άλλη εικόνα στα δεξιά δείχνει πως θα φαινόταν αν μπορούσαμε να βλέπουμε στο υπέρυθρο (ονομάζεται εικόνα ψευδών χρωμάτων). Η εικόνα πραγματικών χρωμάτων φαίνεται να έχει ένα ομοιόμορφο πράσινο χρώμα. Ωστόσο, όταν εξετάζουμε την εικόνα ψευδών χρωμάτων, βλέπουμε ότι το χωράφι στην ουσία χωρίζεται σε δύο τμήματα που έχουν μια διαφορετική απόχρωση κόκκινου στη δεύτερη εικόνα. Ο λόγος για τον οποίο τα δύο τμήματα του χωραφιού φαίνονται διαφορετικά είναι επειδή έχουν διαφορετική ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο.

Η βλάστηση έχει γενικά χαμηλή ανάκλαση στην ορατή περιοχή του φάσματος (αυτό που βλέπουμε με τα μάτια μας), και μόνο ένα μικρό ποσό πράσινης

ενέργειας δεν είναι απορροφάται. Από την άλλη πλευρά, έχει πολύ υψηλότερη ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο.



© 2004, DigitalGlobe, all rights reserved

Άποψη αγροτικής περιοχής κοντά στο Eloyes, νοτιοανατολικά του Στρασβούργου, Γαλλία, από τον δορυφόρο IKONOS-2

Πηγή: DigitalGlobe

Διαφορετικά φυτά ανακλούν την ενέργεια στο κοντινό υπέρυθρο με διαφορετικό τρόπο, ακόμη αν και φαίνονται όμοια με το ανθρώπινο μάτι. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε για τον προσδιορισμό του είδους των διαφόρων καλλιεργειών.

(<http://digitalglobe.com>)

6.4 Δεδομένα τηλεπισκόπησης που απαιτούνται για την αναγνώριση καλλιέργειών

Για να προσδιοριστεί μία συγκεκριμένη καλλιέργεια, θα πρέπει να γνωρίζουμε τα στάδια του κύκλου ανάπτυξής του φυτού (βλαστική ικανότητα, ανάπτυξη, αναπαραγωγικό στάδιο, γηρασμός). Ορισμένες καλλιέργειες διαρκούν για ένα ή δύο μήνες, ενώ άλλες χρειάζονται περισσότερο από 6 μήνες για να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους. Επιπλέον πρέπει να γνωρίζουμε εκ των προτέρων, πως οι καλλιέργειες ανακλούν την ενέργεια στο κοντινό υπέρυθρο σε καθένα από τα διάφορα στάδια ανάπτυξης.

Οι δύο παρακάτω εικόνες ψευδών χρωμάτων παρουσιάζουν τα ίδια χωράφια στο Βέλγιο σε δύο διαφορετικές περιόδους, τον Μάιο και τον Αύγουστο. Μέσα σε κάθε χωράφι το σήμα είναι σχετικά σταθερό, γεγονός που υποδηλώνει ότι χρησιμοποιείται μια καλλιέργεια σε κάθε χωράφι.

Εάν συγκρίνουμε τα ίδια χωράφια στις δύο εικόνες, μπορούμε να δούμε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, το σήμα είναι διαφορετικό. Τα χωράφια που εμφανίζονται κόκκινα (υψηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο) είναι γεμάτα βλάστηση, ενώ αυτά που εμφανίζονται μπλε (χαμηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο) είτε έχουν πολύ λίγη βλάστηση ή καθόλου. Στην περίπτωση αυτή, το σήμα που καταγράφεται προέρχεται ουσιαστικά από το έδαφος.

Γνωρίζοντας πότε κάθε καλλιέργεια έχει φυτευτεί και συγκομισθεί, μπορούμε να εκτιμήσουμε το ποσοστό της βλαστικής κάλυψης μέσω της περιόδου ανάπτυξη, υποθέτοντας ότι δεν υπάρχουν εξωτερικοί παράγοντες (καταπόνηση, ασθένειες, κλπ.) που επηρεάζουν την ανάπτυξη. Με αυτές τις πληροφορίες και από τη μελέτη δύο ή περισσότερων εικόνων από την ίδια περίοδο ανάπτυξης, μπορούμε να εξετάσουμε το σήμα πολυφασματικής ανάκλασης σε κάθε στάδιο ανάπτυξης και να προσδιορίσουμε ποιες καλλιέργειες αναπτύσσονται σε κάθε χωράφι.

Εξετάζοντας την ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο μπορούμε να δούμε εάν υπάρχουν πολλά φυτά σε ένα χωράφι ή όχι. Συνδυάζοντας την πληροφορία αυτή με τις γνώσεις για το πότε βλαστάνει, μεγαλώνει και συλλέγεται η κάθε

καλλιέργεια, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δύο ή περισσότερες εικόνες από ένα έτος για τον προσδιορισμό του είδους καλλιέργειας.

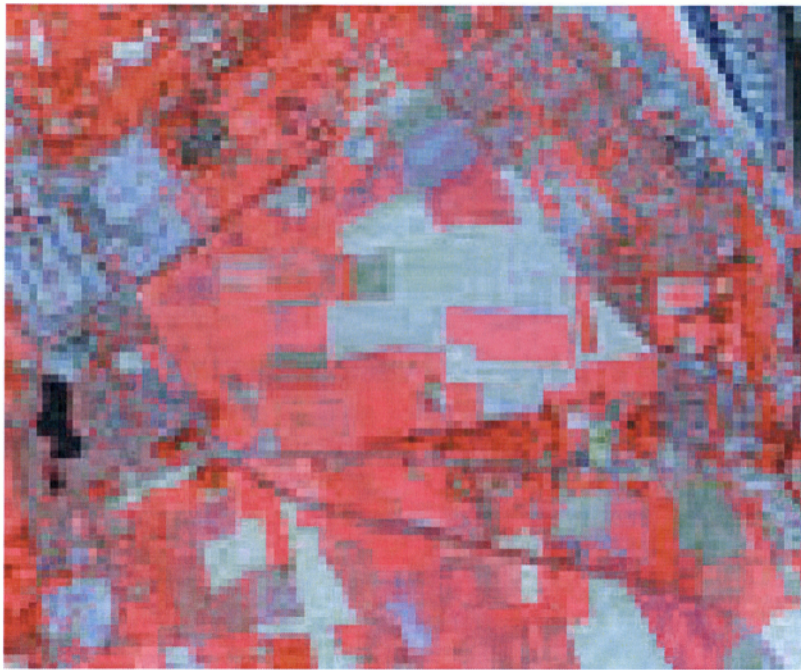
(<http://extension.missouri.edu> University of Missouri)



Χωράφια στο Βέλγιο, τον Μάιο 2005

© Space Imaging Europe

Πηγή: Belgian Earth Observation Platform



Τα ίδια χωράφια, τον Αύγουστο.

© Korea Aerospace Research Institute 2007

Πηγή: Belgian Earth Observation Platform

6.5 Διαχωρισμός διαφορετικών τύπων βλάστησης

Η χρήση των διαφορετικών ανακλάσεων στο κοντινό υπέρυθρο φάσμα είναι ένα από τα εργαλεία που έχουμε για να διακρίνουμε μεταξύ των δύο καλλιεργειών. Όταν πρόκειται για τον εντοπισμό δέντρων και καλλιεργειών ή λιβαδιών, υπάρχει και μια άλλη ένδειξη που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε.



Εικόνες πραγματικών και ψευδών χρωμάτων ενός δάσους και ενός λιβαδιού στη Γαλλία.

© 2004 DigitalGlobe

Πηγή: Belgian Earth Observation Platform και DigitalGlobe

6.6 Δημιουργώντας χάρτες με είδη καλλιεργειών

Συνδυάζοντας διαφορετικά κανάλια δορυφορικών εικόνων που ελήφθησαν σε διαφορετικές ημερομηνίες, είναι δυνατό να ταξινομηθεί το κάθε pixel της εικόνας και να αναγνωριστεί ποιά καλλιέργεια χρησιμοποιείται. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται κατηγοριοποίηση εικόνας. Είναι μια χρονοβόρα διαδικασία που απαιτεί πολλούς υπολογισμούς. Ευτυχώς, το λογισμικό επεξεργασίας εικόνας είναι εξοπλισμένο με αλγόριθμους που μπορούν να ανταπεξέλθουν στο φόρτο εργασίας. Το λογισμικό λαμβάνει υπόψη όλες τα διαθέσιμα κανάλια, και ομαδοποιεί τα pixels με παρόμοιες "φασματικές υπογραφές" στην ίδια κατηγορία, και μετά χρησιμοποιεί τις πληροφορίες για την κάλυψη βλάστησης να αναγνωρίσει το είδος των φυτών.

Με τη χρήση πολλαπλών δεδομένων (δεδομένα από διαφορετικές ημερομηνίες) από μία καλλιεργητική περίοδο, είναι δυνατόν να προσδιοριστούν τα διάφορα είδη καλλιεργειών, επειδή η κάλυψη της βλάστησης της κάθε καλλιέργειας αλλάζει με διαφορετικούς ρυθμούς. Επίσης, οι ημερομηνίες σποράς και συγκομιδής είναι επίσης διαφορετικές για κάθε καλλιέργεια. Συνδυάζοντας τις πληροφορίες αυτές με τα δεδομένα από τηλεπισκόπηση, μπορούμε να διακρίνουμε και να εντοπίσουμε τις διαφορετικές καλλιέργειες. Ωστόσο, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη το ενδεχόμενο ότι μια καλλιέργεια είναι καταπονημένη, το οποίο πράγμα αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο ο φυτικός θόλος αντανακλά την ακτινοβολία. Σε αυτή την περίπτωση είναι πιθανό δυο χωράφια με τις ίδιες καλλιέργειες αλλά διαφορετικούς βαθμούς καταπόνησης να αναγνωριστούν ως διαφορετικές καλλιέργειες. Οι πιθανότητες να συμβεί αυτό μειώνονται εάν έχουμε δεδομένα

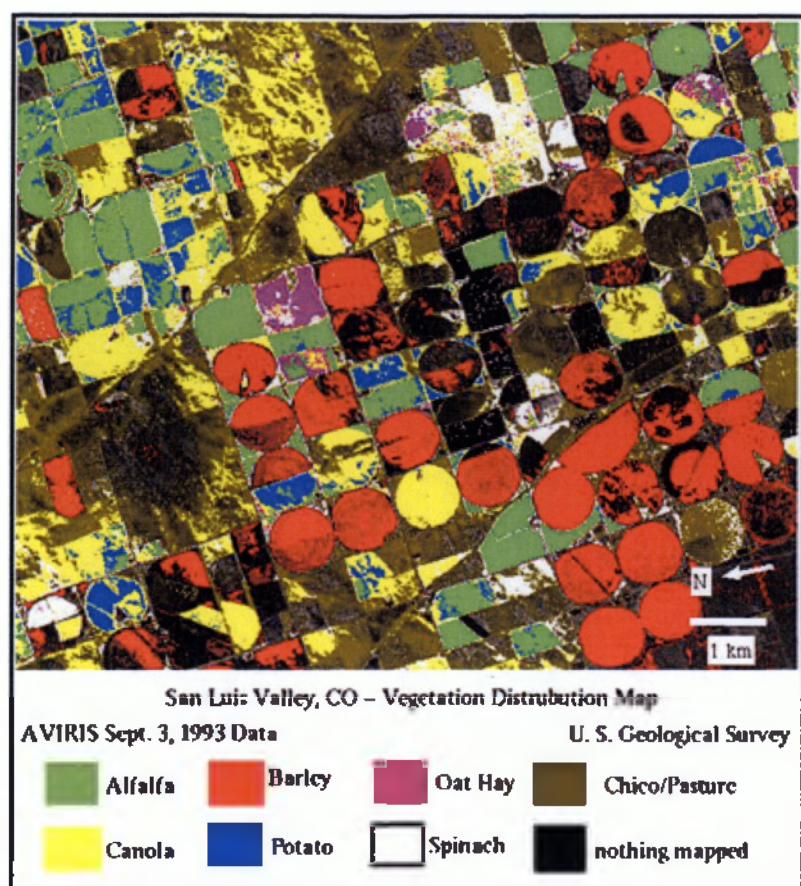
τηλεσκόπησης από περισσότερες από δύο ημερομηνίες σε μία καλλιεργητική περίοδο.

(<http://agrifish.jrc.it>)



Μέρος από την San Luis Κοιλάδα. Η θέα από δορυφόρο (εικόνα πραγματιών χρωμάτων).

Πηγή: Google Earth



Κατηγοριοποίηση εικόνας που δείχνει τα διάφορα είδη καλλιεργειών

Πηγή: U.S. Geological Survey

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

7.1 Γεωργία Ακριβείας Χρησιμοποιώντας στοιχεία τηλεπισκόπησης για μεμονωμένα χωράφια

Η Γεωργία Ακριβείας (ή Καλλιέργεια Ακριβείας) είναι μια συλλογή από τις γεωργικές πρακτικές που εστιάζονται σε συγκεκριμένους τομείς του χωραφιού, και σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις πιο παραδοσιακές πρακτικές στις οποίες οι διάφορες γεωργικές δραστηριότητες, όπως η άρδευση, η εφαρμογή λιπασμάτων, εντομοκτόνων

και ζιζανιοκτόνων εφαρμόζονται ομοιόμορφα σε ολόκληρο το χωράφι, αγνοώντας κάθε μεταβλητότητα μέσα στο χωράφι.



Γεωργικός ελκυστήρα που χρησιμοποιείται στην γεωργία ακριβείας.

Πηγή: LEXION Combine Division

Η πρόοδος στην τεχνολογία της τηλεπισκόπησης και το μειωμένο κόστος των αισθητήρων, πλέον επιτρέπει την ευρύτερη χρήση του εξοπλισμού αυτού στην γεωργία. Με τη χρήση αυτών των αισθητήρων είναι δυνατό να προσδιοριστούν οι συγκεκριμένες περιοχές του χωραφιού που έχουν ανάγκη από κάποια ιδιαίτερη μεταχείριση, και να εστιαστεί η εφαρμογή των χημικών ουσιών σε αυτά τα συγκεκριμένα σημεία μόνο, μειώνοντας την ποσότητα των χημικών που χρησιμοποιούνται, και το κόστος της εφαρμογής, προστατεύοντας παράλληλα και το περιβάλλον.

(<http://extension.missouri.edu> University of Missouri)

7.2 Συσχέτιση δεδομένων με συντεταγμένες

Οι εικόνες από τηλεπισκόπηση που συλλέγονται από δορυφόρους, δεν έχουν αυτόματα καμία γεωγραφική πληροφορία συσχετισμένη με τα φασματικά δεδομένα. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούμε να γνωρίζουμε καλά την ακριβή τοποθεσία που αντιπροσωπεύει το κάθε ρίxel της εικόνας. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να προστεθούν μετά τη συλλογή της εικόνας μέσω της μεθόδου που ονομάζεται Γεωμετρική Διόρθωση, η οποία επίσης διορθώνει τα γεωμετρικά λάθη μέσα στην εικόνα.



Δέκτης GPS

Πηγή: Wikimedia Commons

Τα δεδομένα που συλλέγονται από το χωράφι καταγράφονται από τους αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στον ελκυστήρα και σαρώνουν το χωράφι, καθώς κινείται μπροστά ο ελκυστήρας, και συλλέγουν δεδομένα διαδοχικά (στη σειρά). Για να αντιστοιχιστούν γεωγραφικές συντεταγμένες για κάθε φασματική μέτρηση, οι συντεταγμένες του ελκυστήρα συχνά καταγράφονται μέσω του Παγκοσμίου Συστήματος Πλοήγησης G.P.S.

Οι δέκτες GPS έχουν ποικίλους βαθμούς ακριβείας. Οι πιο ακριβείς δέκτες είναι εξοπλισμένοι με λογισμικό και αλγόριθμους που βοηθάνε να διορθωθούν τα σήματα που έχουν ληφθεί και να ελαχιστοποιούν τα λάθη αναγνώρισης της θέσης. Σε γενικές γραμμές τα σφάλματα κυμαίνονται από 10-20 μέτρα για δέκτες χαμηλού κόστους, έως και μόνο λίγα εκατοστά για τους πιο ακριβείς δέκτες. Επειδή η γεωργία ακριβείας ασχολείται με μικρού μεγέθους επιμέρους τμήματα του χωραφιού, απαιτείται πολύ υψηλή χωρική ακρίβεια.

(<http://en.wikipedia.org>)

7.3 Η εκτίμηση του πληθυσμού των φυτών και των μελλοντικών αποδόσεων

Με την μέτρηση της ανάκλασης των φυτών σε διάφορα μήκη κύματος, είναι δυνατό να συγκεντρωθούν πολλές πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση των φυτών. Στο παραπάνω παράδειγμα, μπορείτε να δείτε την οπτική παρουσίαση του χωραφιού, όπως καταγράφηκε από αισθητήρες επάνω στον ελκυστήρα. Από τα στοιχεία αυτά μπορούμε να υπολογίσουμε τους δείκτες βλάστησης που θα μας βοηθήσουν να εκτιμήσουμε την κάλυψη της βλάστησης και τον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (LAI). Καθώς ο πληθυσμός των φυτών αυξάνεται, η ποσότητα της βιομάζας προκαλεί την αύξηση της συνολικής ανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο και μείωση της ανάκλασης στο κόκκινο φάσμα. Από προηγούμενες έρευνες, υπάρχουν γνωστές σχέσεις μεταξύ των δεικτών που χρησιμοποιούν τους δύο αυτές περιοχές του φάσματος, και την ποσότητα της βλάστησης (όπως περιγράφεται για παράδειγμα από τον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας). Από τις εκτιμήσεις αυτές είναι δυνατό να υπολογιστεί ο πληθυσμός των φυτών.

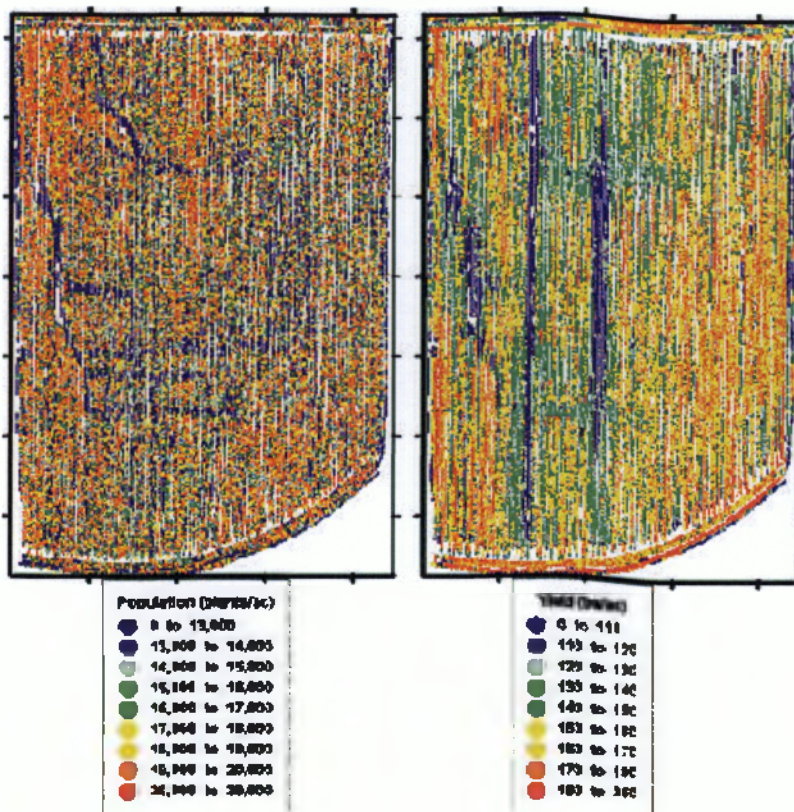
Τα στοιχεία που παρέχουν οι αισθητήρες μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν για να γίνει μια εκτίμηση σχετικά με τη μελλοντική απόδοση των καλλιεργειών.

Υπολογίζοντας τον Δείκτη Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς (NDVI) ή τον Δείκτη Βλάστησης Προσαρμοσμένο για το έδαφος (SAVI) όταν η κάλυψη βλάστησης είναι χαμηλή, μπορούμε να αποκτήσουμε πληροφορίες σχετικά με την υγεία των καλλιεργειών. Αρκετές έρευνες έχουν γίνει για την ανακάλυψη σχέσεων μεταξύ ενός δείκτη βλάστησης μιας καλλιέργειας, το οποίο μετράται σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, και την τελική απόδοση των καλλιεργειών. Οι σχέσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στην τελική εκτίμηση της απόδοσης των καλλιεργειών, με τη χρήση των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι πάνω στους ελκυστήρες. Κάθε μία από αυτές τις σχέσεις, όμως, συνήθως ισχύει μόνο για μια συγκεκριμένη καλλιέργεια, που καλλιεργείται σε μια συγκεκριμένη περιοχή και τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης θα πρέπει να έχουν συλλεχθεί σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου.



Θεριζοαλωνιστική μηχανή με αισθητήρες για την καταγραφή ανάκλασης.

Πηγή: Oklahoma State University



Χάρτες πληθυσμού συγκομιδής και απόδοσης καλλιεργειών που αναπτύσσονται από αισθητήρα πληθυσμού τοποθετημένος σε θεριζοαλωνιστική μηχανή, ο οποίος αποδίδει δεδομένα παρακολούθησης απόδοσης που συλλέγονται κατά διαστήματα κάθε 1 δευτερόλεπτο (Missouri, 1996).

Πηγή: Integrated Crop Management newsletter, Iowa State University

7.4 Προσδιορισμός των απαιτήσεων φυτοφαρμάκων και λίπανσης

Με την αξιολόγηση της μελλοντικής απόδοσης των καλλιεργειών στις αρχές της βλαστικής περιόδου, είναι δυνατό να προσδιοριστούν οι περιοχές του χωραφιού που έχουν έλλειψη ορισμένων θρεπτικών συστατικών. Η έλλειψη θρεπτικών συστατικών καθυστερεί την ανάπτυξη των φυτών και μειώνει τις δυνατότητες για υψηλή τελική απόδοση. Συνεπώς, είναι πολύ σημαντικό τα φυτά να έχουν αρκετά θρεπτικά συστατικά τα οποία θα είναι διαθέσιμα σε όλη τη βλαστική περίοδο. Με τον αναγνώριση των φυτών που δεν αυξάνονται με τον αναμενόμενο ρυθμό, και έχουν χαμηλότερο Δείκτη Φιλλικής Επιφάνειας από τον αναμενόμενη, ο γεωργός μπορεί να αποφασίσει σε ποιες περιοχές του χωραφιού θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή όσον αφορά την εφαρμογή των λιπασμάτων.

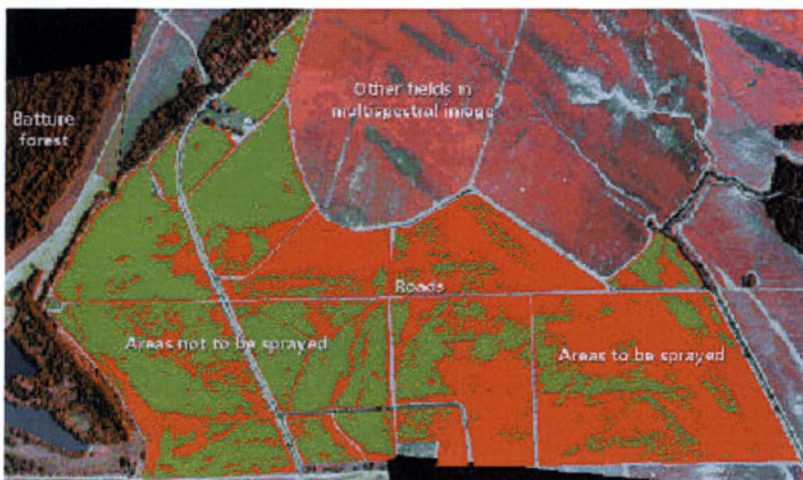
Το ίδιο ισχύει και για τα φυτοφάρμακα. Τα ζιζάνια μπορούν να έχουν πολύ διαφορετική φασματική υπογραφή, σε σύγκριση με την καλλιέργεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τηλεπισκόπηση για την εύρεση και αναγνώρισή τους. Αρκετά συχνά τα ζιζάνια είναι διάσπαρτα στο πεδίο. Από την άλλη πλευρά, τα παράσιτα όπως οι μύκητες και τα βακτήρια, έχουν την τάση να εμφανίζονται στην άκρη του χωραφιού και σιγά-σιγά να επεκτείνονται σε όλο το χωράφι.

Με τη χρήση τηλεπισκόπησης και του GPS, είναι δυνατό να καθοριστεί η ακριβής θέση όπου απαιτείται η εφαρμογή των λιπασμάτων ή/και φυτοφαρμάκων. Ο Ψεκασμός Μεταβλητής Ποσότητας (VRT) είναι ένα σύστημα που ρυθμίζει το ποσοστό των φυτοφαρμάκων ή λιπασμάτων, απελευθερώνοντας μόνο την απαιτούμενη ποσότητα στις περιοχές που χρειάζονται τις χημικές ουσίες.

Πολλές φορές, φυτοφάρμακα και λιπάσματα που εισέρχονται στο χωράφι, έχουν μεταφερθεί σε άλλες περιοχές, μέσω εξάτμισης, επιφανειακής έκπλυσης ή απορροφήθηκαν μέσα στο έδαφος και μεταφέρονται με τα υπόγεια ύδατα. Η χρήση του VRT μειώνει σημαντικά την ποσότητα των χημικών που εφαρμόζονται στο χωράφι. Αυτό οδηγεί σε μείωση του κόστους για τον αγρότη, δεδομένου ότι οι ποσότητες των χημικών που απαιτούνται είναι λιγότερες, με αποτέλεσμα να υπάρχει και μειωμένη αρνητική επίδραση στο περιβάλλον.

Εκτός από τα φυτοφάρμακα και λιπάσματα, το νερό αποτελεί ένα ιδιαίτερα πολύτιμο αγαθό, αφού η καλή ποιότητα του νερού γίνεται όλο και λιγότερο διαθέσιμη σε όλο τον κόσμο. Η "αποταμίευση" του νερό με τη χρήση Ψεκασμού Μεταβλητής Ποσότητας, είναι ήδη σημαντική και θα γίνει ακόμη πιο σημαντική τα επόμενα χρόνια.

7.5 Έγκαιρη προειδοποίηση για τις επιθέσεις εντόμων



Χαρτογράφηση του Δέλτα του Ποταμού Μισισσιπί, εντοπίζοντας τις πιο πιθανές περιοχές όπου τα έντομα μπορεί να επιθετούν.

Πηγή: Environmental Health Perspectives, Volume 108 (3), Μάρτιος 2000

Στην παραπάνω εικόνα, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι οι αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στο πλαίσιο θεριζοαλωνιστικής μηχανής μπορεί να δημιουργήσουν ένα χάρτη του χωραφιού, όπου οι περιοχές που απαιτούν θεραπεία ξεχωρίζουν. Οι περιοχές του χωραφιού μπορούν να ταξινομηθούν σε πολλές κατηγορίες, ανάλογα με την τιμή του δείκτη βλάστησης ο οποίος προέρχεται από τα δεδομένα τηλεσκόπησης. Στην αυτή την περίπτωση, μια οριακή τιμή του δείκτη βλάστησης επιλέγεται και οι περιοχές του χωραφιού χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αυτές που απαιτούν και εκείνες που δεν απαιτούν ψεκασμό.

Ακόμη και αν τα δεδομένα τηλεσκόπησης μπορούν να μας δείξουν περιοχές του χωραφιού που περιλαμβάνουν φυτά που δεν αναπτύσσονται όπως θα έπρεπε, δεν είναι πάντα προφανής η πραγματική αιτία του προβλήματος, χρησιμοποιώντας μόνο δεδομένα τηλεσκόπησης. Ωστόσο, είναι ικανά να προειδοποιήσουν τον αγρότη στο συγκεκριμένο τμήμα του χωραφιού, και ο έμπειρος γεωργός μπορεί τότε να αποφασίσει αν το πρόβλημα είναι η έλλειψη θρεπτικών συστατικών ή του νερού ή παρεμβολή παρασίτων και ζιζανίων.

Τα τρακτέρ εξοπλισμένα με αισθητήρες και συσκευές GPS μπορούν να συλλέξουν φασματικά δεδομένα τα οποία συνδέονται με γεωγραφικές συντεταγμένες, με υψηλή χωρική ακρίβεια. Οι πληροφορίες αυτές σε συνδυασμό με τον ψεκασμό μεταβλητή ποσότητας, μπορούν να εξασφαλίσουν την χρήση μόνο του λιγότερου απαιτούμενου ποσού των χημικών ουσιών και μόνο σε περιοχές του χωραφιού που πραγματικά τις χρειάζονται. Αυτό σημαίνει ότι λιγότερα χρήματα δαπανώνται για τις χημικές ουσίες από τον γεωργό, και το σημαντικότερο, λιγότερα χημικά εισάγονται στο γεωργικό περιβάλλον.

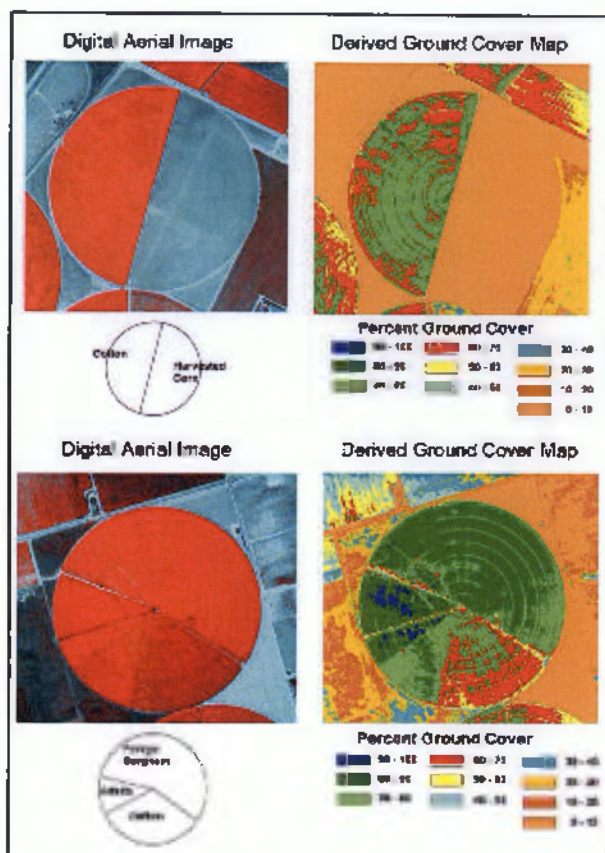
(Environmental Health Perspectives, Volume 108 (3), Μάρτιος 2000)

7.6 Δορυφορικά δεδομένα στην γεωργία ακριβείας

Τα δεδομένα από τηλεπισκόπηση που συλλέγονται από τους αισθητήρες στους ελκυστήρες έχουν εξαιρετικά υψηλή χωρική ανάλυση, δεδομένου ότι σχεδόν συνεχώς συλλέγουν δεδομένα, καθώς μετακινείται ο ελκυστήρας. Για ορισμένες γεωργικές πρακτικές, όπως η αντιμετώπιση των ζιζανίων, αυτή η χωρική διακριτική ικανότητα είναι πολύ χρήσιμη. Ωστόσο, άλλες εφαρμογές μπορούν να εκτελεστούν, ακόμη και με χαμηλότερη ανάλυση δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή, ως εναλλακτική λύση για την συλλογή φασματικών δεδομένων στο χωράφι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εικόνες από δορυφορικούς αισθητήρες.

Ο δορυφόρος QuickBird είναι ένα τέτοιο παράδειγμα. Ο QuickBird έχει αισθητήρα που παρέχει δεδομένα με χωρική ανάλυση 2,5 μέτρων, σε τέσσερις περιοχές του φάσματος, στη μπλε, πράσινη, κόκκινη και κοντινή υπέρυθρη. Ακόμη και αν ο δορυφορικός αισθητήρας δεν καταγράφει στην περιοχή του υπέρυθρου βραχέων κυμάτων (πάνω από μήκος κύματος 1100 nm), η ύπαρξη των καναλιών στο κόκκινο και κοντινό υπέρυθρο είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον υπολογισμό των πιο κοινών δεικτών βλάστησης και τη χρήση τους σε γεωργικές εφαρμογές.

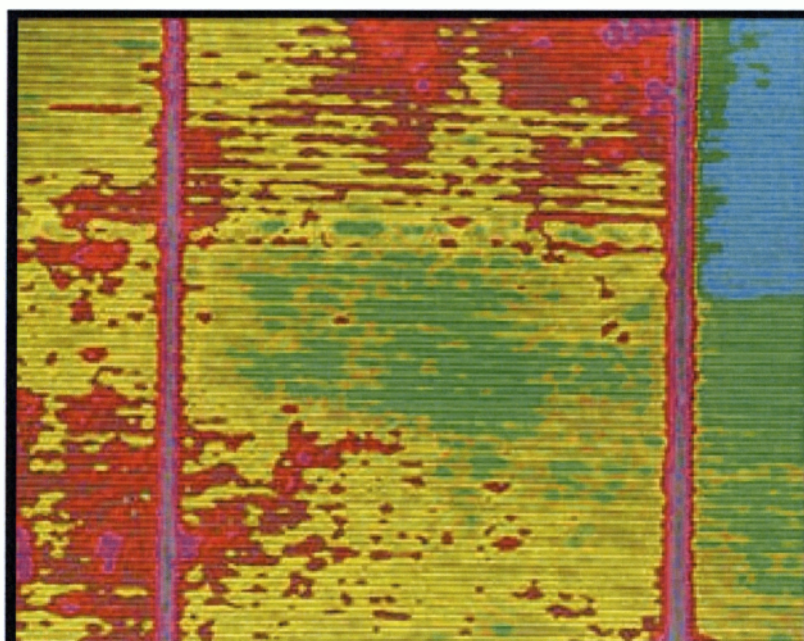
(Environmental Health Perspectives, Volume 108 (3), Μάρτιος 2000)



Εικόνα ψευδών χρωμάτων με υψηλή χωρική ανάλυση και το ποσοστό που προέρχεται από φυτική κάλυψη.

Πηγή: Stephan J. Maas, Texas Technical Universit

7.7 Δημιουργία Αρδευτικού Συστήματος



Απεικόνιση των διαφορετικών απαιτήσεων για άρδευση μέσα σε ένα χωράφι (πράσινο είναι υψηλή, κίτρινο ενδιάμεση, και κόκκινο χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό), όπως φαίνεται από το δορυφόρο QuickBird.
Πηγή: Satellite Imaging Corporation και DigitalGlobe

Από την παραπάνω εικόνα, μπορούμε να δούμε τη διακύμανση στις απαιτήσεις άρδευσης μέσα σε ένα χωράφι. Οι πράσινες περιοχές στο κέντρο του χωραφιού είναι επαρκώς αρδευόμενες, ενώ οι κόκκινες περιοχές έχουν μεγάλη ανάγκη άρδευσης. Ακόμη και αν ο αισθητήρας του QuickBird δεν έχει θερμικά κανάλια που χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί η περιεκτικότητα σε νερό, τα συμπτώματα της έλλειψης νερού μπορεί να προσδιοριστούν με απλούς δείκτες βλάστησης. Με αυτές τις πληροφορίες, ο γεωργός θα γνωρίζει ποιες περιοχές χρειάζονται περισσότερο νερό και να προσαρμόσει ανάλογα την μέθοδο άρδευσης.

(Professor Shahbaz Kham International Center for water)

7.8 Ακριβής Διαχείριση Καλλιεργειών

Η Ακριβής Διαχείριση Καλλιεργειών (Precision Crop Management - PCM) είναι ένα γεωργικό σύστημα διαχείρισης που έχει ως στόχο να παρέχει στην καλλιέργεια αυτό που χρειάζεται, όταν το χρειάζεται και όπου το χρειάζεται. Απαιτεί τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την καλλιέργεια και το έδαφος και τον εντοπισμό των αλλαγών που συμβαίνουν στο χωράφι με το πέρασμα του χρόνου. Ο στόχος είναι να παράγει τη μέγιστη απόδοση και την καλύτερη ποιότητα των καλλιεργειών με το χαμηλότερο κόστος, αλλά και με την παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος, ώστε να διασφαλιστεί ότι θα μπορούμε να συνεχίσουμε να χρησιμοποιούμε τις μεθόδους αυτές και στο μέλλον.

Για την Ακριβή Διαχείριση Καλλιεργειών χρειαζόμαστε πληροφορίες σχετικά με συνθήκες που είναι σταθερές σε όλη τη περίοδο (όπως η ικανότητα του

χωραφιού να καλλιεργείται και να παράγει - γονιμότητα του εδάφους), πληροφορίες σχετικά με παράγοντες που ποικίλλουν κατά τη διάρκεια της περιόδου (όπως η διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών και νερού, επιθέσεις παρασίτων, υγρασία, θερμοκρασία κ.λπ.), καθώς και πληροφορίες που χρειάζονται για να προσδιοριστεί η αιτία της μεταβλητότητας στην απόδοση των καλλιεργειών.



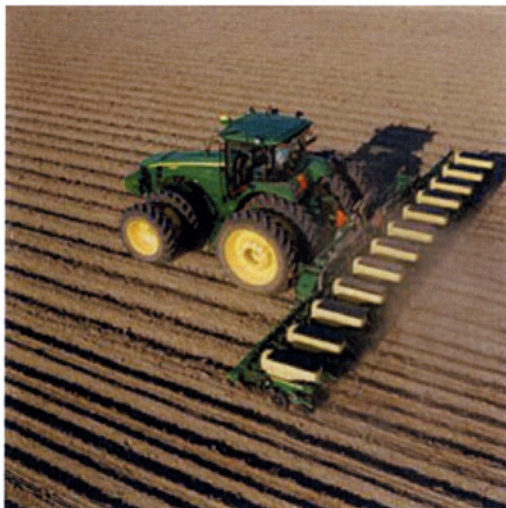
Αισθητήρες (πάνω) και παροχείς μεταβλητής ποσότητας (κάτω) σε μια θεριζοαλωνιστική μηχανή.

Πηγή: Oklahoma State University

Οι παραπάνω πληροφορίες μπορούν να συλλέγονται με την τηλεπισκόπηση. Η συλλογή των φασματικών δεδομένων μπορεί να επιτρέψει τον υπολογισμό των δεικτών που παρέχουν μια εκτίμηση της κατάστασης των φυτών, ή μπορεί να ξεχωρίσουν τις καλλιέργειες φυτών από τα ζιζάνια. Η βλάστηση και η υγρασία του εδάφους ή η θερμοκρασία μπορούν επίσης να μετρηθούν με τηλεχειριζόμενους αισθητήρες που τοποθετούνται στο πλαίσιο μιας θεριζοαλωνιστικής μηχανής. Οι αποδόσεις των καλλιεργειών μπορεί να εκτιμηθούν απευθείας από έναν δείκτη βλάστησης, ή με τη χρήση πολύπλοκων μαθηματικών μοντέλων που απαιτούν πρόσθετα στοιχεία (υγρασία, θερμοκρασία, ιστορικά δεδομένα).

Κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης, οι δυνατότητες παρακολούθησης του συστήματος Ακριβής Διαχείρισης Καλλιεργειών επιτρέπουν την γρήγορη αναγνώριση του κάθε παράγοντα που μπορεί να είναι πέρα από τα κανονικά όρια και να γίνουν προτάσεις αντίδρασης που μπορούν να ληφθούν για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Η έλλειψη θρεπτικών συστατικών ή νερού σε μια συγκεκριμένη θέση στο χωράφι αντιμετωπίζεται με την εφαρμογή των κατάλληλων λιπασμάτων, ή την προσαρμογή του συστήματος άρδευσης. Η γεωργία ακριβείας μπορεί να προσδιορίσει με ακρίβεια τη απόκλιση από τα κανονικά όρια και την αιτία που την προκαλεί, να υπολογίσει ποσοτικά αυτή την απόκλιση, να καταγράψει την κατάσταση και τη θέση που παρουσιάζεται και να την χαρτογραφήσει, έτσι ώστε να μπορεί να διαχειριστεί. Απειλές από ζιζάνια ή επιθέσεις από άλλους οργανισμούς εντοπίζονται έγκαιρα και αντιμετωπίζονται σε μεμονωμένες περιοχές, και όχι σε ολόκληρο το χωράφι.

(<http://gisdevelopment.net>)



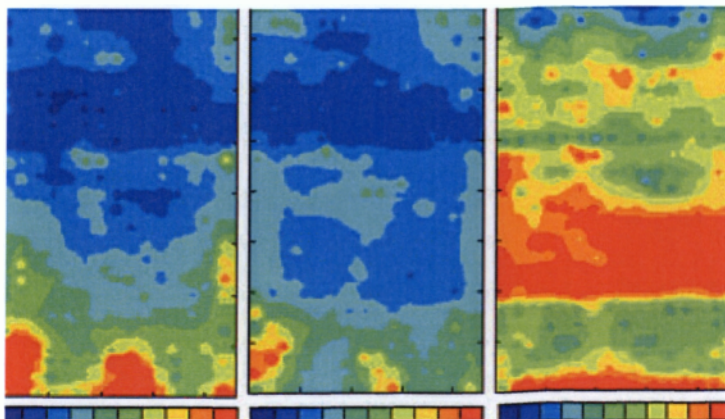
Ένας ελκυστήρας

Πηγή: Precision Pays website

<http://www.precisionpays.com>

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου πρέπει να εξεταστεί η χωρική μεταβλητότητα παραπάνω από ενός στοιχείου σε ένα χωράφι, ώστε να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά μία κατάσταση. Για παράδειγμα, προκειμένου να εκτιμηθεί πόσο γρήγορα ένα ζιζάνιο θα εξαπλωθεί σε ένα χωράφι, πρέπει να έχουμε περισσότερες πληροφορίες από την αρχική θέση όπου τα ζιζάνια εντοπίστηκαν. Η υγρασία του εδάφους και η οργανική ύλη του εδάφους μπορεί επίσης να ποικίλουν εντός του χωραφιού και να επηρεάσουν το ρυθμό εξάπλωσης των ζιζανίων.



Εξετάσεις εδάφους για φώσφορο, κάλιο και pH σε ένα κεντρικό αγρόκτημα στο Missouri (ΗΠΑ). *(Το μπλε προς κόκκινο αντιπροσωπεύει χαμηλές προς υψηλές για τις πυκνότητες και όξινο προς αλκαλικό για την οξύτητα)*

Πηγή: Davis, G., Casady, W. and Massey, R., 1998, Precision Agriculture: An Introduction, University of Missouri

Ορισμένα στοιχεία, όπως η υγρασία του εδάφους, η κάλυψη βλάστησης και το περιεχόμενο χλωροφύλλης μπορούν να μετρηθούν με την τηλεπισκόπηση. Άλλες ιδιότητες του εδάφους ωστόσο, απαιτούν δειγματοληψία εδαφικών δειγμάτων και ανάλυση αυτών των δειγμάτων στο εργαστήριο. Εφόσον η θέση των δειγμάτων καταγράφεται μέσω GPS, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ένας εδαφικός χάρτης του χωραφιού, για κάθε χαρακτηριστικό του εδάφους. Στο προηγούμενο παράδειγμα, μπορούμε να δούμε ένα χάρτη ενός χωραφιού που μετράει το φώσφορο (P), το κάλιο (K) και την οξύτητα (pH).

Εφόσον όλα τα στοιχεία έχουν γεωγραφικές συντεταγμένες σε ένα κοινό σύστημα προβολής, είναι δυνατό να μετατραπούν αυτές οι πληροφορίες σε επίπεδα δεδομένων σε ένα GIS και να χρησιμοποιηθεί το λογισμικό GIS ώστε να συνδυαστούν τα επίπεδα και να παραχθούν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του χωραφιού.

Με την χρήση των κατάλληλων πηγών δεδομένων είναι δυνατή η χρήση GIS, ώστε να δημιουργηθούν μοντέλα που περιγράφουν φυσικές διεργασίες που επηρεάζονται από τέτοια δεδομένα. Έτσι μπορούμε να προβλέψουμε το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας στο μέλλον. Για παράδειγμα, συνδυάζοντας δεδομένα που σχετίζονται με το έδαφος, την βλάστηση και το κλίμα, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η πιθανή απόδοση του χωραφιού, με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες που θα επηρεάσουν την κανονική ανάπτυξη της βλάστησης. Με τα μοντέλα αυτά μπορούμε να εντοπίσουμε προβληματικές περιοχές στον χωράφι, να προσδιορίσουμε την αιτία της μειωμένης απόδοσης και να λάβουμε τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Έχουμε ήδη δει ότι οι πληροφορίες από στοιχεία τηλεπισκόπησης, όπως ο φυτικός πληθυσμός μπορούν να μας δώσουν μια εκτίμηση της απόδοσης των καλλιεργειών. Η χρήση του GIS ωστόσο, απαιτεί περισσότερες πληροφορίες (πολλά διαφορετικά επίπεδα), αλλά μέσω των μοντέλων μπορεί να προσφέρει μια πιο ακριβή πρόβλεψη της απόδοσης των καλλιεργειών και επίσης να μας βοηθήσει να εντοπίσουμε πιθανά προβλήματα.

Η Γεωργία Ακρίβειας χρησιμοποιεί δεδομένα τηλεπισκόπησης υψηλής χωρικής ευκρίνειας. Τα στοιχεία αυτά είναι συνδεδεμένα με γεωγραφικές συντεταγμένες, συνήθως με τη χρήση μετρήσεων από GPS. Με αυτά τα δεδομένα μπορούμε να εντοπίσουμε πιθανά προβλήματα σε συγκεκριμένες θέσεις του συγκεκριμένου χωραφιού και να λάβουμε τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση των συγκεκριμένων προβλημάτων στις επιμέρους τοποθεσίες (για παράδειγμα, η ελεγχόμενη εφαρμογή των λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων με Εφαρμογές σε Μεταβλητές Ποσότητες (Variable Rate Treatment - VRT). Αν τα στοιχεία τηλεπισκόπησης συνδυαστούν με άλλα δεδομένα (χάρτες του εδάφους, κλιματικά δεδομένα κλπ), είναι δυνατή η χρήση τους με ένα GIS και να δημιουργηθούν μοντέλα που μπορούν να εκτιμήσουν νέες παραμέτρους, όπως η απόδοση των καλλιεργειών, με υψηλότερο βαθμό ακρίβειας.

(Davis, G., Casady, W. and Massey, R., 1998, Precision Agriculture: An Introduction, University of Missouri)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Σημειώσεις θεωρίας

Δρ.Ιωαννης Κ.Καπαγεριδης MSc PhD Ceng Csci MMM

Επίκουρος Καθηγητής Μεταλλευτικής Πληροφορικής.

Τ.Ε.Ι ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΟΖΑΝΗ 2006

Ανάλυση των αεροφωτογραφιών Χρησιμοποίηση κτηματολογικών χαρτών και GPS.

Καθ. Δρ. Axel drescher Πανεπιστήμιο freiburg Τμήμα φυσικής Γεωργίας

Ανάλυση εδαφών για νερό.

Professor Shahbaz Kham International Center for water Charles Sturt University, Locked Bag 558, Wagga Wagga, NSW 2678 Australia

www.gisdevelopment.net

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Idso S B, Jackson R D and Reginato R J, 1977. Remote sensing for agricultural water management and crop yield prediction. *Agricultural Water Management*, 1: **299-310**

Maas S J 1988. Using satellite data to improve model estimates of crop yield. *Agronomy Journal*, 80: **655-662**

Serrano L, Filella I and Penuelas J, 2000. Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. *Crop Science*, 40: **723-731**

Shanahan J F, Schepers J S, Francis D D, Varvel G E, Wilhelm W W, Tringe J M, Schlemmer M R and Major D J, 2001. Use of remote-sensing imagery to estimate corn grain yield. *Agronomy Journal*, 93: **583-589**

Απώλεια χλωροφύλλης σε φύλλο (χλώρωση), Wikimedia Commons, URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Leaf_1_web.jpg.

Ανάπτυξη ενός μύκητα (*Uncinula necator* - κοινώς γνωστή ως κονιώδης περονόσπορος) σε φυτό πεπονιού., Wikimedia Commons, URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Powdery_mildew.JPG,

Επιδράσεις της σκουριάς σόγιας (μύκητα *Phakospora*) σε φύλλα σόγιας, Wikimedia Commons and US Agricultural Research Service, URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ff8/Soybean_rust.jpg,

Μύκητας *Cercospora* σε φύλλα του δέντρου του καφέ (*Coffea arabica*), Dr. Scot C. Nelson, University of Hawaii, URL: <http://www.ctahr.hawaii.edu/nelsons/coffee/leafspot3.JPG>,

Δομή και σπόρια του μύκητα *Fusarium verticillioides*, Wikimedia Commons and Centre for Disease Control and Prevention / Dr. Libero Ajello , URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/95/Fusarium_verticillioides_01.jpg,

Επίδραση της ανεπάρκεια αζώτου στα φύλλα, Royal Horticultural Society (UK) , URL: <http://www.rhs.org.uk/advice/profiles0705/images/nitrogendeficiency.jpg>,

Έλλειψη αζώτου σε φύλλα καλαμποκιού, Government of Ontario, Canada, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, URL: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub811/images/3nitrof2.jpg>,

Έλλειψη μαγγανίου στα φύλλα του Κόκκινου σφενδάμου, Ohio State University, URL: <http://www.hcs.ohio-state.edu/images/cd0006/404/cd0006-326.jpeg>,

Αεροσκάφος Dornier Do228-101 D-CALM που λειτουργείται από το Γερμανικό Κέντρο Αεροδιαστημικής (DLR), Natural Environment Research Council (NERC - UK), URL: <http://arsf.nerc.ac.uk/images/d-calm3.jpg>,

Εντοπισμός βλάστησης σε κατάσταση πίεσης από δεδομένα AVIRIS, U.S. Geological Survey (USGS), URL: <http://speclab.cr.usgs.gov/PAPERS.veg1/slv.veg+stress.labels.tgif.gif>,

Διακυμάνσεις της υγείας της καλλιέργειας μέσα στο πεδίο, χρησιμοποιώντας δεδομένα από QuickBird, Satellite Imaging Corporation, URL: <http://www.satimagingcorp.com/media/images/4.jpg>,

Στόμα σε φύλλο ντομάτας, Wikipedia Commons, URL: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/09/Tomato_leaf_stomate_1-color.jpg.

Περιεχόμενο νερού καλλιεργιμένων πεδίων με θερμική εικόνα. Τα μπλε, πράσινα και κόκκινα pixels αντιπροσωπεύουν φυτά με επαρκή, μέσον όρο και χαμηλή συγκέντρωση νερού, US Department of Agriculture - Agricultural Research Service, URL: http://www.angielenvirosafe.com/index_files/PlantStress.jpg.

Αντίδραση βλάστησης στην άρδευση και η μείωση των επιπτώσεων με το πέρασμα του χρόνου, Satellite Imaging Corporation, URL: <http://www.satimagingcorp.com/media/images/agriculture-5.jpg>.

Χαρτογράφηση του δέλτα του ποταμού Mississippi, Environmental Health Perspectives, URL: http://www.ehponline.org/docs/2000/108-3/innovationsfig_mapB.GIF.

Τα Gypsy Moth Larvae τρώνε ένα φύλλο, Mel Evans, Associated Press, URL: http://www.ncagr.gov/plantindustry/plant/entomology/images/GM_larvae_defoliation_AP.jpg.

Monitoring Agricultural Resources (MARS) Unit. Επιστημονική και τεχνική υποστήριξη στην Ευρωπαϊκή Γεωργία και τις νομοθεσίες σχετικά με την ασφάλεια τροφής

Υπεύθυνοι: Joint Research Centre (JRC)

URL: <http://mars.jrc.it/mars>

Global Monitoring for Food Security (GMFS). Υπηρεσίες παρακολούθησης καλλιεργειών για τους λήπτες αποφάσεων σχετικά με την ασφάλεια τροφής

Υπεύθυνοι: Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA)

URL: <http://www.gmfs.info/>

Opium Survey 2002. Κρατική έρευνα φυτειών οπίου στην περιοχή Shan της Μιανμάρ, σε συνεργασία με τα Ηνωμένα Έθνη, με τη χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης και GIS

Υπεύθυνοι: School of Pacific and Asian Studies

URL: <http://www.shaps.hawaii.edu/drugs/myanmar/2002/>

Basic Applications of Remote Sensing in Agriculture. Επισκόπηση των εφαρμογών της τηλεπισκόπησης στη γεωργία

Υπεύθυνοι: Ames Remote

URL: <http://www.amesremote.com/section3.htm>

Agricultural Remote Sensing Basics Βασικές πληροφορίες στην εφαρμογή της τηλεπισκόπησης στη γεωργία

Υπεύθυνοι: Digital Globe

URL: <http://www.aq.ndsu.edu/pubs/ageng/gis/ae1262w.htm>

Digital Globe Agricultural Applications. Σύντομη περιγραφή σχετικά με την εφαρμογή δορυφορικών δεδομένων πολύ υψηλής χωρικής ευκρίνειας στην γεωργία

Υπεύθυνοι: Digital Globe

URL:

http://www.digitalglobe.com/index.php/47/Industry+Applications?industry_id=1

Γεωργία Ακριβείας: Τηλεπισκόπηση και Επαλήθευση στο πεδίο. Εισαγωγή στην Γεωργία Ακριβείας με Τηλεπισκόπηση

Υπεύθυνος: University of Missouri

URL: <http://extension.missouri.edu/publications/DisplayPub.aspx?P=EQ453>

Latest Meteosat-9 image over Europe. Eumetsat Image Gallery - Παρακολούθηση καιρού, κλίματος και περιβάλλοντος

Υπεύθυνοι: Eumetsat

URL:

http://agrifish.jrc.it/marsstat/Crop_Yield_Forecasting/crop_yield_forecasting_system.htm

MSG2/AIRMASS/CENTRALEUROPE/index.htm

Χωράφια στα οποία καλλιεργούνται διάφορα είδη λαχανικών, Wikimedia Commons,

URL:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:R%C3%A9union_Dosd%27%C3%82ne_Lettuces.jpg.

Ένα διανυσματικό επίπεδο πάνω από δορυφορική εικόνα, που δείχνει διάφορα χωράφια, Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων

Αποψη αγροτικής περιοχής κοντά στο Eloyes, νοτιοανατολικά του Στρασβούργου, Γαλλία, από τον δορυφόρο IKONOS-2, © 2004, DigitalGlobe

Χωράφια στο Βέλγιο τον Μάιο, © 2005 Space Imaging Europe

Η ίδια περιοχή, τον Αύγουστο, © Korea Aerospace Research Institute 2007

Ένα δάσος, URL:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:AnshiForestCanopy.jpg>.

Και ένα λιβάδι, URL:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nyika_grassland.jpg.

Εικόνες πραγματικών και ψευδών χρωμάτων ενός δάσους και ενός λιβαδιού στη Γαλλία, © 2004 DigitalGlobe

Μέρος από την San Luis Κοιλάδα. Η θέα από δορυφόρο (εικόνα πραγματιών χρωμάτων)., Google Earth

Κατηγοριοποίηση εικόνας που δείχνει τις διαφορετικές καλλιέργειες., URL:
<http://speclab.cr.usgs.gov/PAPERS/tetracorder/>.

Διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών GIS σε στοίβα., URL:
<http://www.ncddc.noaa.gov/technology/gis>, National Coastal Data Development Centre (NCDDC), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA

Σημεία, γραμμές και πολύγωνα σε χάρτη GIS., URL:
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Simple_vector_map.svg.

Χάρτης ισουψών καμπυλών., URL:
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gislayers.jpg>.

Δέκτης GPS., URL:
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Magellan_GPS_Blazer12.jpg.

Γεωργικός ελκυστήρας που χρησιμοποιείται στην γεωργία ακριβείας., URL:
<http://www.claas.com/omaha/generator/cl-pw/us/products/combines-rotary/lexion-590-595-r/yield-mapping/start.lang=en> US-OMAHA.html.

Τελευταία πρόσβαση: 18.05.2009 LEXION Combine Division

Δέκτης GPS., URL:
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Magellan_GPS_Blazer12.jpg.

Χάρτες πληθυσμού συγκομιδής και απόδοσης καλλιεργειών που αναπτύσσονται από αισθητήρα πληθυσμού τοποθετημένος σε θεριζοαλωνιστική μηχανή, ο οποίος αποδίδει δεδομένα παρακολούθησης απόδοσης που συλλέγονται κατά διαστήματα κάθε 1 δευτερόλεπτο (Missouri, 1996)., URL: <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/1999/5-5-1999/cornpopsense.html>, Integrated Crop Management newsletter, Iowa State University

Θεριζοαλωνιστική μηχανή με αισθητήρες για την καταγραφή ανάκλασης., URL: http://nue.okstate.edu/VRT_rig_pictures.htm#recognize_scale, Oklahoma State University

Προσαρμογή του πολύ χαμηλού όγκου εφαρμογών ζιζανιοκτόνων. Με αυτή τη μέθοδο η χρήση των χημικών ουσιών στη γεωργία μειώνεται πάρα πολύ., URL: http://earthobservatory.nasa.gov/Features/PrecisionFarming/precision_farming3.php, Keith Weller, USDA Agricultural Research Service

Εφαρμογές σε μεταβλητές ποσότητες., URL: http://nue.okstate.edu/VRT_rig_pictures.htm#recognize_scale, Oklahoma State University

Χαρτογράφηση του Δέλτα του Ποταμού Μισισσιπί, εντοπίζοντας τις πιο πιθανές περιοχές όπου τα έντομα μπορεί να επιθετούν., URL: <http://www.ehponline.org/docs/2000/108-3/innovations.html>, Environmental Health Perspectives, Volume 108 (3), March 2000 & ITD-Spectral Visions/NASA

Εικόνα ψευδών χρωμάτων με υψηλή χωρική ανάλυση και το ποσοστό που προέρχεται από φυτική κάλυψη., URL: http://webpages.acs.ttu.edu/smaas/pag_projects.htm, Stephan J. Maas, Texas Technical University

Απεικόνιση των διαφορετικών απαιτήσεων για άρδευση μέσα σε ένα χωράφι (πράσινο είναι υψηλή, κίτρινο ενδιάμεση, και κόκκινο χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό), όπως φαίνεται από το δορυφόρο QuickBird., URL: <http://www.satimagingcorp.com/svc/agriculture.html>. Satellite Imaging Corporation and DigitalGlobe

Ένας ελκυστήρας, URL: <http://www.precisionpays.com/topics/precision-in-practice/page/2/>.

Αισθητήρες (πάνω) και παροχές μεταβλητής ποσότητας (κάτω) σε μια θεριζοαλωνιστική μηχανή., URL: http://nue.okstate.edu/VRT_rig_pictures.htm#recognize_scale Oklahoma State University

Φασολιά σόγιας στα οποία η ανάπτυξη έχει ανακοπεί από μόλυνση από νηματώδεις. Το σκουλίκι δεν επηρεάζει εξίσου όλα τα φυτά., URL: <http://edis.ifas.ufl.edu/IN395>. University of Florida

Εξετάσεις εδάφους για φώσφορο, κάλιο και pH σε ένα κεντρικό αγρόκτημα στο Missouri (ΗΠΑ). (Το μπλε προς κόκκινο αντιπροσωπεύει χαμηλές προς υψηλές για τις πυκνότητες και όξινο προς αλκαλικό για την οξύτητα)., URL: <http://extension.missouri.edu/publications/DisplayPub.aspx?P=WQ450>.

Davis, G., Casady, W. and Massey, R., 1998, Precision Agriculture: An Introduction, University of Missouri