



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"
2^Η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ**

«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

**«ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΖΗΜΙΩΝ ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΜΕ
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ
ΕΛ.Γ.Α »**

**«DAMAGE ASSESSMENT IN AGRICULTURAL CROPS WITH THE
USE OF REMOTE SENSING IN ORDER TO DISTRIBUTE
COMPENSATION FROM EL.G.A.»**

Δημήτριος Μαστρογιάννης , Γεωπόνος

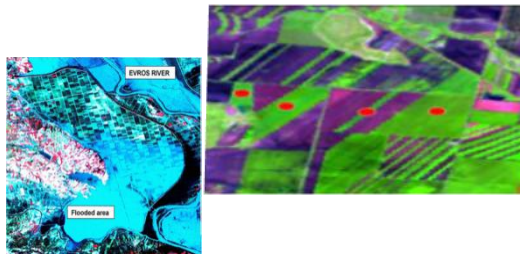
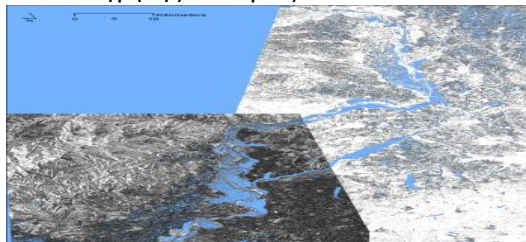
Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται για μερική
εκπλήρωση των απαιτήσεων για το Διεπιστημονικό –
Διατμηματικό Δίπλωμα Ειδίκευσης του Δ.Π.Μ.Σ. του
Ε.Μ.Πολυτεχνείου "Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

Επιβλέπων: Καθηγητής Δ. Αργιαλάς

Επιτροπή Παρακολούθησης:

Καθηγητής Δ. Αργιαλάς
Καθηγητής Δ. Καλιαμπάκος
Αν. Καθηγητής Ι. Σαγιάς



**Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη**

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου κ. Δημήτριο Αργιαλά για την ανάθεση του θέματος, την καθοδήγηση και την εποπτεία του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Δημήτριο Καλιαμπάκο για την πολύτιμη βοήθεια που μου έδωσε καθ' όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών και για την συμμετοχή του στην τριμελή επιτροπή παρακολούθησης.

Ευχαριστώ τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Ι. Σαγιά για την πρόθυμη συμμετοχή του στη τριμελή επιτροπή.

Πολύ μεγάλη βοήθεια με επιμονή και υπομονή στην εκπόνηση αυτής της μελέτης μου πρόσφερε ο κ. Π. Κολοκούσης, ΕΔΙΠ ΕΜΠ, τον οποίο και ευχαριστώ εγκάρδια. Επίσης ευχαριστώ τους υποψήφιους διδάκτορες κ. Γ. Παναγιωτόπουλο και κ. Μ. Μισθό για την βοήθεια που μου προσέφεραν κυρίως σε τεχνικά ζητήματα.

Τέλος ευχαριστώ τον Οργανισμό Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε) για τα ψηφιακά δεδομένα που μου χορήγησε και τους συναδέλφους του Οργανισμού Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α), για τα πολύτιμα στοιχεία σχετικά με τις αποζημιώσεις στον Έβρο, τις γεωργικές καλλιέργειες της περιοχής, καθώς και για τις καλλιέργειες και τις αποζημιώσεις στις ορεινές περιοχές που μου χορήγησαν.

Με εκτίμηση
Δ. Μαστρογιάννης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	8
2.1 Τηλεπισκόπηση	8
2.1.1 Ορισμός της τηλεπισκόπησης	8
2.1.2 Αρχές της τηλεπισκόπησης	9
2.1.3 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.....	9
2.1.4 Δορυφορικές εικόνες	12
2.1.5 Τύποι Δορυφόρων.....	12
2.1.6 Τηλεπισκοπικά συστήματα	13
2.1.7 Το πρόγραμμα Landsat.....	13
2.1.7.1 Landsat -1,-2 και 3	15
2.1.7.2 Landsat -4 και 5	16
2.1.7.3 Landsat -6 και 7	19
2.1.7.4 Landsat 8 OLI/TIRS. Landsat Data Continuity Mission (LDCM).....	19
2.1.8 Ο Δορυφόρος Sentinel-1	21
2.1.9 Πρόγραμμα SPOT- Δορυφόροι IRS.....	23
2.1.9.1 Πρόγραμμα SPOT	23
2.1.9.2 Δορυφόροι IRS.....	23
2.1.10 Τηλεπισκόπηση και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών	24
2.2 Εφαρμογές της τηλεπισκόπησης στη βλάστηση.....	25
2.2.1.1 Οι βασικές αρχές της φωτοσύνθεσης	25
2.2.1.2 Φασματική υπογραφή βλάστησης.....	26
2.2.1.3 Δείκτες βλάστησης	27
2.2.1.4 Προσδιορισμός Θέσης Κόκκινου Ορίου (Red Edge Position Determination). 28	
2.2 Εφαρμογές χαρτογράφησης γεωργικών εκτάσεων	29
2.2.1 Αναγνώριση καλλιεργειών	29
2.2.2 Δεδομένα τηλεπισκόπησης που απαιτούνται για την αναγνώριση καλλιεργειών.....	31
2.2.2.1 Ψηφιακή εποχή	33
2.2.3 Προβλήματα με την ταξινόμηση των καλλιεργειών	33
2.2.4 Εκτίμηση συνθηκών καλλιέργειας των φυτών	33

2.2.4.1	Ο εντοπισμός των καταπονημένων φυτών.....	34
2.2.5	Εκτίμηση περιεκτικότητας σε νερό των φυτών με την χρήση τηλεπισκόπησης 36	
2.2.6	Ανίχνευση των ασθενειών και των εντομολογικών προσβολών των φυτών με τηλεπισκόπηση.....	37
2.3	Εκτίμηση ζημιών σε γεωργικές καλλιέργειες με τηλεπισκόπηση	38
2.3.1	Εισαγωγή	38
2.3.2	Εκτίμηση παραγωγής	38
2.3.3	Εκτίμηση ζημιάς	39
2.3.3.1	Εκτίμηση ζημιάς από Χαλάζι στην Αυστραλία με τηλεπισκόπηση	41
2.3.4	Το Γεωργοασφαλιστικό σύστημα της Ελλάδας.....	42
2.3.5	Εκτίμηση ζημιών από τον ΕΛ.Γ.Α με τηλεπισκόπηση.....	44
2.3.5.1	Εκτίμηση ζημιών σιτηρών από παγετό με τηλεπισκόπηση	45
2.3.5.2	Καταγραφή πλημμυρισμένων εκτάσεων.....	46
2.3.5.3	Παρακολούθηση της ανάπτυξης της βλάστησης και πιθανή πρόβλεψη της παραγωγής σε μεγάλες περιοχές με ομοιογενείς καλλιέργειες. 47	
2.3.5.4	Εκτίμηση των ζημιών των σιτηρών από ξηρασία στο Νομό Λάρισας με τη χρήση τηλεπισκόπησης και GIS.	48
2.3.5.5	Η «Νέα» Εποχή της τηλεπισκόπησης. Εκτίμηση ζημιών με τηλεπισκόπηση σε καλλιέργειες ορεινών περιοχών.....	49
2.3.5.6	Συμπεράσματα για την εκτίμηση ζημιών για τα ζημιογόνα αίτια εκτός της πλημμύρας.....	52
2.4	Αντικειμενοστρεφής ανάλυση απεικονίσεων (OBIA)	52
2.4.1	Το πρόγραμμα eCognition.....	53
2.4.1.1	Κατάτμηση (segmentation)	54
2.4.1.2	Ταξινόμηση των εικόνων (Classification process).....	56
2.5	Στόχος της εργασίας: Καταγραφή πλημμύρας στον ποταμό Έβρο με τηλεπισκόπηση και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.....	58
3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	63
3.1	Περιοχή μελέτης.....	63
3.1.1	Η ευρύτερη περιοχή του Έβρου. Γενικά στοιχεία.	63
3.1.2	Η λεκάνη απορροής του Έβρου.....	64
3.1.3	Αίτια των πλημμυρών	64
3.1.4	Σύντομο ιστορικό των πλημμυρών.	65
3.1.5	Αντιπλημμυρικά Μέτρα.	67
3.2	Δεδομένα.....	68

3.3	Προεπεξεργασία δεδομένων	70
3.4	Αντικειμενοστρεφείς ταξινομήσεις Landsat TM απεικονίσεων	71
3.5	Εκτίμηση πλημμύρας με χρήση Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους	79
3.6	Καταγραφή πλημμυρισμένης περιοχής με χρήση radar απεικονίσεων Sentinel-1.....	82
4	ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	88
4.1	Ταξινομήσεις καλλιεργειών	88
4.2	Εκτίμηση πλημμυρισμένης έκτασης καλλιεργειών	88
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	89
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91
6.1	ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	91
6.2	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92
6.3	ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ	93
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	95
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: κατανομή αποζημιώσεων από τον ΕΛ.Γ.Α στις ορεινές περιοχές.	95
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ : Ενεργητική Προστασία Καλλιεργειών.....	110

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη γίνεται, αρχικά μια σύντομη αναφορά της Ελληνικής και Διεθνούς εμπειρίας πάνω στην εκτίμηση ζημιών σε γεωργικές καλλιέργειες από ακραία καιρικά φαινόμενα (παγετός, χαλάζι, ξηρασία ,κ.α) με τηλεπισκόπηση. Επικεντρωνόμαστε στην εκτίμηση ζημιάς στις γεωργικές καλλιέργειες από πλημμύρα, καθώς η πλημμύρα είναι το ζημιογόνο αίτιο στο οποίο η τηλεπισκόπηση μπορεί να έχει μεγαλύτερη συμβολή στην εκτίμηση ζημιάς από τα άλλα ζημιογόνα αίτια. Επιλέχθηκε σαν περιοχή μελέτης η παραποτάμια περιοχή του Έβρου, μια περιοχή με έντονα πλημμυρικά φαινόμενα σχεδόν κάθε έτος και με μεγάλες ζημιές στις γεωργικές καλλιέργειες άμεσες και έμμεσες με άμεσο επακόλουθο την καταβολή υψηλών αποζημιώσεων από τον ΕΛ.Γ.Α. Για την ορθή καταγραφή των ζημιών στις καλλιέργειες πρέπει να γίνεται αρχικά καταγραφή των καλλιεργειών πριν το πλημμυρικό φαινόμενο. Για το σκοπό αυτό έγινε αντικειμενοστρεφής ταξινόμηση των καλλιεργειών της περιοχής, με 6 δορυφορικές εικόνες Landsat των ετών 2010 και 2011 με βάση τα διανυσματικά αρχεία που μας παραχώρησε ο Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε. και τα οποία αφορούν το έτος 2010. Τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων δεν είχαν την αναμενόμενη ακρίβεια, καθώς πολλοί παράγοντες, οι οποίοι αναλύονται στην εργασία, συνέβαλλαν σε αυτό. Κατόπιν, έγινε οριοθέτηση της πλημμυρισμένης έκτασης στον Έβρο από την τελευταία πλημμύρα του Φεβρουαρίου 2015 με δορυφορική εικόνα από τον καινούργιο Ευρωπαϊκό δορυφόρο Sentinel-1A και έγινε χωρική συσχέτιση των αγροτεμαχίων με τη περιοχή πλημμύρας. Η οριοθέτηση της πλημμύρας κρίνεται ως εξαιρετικά επιτυχής. Τέλος, αναφέρονται τα προβλήματα που προέκυψαν κατά την διαδικασία της ταξινόμησης και καταλήξαμε σε συμπεράσματα, που αφορούν στην αποτελεσματικότητα των σύγχρονων επιστημών της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, στην εκτίμηση ζημιών από πλημμύρα σε γεωργικές καλλιέργειες από τον ΕΛ.Γ.Α, με κύριο στόχο την αξιόπιστη και έγκαιρη αποζημίωση των πληγέντων παραγωγών.

Λέξεις κλειδιά: Τηλεπισκόπηση, δορυφορική εικόνα, Έβρος, καλλιέργειες, πλημμύρα, ζημιά, αποζημίωση, ΕΛ.Γ.Α.

ABSTRACT

This study begins with a brief mention of Greek and International experience on the assessment of damage to agricultural crops caused by extreme weather conditions (frost, drought, etc.) with the use of remote sensing. We focused on assessing damage to crops caused by flood as flood is the harmful event to which remote sensing may have a greater sensitivity. The study area we selected was the riverside area of Evros, a region with intense floods almost every year which lead to great damage of crops in both a direct and an indirect manner. Due to the weather conditions mentioned, the Greek Agricultural Insurance Organisation (ELGA) is forced to pay high financial compensation. In order to record the damage to crops properly, the crop production should be recorded before the flood phenomenon. For this purpose, the classification of crop production in the region was carried out with the use of six satellite images Landsat of 2010 and 2011 based on the vector files of 2010 given us from the O.P.E.K.E.P.E. . The results of the classification were not as precise as they were expected to be due to many factors that are analyzed in this study. In the next step, delineation of the flooded area in Evros from the last flood of February 2015 was done with the use of a satellite image from the new European satellite Sentinel-1A. A spatial correlation of parcels flood area was made and the delimitation of the flood is considered to be extremely successful. Finally, the problems occurred during the process of classification are indicated. We reached at conclusions concerning the effectiveness of modern sciences of Remote Sensing and Geographic Information Systems to assess flood damage of agricultural crops by EL.G.A in order to provide objective and reliable compensation to the producers affected.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αγροτική παραγωγή κάθε χρόνο είναι εκτεθειμένη σε κινδύνους που οφείλονται σε ακραία καιρικά φαινόμενα. Στην χώρα μας και στο εξωτερικό μεγάλο τμήμα της αγροτικής παραγωγής καταστρέφεται κάθε χρόνο από διάφορα ζημιογόνα αίτια, όπως παγετός, χαλάζι, πλημμύρα, ανεμοθύελλα, καύσωνας, κ.α. Η ασφάλιση της αγροτικής παραγωγής αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο άσκησης αγροτικής πολιτικής, το οποίο προτείνεται από τους ειδικούς στα θέματα αγροτικής πολιτικής και εφαρμόζεται στις περισσότερες χώρες, που υπάρχουν δημόσιες και ιδιωτικές γεωργικές ασφαλιστικές εταιρείες γι' αυτό τον σκοπό. Η ασφάλιση της αγροτικής παραγωγής διασφαλίζει το αγροτικό εισόδημα σε περιπτώσεις καταστροφής της παραγωγής, ελαχιστοποιώντας τα δυσμενή αποτελέσματα και εξασφαλίζοντας σταθερότητα. Στην Ελλάδα βασικός φορέας του γεωργοασφαλιστικού συστήματος είναι ο ΕΛ.Γ.Α (Ν.Π.Ι.Δ) που ασφαλίζει την αγροτική παραγωγή από τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Σε περίπτωση ζημιάς σε γεωργικές καλλιέργειες οι γεωπόνοι του ΕΛ.Γ.Α και των γεωργικών ασφαλιστικών εταιρειών που υπάρχουν στο εξωτερικό, κάνουν εκτίμηση της ζημιάς με επιτόπιους ελέγχους, εκτιμούν την παραγωγή που έχει απολεσθεί από το ζημιογόνο αίτιο και ο παραγωγός που είναι ασφαλισμένος λαμβάνει αποζημίωση για την απώλεια παραγωγής. Η εκτίμηση της απώλειας παραγωγής είναι μια δύσκολη εργασία, συνήθως χρονοβόρα με σημαντικό κόστος και εμπεριέχει τον κίνδυνο λανθασμένης εκτίμησης, ή αμφισβήτησης από τον παραγωγό, ιδιαίτερα αν η εκτίμηση γίνει αργά λόγω όγκου δουλειάς.

Τα προβλήματα αυτά έρχεται να λύσει η τηλεπισκόπηση που έχει ευρύ φάσμα εφαρμογών, σε ερευνητικό, ημι-επιχειρησιακό ή επιχειρησιακό επίπεδο στον τομέα της γεωργίας. Οι δημόσιες και ιδιωτικές γεωργικές ασφαλιστικές εταιρείες ανά τον κόσμο και ο ΕΛ.Γ.Α στην Ελλάδα στην προσπάθειά τους να μειώσουν το κόστος, να προσφέρουν αξιοπιστία και ταχύτητα στις εκτιμήσεις ζημιών στις διάφορες καλλιέργειες με αποτέλεσμα την πιο γρήγορη καταβολή αποζημιώσεων, έχουν προβεί σε μια πολύχρονη και σοβαρή μελέτη για την υιοθέτηση και την εφαρμογή της τεχνικής της τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στην εκτίμηση ζημιών στις γεωργικές καλλιέργειες.

Έτσι, μετά την επιχειρησιακή χαρτογράφηση των καλλιεργειών και την μέτρηση των γεωργικών εκτάσεων, την ημιεπιχειρησιακή πρόβλεψη της παραγωγής, τον έλεγχο νερού, τον έλεγχο συνθηκών καλλιέργειας και την εφαρμογή γεωργίας ακριβείας, προχωράμε στην εφαρμογή της τηλεπισκόπησης στον τομέα των ζημιών στις γεωργικές καλλιέργειες.

Σε αυτή τη μελέτη γίνεται προσπάθεια αποτίμησης, όσον αφορά τα διάφορα ζημιογόνα (χαλάζι, παγετός, ξηρασία), της ελληνικής και Διεθνούς εμπειρίας πάνω στην εκτίμηση ζημιών στις γεωργικές καλλιέργειες και των δυνατοτήτων που παρέχει η τηλεπισκόπηση. Επισημαίνουμε επίσης τα σχετικά προβλήματα και τις δυσκολίες που υπάρχουν, τα οποία θεωρούμε ότι η επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη θα αντιμετωπίσει σε μεγάλο βαθμό επιτυχώς στο μέλλον.

Όσον αφορά την εκτίμηση της ζημιάς από πλημμύρα, που είναι και ο κύριος σκοπός αυτής της μελέτης, είναι να δείξει τις μεγάλες επιχειρησιακές δυνατότητες που παρέχει η τηλεπισκόπηση στην περίπτωση πλημμύρας, την βοήθεια που μπορεί να προσφέρει στον ΕΛ.Γ.Α, όσον αφορά την ακριβή οριοθέτηση της πλημμυρισμένης περιοχής και την ταξινόμηση των καλλιεργειών με προγενέστερες της πλημμύρας δορυφορικές εικόνες. Επιλέχθηκε σαν περιοχή μελέτης η παραποτάμια περιοχή του Έβρου που είναι μια περιοχή με πολύ συχνά και έντονα πλημμυρικά φαινόμενα και θα καταγράψουμε την τελευταία μεγάλη πλημμύρα του Φεβρουαρίου 2015. Με αυτό τον τρόπο θα αποδειχθεί η συμβολή της τηλεπισκόπησης στην εκτίμηση ζημιάς από πλημμύρα.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Τηλεπισκόπηση

2.1.1 Ορισμός της τηλεπισκόπησης

Όπως προκύπτει και ετυμολογικά η λέξη τηλεπισκόπηση (Remote Sensing) είναι σύνθετη και αποτελείται από δύο σύνθετα μέρη. Το επίρρημα Τηλέ και το ρήμα επισκοπέω-ώ, δηλαδή παρακολουθώ από απόσταση. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η εκ του μακρόθεν παρακολούθηση δεν είναι άλλος από την λήψη δορυφορικών εικόνων (δεδομένων) ή φωτογραφιών από αεροπλάνα.

Παρακάτω δίνουμε δύο ορισμούς της τηλεπισκόπησης που μας βοηθάνε να κατανοήσουμε τι είναι τηλεπισκόπηση και ποια είναι η χρησιμότητα της στην ερμηνεία του φυσικού και τεχνικού περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με τον Ρόκο (1979) «Σαν Τηλεπισκοπική Μεθοδολογία θεωρείται η συστηματική και λογική μελέτη των αρχών που διέπουν τη διαδικασία της έρευνας κι απόκτησης ποιοτικών και ποσοτικών πληροφοριών με την κατάλληλη εξέταση κατάλληλων φωτογραφιών ή γενικότερα, απεικονίσεων αντικειμένων ή συμβάντων.»

Σύμφωνα με τον Αργιαλά (1999), «Η τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη της απόκτησης ποιοτικής και μετρητικής πληροφορίας ενός φαινομένου ή ενός αντικειμένου από απόσταση, χωρίς δηλαδή φυσική επαφή με το υπό μελέτη φαινόμενο ή αντικείμενο.»

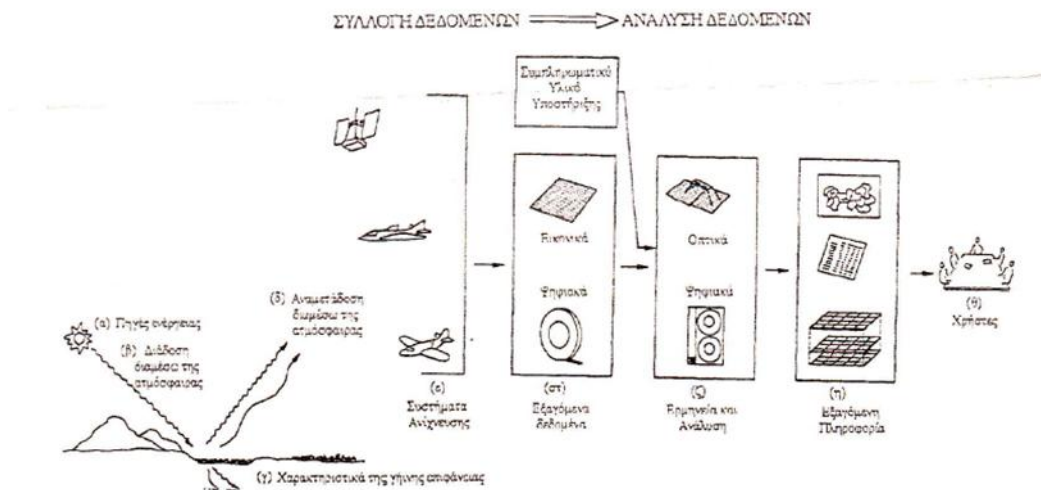
Από τους παραπάνω ορισμούς, αλλά και από τους άλλους που κατά καιρούς έχουν δοθεί, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η τηλεπισκόπηση μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία ανάγνωσης. Χρησιμοποιώντας διάφορους δέκτες, συλλέγουμε δεδομένα από απόσταση, τα οποία μπορούν να αναλυθούν, ώστε να αποκομίσουμε πληροφορίες σχετικά με αντικείμενα, περιοχές η φαινόμενα τα οποία ερευνώνται. Στην σημερινή εποχή, έχει δοθεί ιδιαίτερο βάρος στην παρατήρηση της γήινης επιφάνειας από δορυφορικούς δέκτες ή από αερομεταφερόμενους δέκτες ψηφιακούς η αναλογικούς. Αυτοί οι δέκτες συλλέγουν δεδομένα, βασισμένοι πάνω στους διάφορους τρόπους κατά τους οποίους, τα χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας εκπέμπουν και ανακλούν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια και αυτά τα δεδομένα αναλύονται ώστε να μας δώσουν πληροφορίες σχετικά με τα φυσικά διαθέσιμα που ερευνούνται.

Η Τηλεπισκόπηση έχει τεράστιο εύρος εφαρμογών και πολλοί επιστημονικοί κλάδοι αξιοποιούν τα δεδομένα της. Η τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται από τους τοπογράφους για την δημιουργία ψηφιακών μοντέλων εδάφους κ.α, από τους γεωλόγους για τον εντοπισμό κοιτασμάτων, από τους γεωπόνους για την αποτελεσματική εκμετάλλευση γεωργικών εκτάσεων, από χωροτάκτες για το σχεδιασμό χρήσεων γης, από βιολόγους για τη μελέτη των οικοσυστημάτων και την εφαρμογή και δοκιμή μοντέλων, από μετεωρολόγους για την παρακολούθηση της ατμόσφαιρας και την πρόβλεψη του καιρού, από δασολόγους για την πρόγνωση και παρακολούθηση δασικών πυρκαγιών και από ωκεανογράφους για τη χαρτογράφηση των βιοφυσικών παραμέτρων των ωκεανών. Ακόμη η τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από άλλες επιστήμες όπως ιατρική (μαγνητικοί τομογράφοι, ακτινογραφίες κ.α), αστροφυσική, αστρονομία, φυσική κ.α.

Με την τηλεπισκόπηση μπορούμε να ερευνήσουμε τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο περιβάλλον, τις φυσικές καταστροφές (πυρκαγιές, πλημμύρες, σεισμούς, κατολισθήσεις, ξηρασία, καταιγίδες, ανεμοστρόβιλους, παγετώνες κ.α.), τη ρύπανση των πόλεων κ.λπ. Το μοναδικό χαρακτηριστικό της Τηλεπισκόπησης να παρέχει πληροφορίες χωρίς την ανάγκη επιτόπιας επίσκεψης του επιστήμονα, χωρίς την παρέμβαση στην περιοχή μελέτης και με ιδιαίτερα χαμηλό κόστος, αποτελεί ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα της έναντι άλλων μεθόδων συλλογής πληροφορίας. (Α. Τζώτσος, Δ. Αργιαλάς)

2.1.2 Αρχές της τηλεπισκόπησης

Σύμφωνα με τον Jensen (2000) κατά την τηλεπισκοπική διαδικασία (remote sensing procedure) συλλέγουμε και αναλύουμε δεδομένα. Σημαντικό ρόλο κατά την τηλεπισκοπική διαδικασία έχει ο καθορισμός του προβλήματος που προηγείται της συλλογής δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων μετά την ανάλυση των δεδομένων, ώστε να ληφθούν αποφάσεις. Η συλλογή δεδομένων γίνεται με την λήψη δορυφορικών εικόνων, αεροφωτογραφιών ή εικόνων radar. Σήμερα πιο διαδεδομένες είναι οι δορυφορικές εικόνες που λαμβάνονται από δέκτες που είναι τοποθετημένοι σε δορυφόρους. Οι δέκτες καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προέρχεται από την γη σε διαφορετικές ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.



Εικόνα 1. Τυπική διαδικασία ηλεκτρομαγνητικής τηλεπισκόπησης φυσικών διαθεσίμων

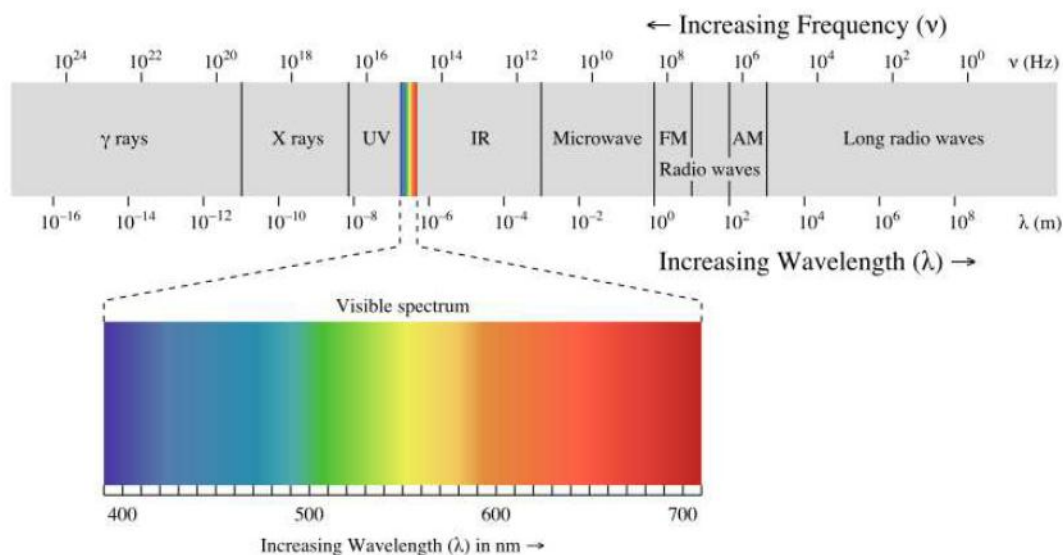
2.1.3 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ΗΜΑ) που εκπέμπεται ή ανακλάται από τα διάφορα αντικείμενα παρατήρησης (επιφάνειες), αποτελεί την αρχή της λειτουργίας ενός τηλεπισκοπικού συστήματος.

Το ορατό φως είναι μόνο μια από τις πολλές μορφές της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Τα ραδιοκύματα, η θερμότητα και η υπεριώδης ακτινοβολία καθώς και οι ακτίνες Χ είναι άλλες παρόμοιες μορφές και ακτινοβολούνται σύμφωνα με την κυματική θεωρία. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός c , κατά ημιτονοειδή τρόπο, ενώ, όπως ισχύει για κάθε ηλεκτρομαγνητικό κύμα, διέπεται από τη σχέση $c = \nu \cdot \lambda$. Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών αποτελεί το μήκος κύματος λ , ενώ ο αριθμός των διαδοχικών κορυφών που διέρχονται από ένα δεδομένο σημείο στον χώρο, στην μονάδα του χρόνου, τη συχνότητα ν . Επειδή η ταχύτητα του φωτός, σε δεδομένο μέσο διάδοσης του, είναι σταθερή, το μήκος κύματος λ και η συχνότητα ν είναι αντιστρόφως ανάλογα μεταξύ τους και επομένως, αρκεί για τον χαρακτηρισμό του κύματος η μία από τις δύο μεταβλητές.

Το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με διαφορετικό μήκος κύματος αποτελεί το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Η πιο καθιερωμένη μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται για την μέτρηση του μήκους κύματος, κατά μήκος του φάσματος, είναι το μικρόμετρο (μm). Ένα μικρόμετρο ισούται με $1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα αποτελείται από κύματα με μήκη κύματος από $0,1 \mu\text{m}$ έως 100 m . Το ορατό μέρος του φάσματος είναι εξαιρετικά

μικρό, αφού η φασματική ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού εκτείνεται μόνο από 0,4 μm μέχρι και 0,7 μm. Το μπλέ χρώμα απεικονίζεται στο εύρος από 0,4 έως 0,5 μm περίπου. Το πράσινο από 0,5 έως 0,6 μm και το κόκκινο από 0,6 έως 0,7 μm περίπου. Η υπεριώδης (UV) ενέργεια συνορεύει με το τέλος του μπλε στην ορατή περιοχή του φάσματος. Στο τέλος του κόκκινου (τέλος ορατής περιοχής) συνορεύουν 3 διαφορετικές κατηγορίες υπέρυθρων κυμάτων. Το εγγύς υπέρυθρο (από 0,7 έως 1,3 μm), το μέσο υπέρυθρο (από 1,3 έως 3 μm) και το θερμικό υπέρυθρο (πέρα των 3 μm). Η μικροκυματική περιοχή του φάσματος βρίσκεται μεταξύ του 1mm και του 1m (Αργιαλάς 2000).



Εικόνα 2 . Φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:EM_spectrum

Η ηλιακή ακτινοβολία που τελικά προσπίπτει σε κάποιο αντικείμενο της γήινης επιφάνειας, μετά την σκέδαση και απορρόφηση που υφίσταται όταν διέρχεται από την γήινη ατμόσφαιρα, υφίσταται τρεις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις ενέργειας.

Διάφορα τμήματα της προσπίπτουσας ενέργειας, ανακλώνται, απορροφούνται και μεταφέρονται. Με βάση την αρχή διατήρησης της ενέργειας, ισχύει η παρακάτω σχέση ως:

$$EI(\lambda) = ER(\lambda) + EA(\lambda) + ET(\lambda),$$

όπου :

EI : προσπίπτουσα ενέργεια (incident energy)

ER : ανακλώμενη ενέργεια (reflected energy)

EA : απορροφώμενη ενέργεια (absorbed energy)

ET : μεταδιδόμενη ενέργεια (transmitted energy)

συναρτήσεσι πάντοτε του μήκους κύματος (λ).

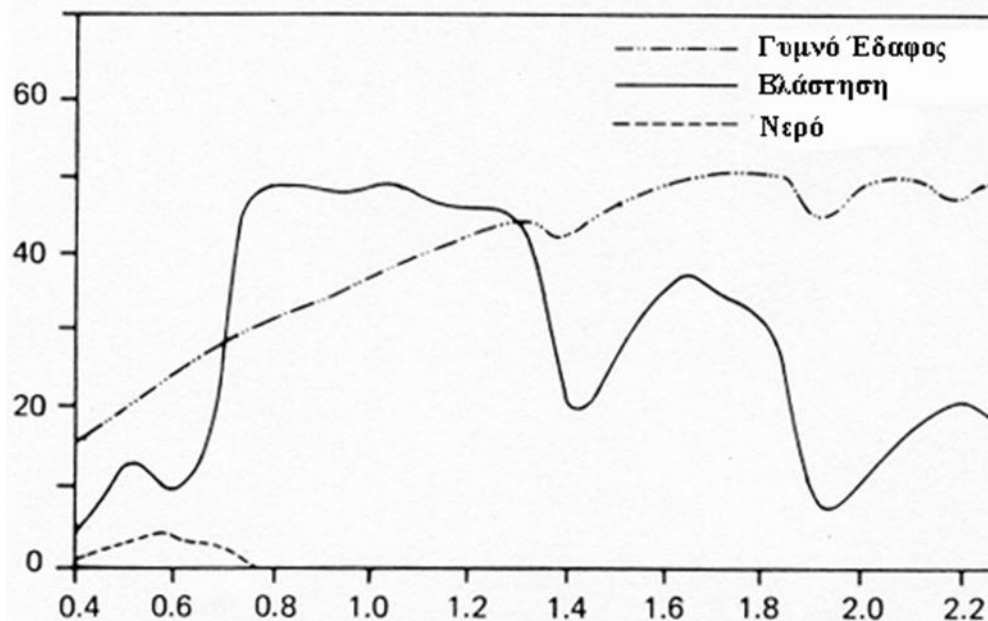
Τα ποσά για την ανακλώμενη, απορροφούμενη και μεταφερόμενη ενέργεια δεν είναι τα ίδια για διαφορετικά γήινα χαρακτηριστικά και εξαρτώνται από την φυσική κατάσταση και τη χημική σύσταση του χαρακτηριστικού. Ακόμη και για το ίδιο γήινο χαρακτηριστικό, αλλά για διαφορετικά μήκη κύματος, τα ποσά της ανακλώμενης, απορροφούμενης και μεταφερόμενης ενέργειας διαφέρουν. Έτσι δυο χαρακτηριστικά τα οποία φαίνονται ίδια σε ένα φασματικό εύρος μπορεί να διαφέρουν πλήρως σε ένα άλλο.

Τα διάφορα τηλεπισκοπικά συστήματα «δραστηριοποιούνται» σε φασματικές περιοχές όπου η ανακλώμενη ενέργεια είναι αυτή που επικρατεί, και διαχωρίζουν τα διάφορα αντικείμενα σε πιο διευρυμένες φασματικές ζώνες με τον ίδιο τρόπο, που τα διαχωρίζει το ανθρώπινο μάτι (ανάλογα με τις φασματικές διαφοροποιήσεις) εντός του ορατού φάσματος. Υπάρχουν δύο βασικές, κατηγορίες ανακλαστήρων οι κατοπτρικοί και οι διαχυτικοί.

Το ποσοστό της ανακλώμενης ενέργειας προς την προσπίπτουσα σε ένα αντικείμενο σε συγκεκριμένο μήκος κύματος καλείται φασματική ανακλαστικότητα ρ_λ και μαθηματικά ορίζεται ως εξής:

$$\rho_\lambda = \frac{ER(\lambda)}{E1(\lambda)} = \frac{\text{ανακλώμενη ενέργεια μήκους κύματος}}{\text{προσπίπτουσα ενέργεια μήκους κύματος}} \times 100$$

το δε γράφημα της συνάρτησης της φασματικής ανάκλασης ως προς το μήκος κύματος αποτελεί την καμπύλη φασματικής ανάκλασης. Η καμπύλη φασματικής ανάκλασης είναι διαφορετική για κάθε αντικείμενο της γήινης επιφάνειας καθώς μεταβάλλεται το μήκος κύματος. Οι διαφορετικές αυτές φασματικές αποκρίσεις των γενικών κατηγοριών αντικειμένων ονομάζονται φασματικές υπογραφές και μας επιτρέπουν να διακρίνουμε το χιόνι από το νερό, τη βλάστηση από το χώμα, τους διάφορους τύπους πετρωμάτων κ.α.



Εικόνα 3. Τυπικές καμπύλες φασματικής ανακλαστικότητας για βλάστηση, νερό και έδαφος (Αργιολάς 2000). Οι 3 κατηγορίες μπορούν να διαχωριστούν εύκολα μεταξύ τους αρκεί να χρησιμοποιήσουμε το κατάλληλο τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Όμως, παρά το γεγονός ότι, τα διάφορα αντικείμενα της φυσικής γήινης επιφάνειας παρουσιάζουν πολύ ευδιάκριτα χαρακτηριστικά και μπορούν να διαχωριστούν εύκολα μεταξύ τους, αυτά τα χαρακτηριστικά θεωρούνται μάλλον ως «**φασματικά πρότυπα απόκρισης**» παρά ως φασματικές υπογραφές και αυτό γιατί ο δεύτερος όρος παραπέμπει στο απόλυτο και στο μοναδικό, κάτι που δεν συμβαίνει κατά την παρατήρηση των φυσικού κόσμου, όπου οι φασματικές αποκρίσεις είναι μεν διακριτές, αλλά όχι και κατ' ανάγκη μοναδικές.

Η μεταβλητότητα των φασματικών υπογραφών μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην ανάλυση τηλεπισκοπικών δεδομένων κατά την αναζήτηση (με αξιοποίηση του φασματικού προτύπου) ξεχωριστών ομοειδών αντικειμένων (γενικών θεματικών κατηγοριών), σε περιπτώσεις όμως που θέλουμε να αναγνωρίσουμε είδη, μέσα στην ίδια θεματική κατηγορία (π.χ κωνοφόρα/φυλλοβόλα δένδρα) ή ακόμη πιο συγκεκριμένα, όταν θέλουμε να αναγνωρίσουμε τα φυτά που είναι σε ασθενική κατάσταση σε σχέση με τα υγιή (healthy/stressed vegetation) σε δεδομένη ειδική κατηγορία, τότε είναι απαραίτητη η «προσφυγή» στην μεταβλητότητα των «**φασματικών προτύπων απόκρισης**».

Η μεταβλητότητα των «**φασματικών προτύπων απόκρισης**» οφείλεται σε διαχρονικές και χωρικές επιδράσεις. Οι **διαχρονικές επιδράσεις** σχετίζονται με παράγοντες που συντείνουν στην αλλαγή των φασματικών χαρακτηριστικών με το χρόνο και είναι πολύ σημαντικές για την βλάστηση, της οποίας τα φασματικά χαρακτηριστικά αλλάζουν κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (φαινολογικού κύκλου ανάπτυξης). Οι **χωρικές επιδράσεις**

αφορούν στην τροποποίηση των φασματικών χαρακτηριστικών, στην ίδια κατηγορία καλλιέργειας, σε δεδομένη χρονική στιγμή, αλλά σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Ενώ οι διαχρονικές και οι χωρικές επιδράσεις δείχνουν να περιπλέκουν την ανάλυση των ιδιοτήτων φασματικής ανακλαστικότητας των αντικειμένων, εντούτοις, πολλές φορές, η αξιοποίηση τους μπορεί να οδηγήσει στην συλλογή πολύ σημαντικών πληροφοριών κατά την ανάλυση.

2.1.4 Δορυφορικές εικόνες

Η διαδικασία που ακολουθείται για να έχουμε μια δορυφορική εικόνα είναι η εξής: Για κάθε στοιχειώδη επιφάνεια ανάλυσης που ονομάζουμε εικονοστοιχείο (pixel), έχουμε μια τιμή ακτινοβολίας που καταγράφεται και αντιστοιχεί σε κάποιο χρώμα ή αποχρώσεις του γκρίζου. Η δορυφορική εικόνα αποτελείται από έναν πίνακα διακριτών στοιχείων ή εικονοστοιχείων. Η περαιτέρω επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας μας δίνει πλήθος προϊόντων τα οποία χρησιμοποιούνται για πολλούς σκοπούς.

Οι δορυφορικές εικόνες είναι πολύ διαδεδομένες και υπερτερούν των αεροφωτογραφιών επειδή: α) έχουμε συνοπτική καταγραφή της γήινης επιφάνειας καθώς μια δορυφορική εικόνα LANDSAT καλύπτει έκταση 185×185 Km (σε μια εικόνα LANDSAT αντιστοιχούν περισσότερες από 1600 αεροφωτογραφίες 1:20.000), β) επαναλαμβανόμενη κάλυψη (ο LANDSAT καλύπτει τη γη κάθε 16 μέρες), γ) περιορισμούς απόκλισης (δεν υπάρχουν περιορισμοί στην απόκτηση δορυφορικών δεδομένων), δ) διακριτική ικανότητα, χωρική ικανότητα (στους δορυφόρους LANDSAT η διακριτική ικανότητα είναι 30×30 m και τα αποτελέσματα θεωρούνται αξιόπιστα), ε) πολυφασματικά δεδομένα (στους δορυφόρους LANDSAT έχουμε 7 κανάλια και οι δορυφορικές εικόνες καταγράφονται σε διάφορα κανάλια του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος), στ) ψηφιακή μορφή δεδομένων (τα δεδομένα διατίθενται σε ψηφιακή μορφή γεγονός που επιτρέπει την επεξεργασία τους από ηλεκτρονικούς υπολογιστές), ζ) στερεοσκοπική κάλυψη και η) ελάχιστη παραμόρφωση (οι δορυφορικές εικόνες έχουν ελάχιστη παραμόρφωση σε σχέση με τις αεροφωτογραφίες).

2.1.5 Τύποι Δορυφόρων

Σήμερα, ο όρος «τηλεπισκόπηση» θεωρείται συνώνυμος με την χρήση δορυφορικών ή αερομεταφερόμενων αισθητήρων παρακολούθησης της γης, λόγω της εισαγωγής τους την δεκαετία του 1960 για την περιγραφή του νέου εξελισσόμενου πεδίου δορυφορικών και εναέριων εφαρμογών.

Η διαδρομή που ακολουθεί ένας δορυφόρος ονομάζεται τροχιά. Η τροχιά των δορυφόρων καθορίζεται από διάφορες παραμέτρους όπως (υψόμετρο, κλίση/διεύθυνση, περίοδος κ.α). Οι τροχιές των δορυφόρων εναρμονίζονται με τους σκοπούς για τους οποίους τους χρησιμοποιούμε. Έτσι οι δορυφόροι μπορούν να διακριθούν σε: α) μετεωρολογικούς (meteorological), που έχουν κατανεμηθεί ομοιόμορφα σε γεωστατικές τροχιές γύρω από τη γη, παρέχοντας μια σφαιρική εικόνα των καιρικών φαινομένων σε ολόκληρο τον πλανήτη και β) στους αντίστοιχους παρατήρησης και παρακολούθησης των επίγειων πόρων (earth resource). Οι μετεωρολογικοί δορυφόροι παρουσιάζουν πολύ πιο μικρή (coarse) χωρική ανάλυση.

Σε μια άλλη κατηγοριοποίηση οι δορυφόροι διαχωρίζονται σε γεωστατικούς (geostationary) και σε ηλιοσύγχρονους (sun-synchronous).

A) Γεωστατικοί δορυφόροι

Οι γεωστατικοί δορυφόροι ακολουθούν τροχιά παράλληλη με τον ισημερινό (κλίση ίση με 0°), που ονομάζεται ισημερινή τροχιά. Έχουν το πλεονέκτημα ότι βλέπουν πάντα τη γη από την ίδια οπτική γωνία, καθώς κινούνται σε συγχρονισμό με τον πλανήτη και φαίνονται να είναι ακίνητοι σε σχέση με την επιφάνεια της γης. Αυτό σημαίνει ότι έχουν τη δυνατότητα να καταγράφουν την ίδια εικόνα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αυτή η ιδιότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην παρατήρηση των καιρικών συνθηκών και στις τηλεπικοινωνίες. Ένα

μειονέκτημα των γεωστατικών τροχιών είναι η μεγάλη απόσταση από τη γη (36.000 Km), γεγονός που μειώνει την μέγιστη δυνατή χωρική ανάλυση (χωρική ανάλυση άνω του 1Km) .
B) Ηλιοσύγχρονοι δορυφόροι

Οι ηλιοσύγχρονοι δορυφόροι ακολουθούν τροχιές που τέμνουν τον ισημερινό με γωνία περί τις 90°. Οι τροχιές αυτές καλούνται πολικές και συνήθως ακολουθούνται από τον βορρά προς τον νότο γεγονός, που αν συνδυαστεί με την περιστροφή της γης από ανατολή προς δύση, τους επιτρέπει να καλύπτουν την επιφάνεια της γης εντός συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Κάθε φορά που ο δορυφόρος κάνει μια πλήρη περιστροφή, σαρώνει και μια νέα λωρίδα γήινης επιφάνειας. Έτσι, μετά από ένα ορισμένο αριθμό περιστροφών θα έχει σαρωθεί ολόκληρη η επιφάνεια της γης. Μερικοί δορυφόροι σαρώνουν λωρίδες με σχετικά μεγάλο πλάτος και επομένως, μπορούν να καλύψουν ολόκληρη τη γη με λίγες περιστροφές (ο Landsat καλύπτει την γη ανά 16 μέρες). Αντίθετα, οι δορυφόροι υψηλής ανάλυσης σαρώνουν λωρίδες πολύ μικρού πλάτους και κατά συνέπεια χρειάζονται αρκετές ημέρες για να καλύψουν ολόκληρη τη γη.

Στους ηλιοσύγχρονους δορυφόρους, για να είναι συγκρίσιμες οι εικόνες, οι καταγραφές πραγματοποιούνται την ίδια τοπική ώρα της ημέρας έτσι ώστε ο ήλιος να βρίσκεται στο ίδιο σημείο πάνω από τον ορίζοντα και το επίπεδο της δορυφορικής τροχιάς να διατηρεί σταθερή γωνία ως προς το φως του ήλιου.

Στους ηλιοσύγχρονους δορυφόρους σημαντικό ρόλο παίζει το υψόμετρο του δορυφόρου όσον αφορά την λεπτομέρεια που ανιχνεύουμε. Αν ο δορυφόρος βρίσκεται σε μεγάλο ύψος επισκέπτεται την ίδια περιοχή πιο συχνά αλλά οι πληροφορίες που λαμβάνονται δεν είναι λεπτομερείς. Αντίθετα αν οι δορυφόροι βρίσκονται σε μικρότερο ύψος, επισκέπτονται λιγότερο συχνά την ίδια περιοχή αλλά οι πληροφορίες είναι περισσότερο λεπτομερείς. Οι περισσότεροι δορυφόροι λειτουργούν στα 800 Km.

2.1.6 Τηλεπισκοπικά συστήματα

Τα τηλεπισκοπικά συστήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) παθητικά και β) ενεργητικά. Τα παθητικά απλώς καταγράφουν την ενέργεια που εκπέμπεται από τη γήινη επιφάνεια σε διαφορετικά μήκη κύματος, η οποία εξαρτάται από τη γωνιακή απόσταση. Στα ενεργητικά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπονται από εξωτερική πηγή π.χ από τον ίδιο τον ανιχνευτή/radar προσπίπτουν πάνω στο αντικείμενο ή στην περιοχή, επιστρέφουν και καταγράφονται στο σύστημα. Το σήμα επιστρέφει αλλοιωμένο. Η αλλοίωση εξαρτάται από τις ιδιότητες της επιφάνειας. Τα ενεργητικά τηλεπισκοπικά συστήματα πλεονεκτούν γιατί λειτουργούν μέρα και νύχτα και ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες (ηλιοφάνεια ή νεφοκάλυψη).

Βασικό χαρακτηριστικό των δορυφόρων είναι η διακριτική ικανότητα, ενώ ιδιαίτερη σημασία δίνεται στις διορθώσεις της καταγραφόμενης ακτινοβολίας (ατμοσφαιρική, γεωμετρική, ραδιομετρική, θόρυβος).

Η διακριτική ικανότητα ποικίλλει ανάλογα με τον δορυφόρο και διακρίνεται (Barret 1982) σε:

- Χωρική διακριτική ικανότητα, η οποία καθορίζει και το μέγεθος του εικονοστοιχείου της δορυφορικής απεικόνισης
- Φασματική διακριτική ικανότητα, η οποία σχετίζεται με τον αριθμό των φασματικών καναλιών του δορυφορικού δέκτη .
- Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα, η οποία σχετίζεται με την ευαισθησία του δέκτη να ανιχνεύει διαφορές στην ισχύ του σήματος
- Χρονική διακριτική ικανότητα, η οποία σχετίζεται με τη συχνότητα καταγραφής της ίδιας περιοχής.

2.1.7 Το πρόγραμμα Landsat

Μετά από τις πρώτες επανδρωμένες πτήσεις διαστημοπλοίων και τις εικόνες που παρασχέθηκαν από τους πρώτους μετεωρολογικούς δορυφόρους, η NASA, σε συνεργασία

με το Υπουργείο Εσωτερικών των Η.Π.Α, σχεδίασε ένα πρόγραμμα δημιουργίας περιβαλλοντικών δορυφόρων Earth Resources Technology Satellites (ERTS) με σκοπό να παρέχει στους επιστήμονες τηλεπισκοπικά δεδομένα για την παρακολούθηση και διαχείριση των πόρων της γης.

Το πρόγραμμα ξεκίνησε το 1967, με τον σχεδιασμό μιας σειράς έξι δορυφόρων, που ονομάστηκαν ERTS -1, -2, -3, -4, -5 και -6.

Ο πρώτος δορυφόρος ο ERTS-1 εκτοξεύτηκε στις 23 Ιουλίου 1972 και λειτούργησε μέχρι τις 6 Ιανουαρίου 1978. Ο δεύτερος δορυφόρος ERTS εκτοξεύθηκε στις 22 Φεβρουαρίου 1975 και λειτούργησε μέχρι τις 5 Φεβρουαρίου 1982. Πριν την εκτόξευση του δεύτερου δορυφόρου οι δορυφόροι ERTS μετονομάστηκαν σε «Landsat», για να διακρίνονται από τους αντίστοιχους ωκεανογραφικής παρατήρησης που είχαν πάρει το όνομα Seasat. Ακολούθησε ο Landsat 3 που εκτοξεύθηκε στις 5 Μαρτίου 1978 και λειτούργησε μέχρι τον Ιούλιο του 1987. Ακολούθησαν άλλοι 4 δορυφόροι που εκτοξεύτηκαν επιτυχώς, ενώ ο Landsat 6 χάθηκε κατά την εκτόξευση (Αργιαλάς, 1999). Το Πρόγραμμα LANDSAT είναι η επιχείρηση με την μακρύτερη λειτουργία και μας παρέχει τηλεπισκοπικά δεδομένα της γήινης επιφάνειας. Εκτός από τα τηλεπισκοπικά δεδομένα, το αρχαιακό υλικό του USGS, και τα συστήματα διανομής, το πρόγραμμα περιλαμβάνει και τις απαραίτητες μεθόδους επεξεργασίας των δεδομένων ώστε να μετατραπούν σε χρήσιμη πληροφορία.

Στους δορυφόρους (Landsat1-Landsat7) έχουμε 4 διαφορετικούς τύπους τηλεπισκοπικών δεκτών σε διάφορους συνδυασμούς. Οι δέκτες αυτοί περιλαμβάνουν τα φωτογραφικά συστήματα Returned Beam Vidicon (RBV), τον πολυφασματικό σαρωτή Multispectral Scanner (MSS), το θεματικό χαρτογράφο, Thematic Mapper (TM), τον ενισχυμένο θεματικό χαρτογράφο, Enhanced Thematic Mapper (ETM) και τον Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+).

Οι τηλεπισκοπικοί δέκτες έχουν τα χαρακτηριστικά που φαίνονται στους παρακάτω πίνακες 1,2. Οι ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις τους καταγράφουν πολύτιμα στοιχεία με τα οποία εξάγουμε ποιοτικές και μετρητικές πληροφορίες για τη φυσική και την κοινωνικοοικονομική πραγματικότητα του πλανήτη μας, και ταυτόχρονα αξιολογούμε τις πολυδιάστατες διαλεκτικές σχέσεις, αλληλεξαρτήσεις και αλληλεπιδράσεις τους και τις τάσεις μεταβολών τους, δια μέσου του χρόνου

Έτσι οι ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις Landsat με τη βοήθεια των αναλογικών και των ψηφιακών μεθόδων και τεχνικών της φωτοερμηνείας τηλεπισκόπησης και τους αντίστοιχους αλγόριθμους μας παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες στα πεδία της Τοπογραφίας, Γεωγραφίας, Γεωλογίας, Υδρογεωλογίας, Δασολογίας, Γεωπονίας, Χωροταξίας, Πολεοδομίας, Προστασίας του Περιβάλλοντος κ.λπ. και υποστηρίζουν με αξιοπιστία και πληρότητα τους σχεδιασμούς, τις μελέτες και τα έργα ανάπτυξης και προστασίας του περιβάλλοντος σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο. (kontoss remotesensing.pdf)

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά των δορυφόρων LANDSAT 1-7 και των τηλεπισκοπικών δεκτών τους.

Mission	Launched	RBV Bands	MSS Bands	TM or ETM or ETM+ Bands	Orbit
Landsat-1	23/7/1972	1,2,3	4,5,6,7		18 day/900 km
Landsat-2	22/2 /1975	1,2,3	4,5,6,7		18 day/900 km
Landsat-3	5/3/1978	1	4,5,6,7,8		18 day/900 km
Landsat-4	16/7/1982		1,2,3,4	1,2,3,4,5,6,7	16 day/900 km

Landsat-5	1/3/1984		1,2,3,4	1,2,3,4,5,6,7	16 day/900 km
Landsat-6	5/10/1993			1,2,3,4,5,6,7 + Pan (ETM)	16 day/900 km
Landsat-7	15/4/1999			1,2,3,4,5,6,7 + Pan (ETM)	16 day/900 km

Πίνακας 2. Φασματική και χωρική διακριτική ικανότητα των τηλεπισκοπικών δεκτών των δορυφόρων. Landsat 1 έως 7.

Δέκτης	Αποστολή	Φασματική Διακριτική Ικανότητα	Χωρική Διακριτική Ικανότητα
RBV	LANDSAT 1, 2	0,475-0,575μm 0,580-0,680μm 0,690-0,830μm	80m 80m 80m
	LANDSAT 3	0,505-0,750μm	30m
MSS	LANDSAT 1 ως 5	0,5-0,6μm	79m (82m στους LANDSAT-4,5)
		0,6-0,7μm	79m (82m στους LANDSAT-4,5)
		0,7-0,8μm	79m (82m στους LANDSAT-4,5)
		0,8-1,1μm	79m (82m στους LANDSAT-4,5)
		10,4-12,6μm	79m (82m στους LANDSAT-4,5) 240m (μόνο στον LANDSAT-3)
TM	LANDSAT 4, 5	0,45-0,52μm	30m
		0,52-0,60μm	30m
		0,63-0,69μm	30m
		0,76-0,90μm	30m
		1,55-1,75μm	30m
		10,4-12,5μm	120m
		2,08-2,35μm	30m
ETM & ETM+	LANDSAT 6, 7	0,52-0,90μm	15m
		0,45-0,52μm	30m
		0,52-0,60μm	30m
		0,63-0,69μm	30m
		0,75-0,90μm	30m
		1,55-1,75μm	30m
		10,4-12,5μm	120m (ETM), 60m (ETM+)
		2,08-2,35μm	30m

2.1.7.1 Landsat -1,-2 και 3

Οι δορυφόροι εκτοξεύτηκαν σε κυκλικές ηλιοσύγχρονες τροχιές σε ένα ονομαστικό ύψος 900 km και έτεμναν τον Ισημερινό περί τις 9 π.μ. Χρειαζόταν περίπου 103 min για να εκτελέσουν μια τροχιά (14 τροχιές την ημέρα) . Ο κύκλος επαναληψιμότητας δηλαδή η κάλυψη όλης της γης ήταν 18 ημέρες. Οι Landsat -1,-2 είχαν δύο ταυτόσημα τηλεπισκοπικά συστήματα: ένα RBV τριών καναλιών, και ένα σύστημα MSS 4 καναλιών. Το σύστημα RBV λειτουργούσε με τρόπο παρόμοιο με μια φωτογραφική μηχανή είχε 3 κάμερες που κάλυπταν μια λωρίδα γης 185 x 185 km και οι εικόνες είχαν μεγαλύτερη χαρτογραφική αξιοπιστία από αυτές που παίρνονταν από το σύστημα Landsat MSS . Η ονομαστική επίγεια διακριτική ικανότητα των RBV συστημάτων ήταν περίπου 80 m και η φασματική ευαισθησία της κάθε κάμερας ήταν ίδια με τις αντίστοιχες του έγχρωμου υπέρυθρου φιλμ, δηλαδή η πράσινη ήταν από 0.475-0.575 μm, η κόκκινη από 0.580-0.680 μm και η εγγύς

υπέρυθρη από 0.690-0.830μm. Αυτές οι φασματικές ζώνες είχαν χαρακτηριστεί ως κανάλια 1,2, και 3. Η κάμερα RBV δεν περιείχε φιλμ, και αντί αυτού, οι εικόνες εκτίθονταν μέσω ενός μηχανισμού διαφράγματος και αποτυπώνονταν πάνω σε μια φωτοευαίσθητη επιφάνεια εντός της κάθε κάμερας.

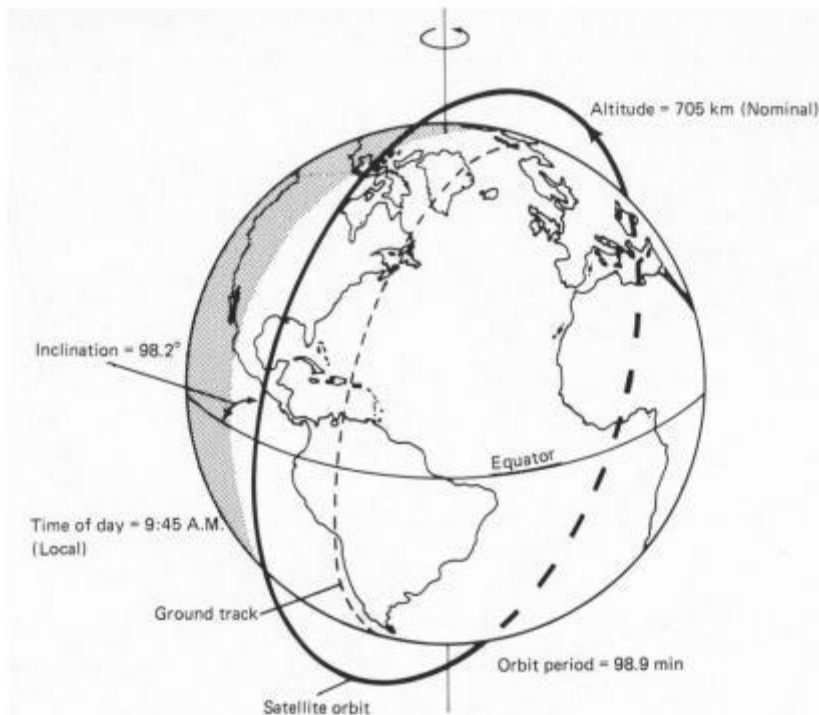
Ο πολυφασματικός σαρωτής MSS των Landsat -1,-2 και -3, κάλυπτε μια ζώνη πλάτους 185 km σε τέσσερα φασματικά κανάλια: δύο στο ορατό φάσμα δηλαδή από 0.5-0.6 μm (πράσινο), και 0.6-0.7 μm (κόκκινο), και δύο στο εγγύς υπέρυθρο φάσμα από 0.7-0.8 μm και από 0.8-1.1 μm. Αυτά τα κανάλια είχαν χαρακτηριστεί ως κανάλια 4,5,6 και 7. Ο πολυφασματικός σαρωτής MSS του Landsat-3 είχε επίσης ένα θερμικό κανάλι, το κανάλι 8, το οποίο λειτουργούσε στην περιοχή 10.4-12.6 μm. Όμως δημιουργήθηκαν λειτουργικά προβλήματα, και αυτό το κανάλι τέθηκε εκτός λειτουργίας σχεδόν μετά την εκτόξευση του δορυφόρου. Έτσι λοιπόν όλοι οι πολυφασματικοί σαρωτές MSS παρήγαγαν δεδομένα μόνο σε αυτά τα τέσσερα κανάλια. Να σημειωθεί ότι αυτές οι φασματικές ζώνες χρησιμοποιήθηκαν και στον πολυφασματικό σαρωτή MSS, ο οποίος υπήρχε στους δορυφόρους Landsat -4 και -5, αλλά αυτές οι φασματικές ζώνες είχαν κληθεί κανάλια 1,2,3 και 4 αντίστοιχα. Τέλος να αναφερθεί και το εύρος των ψηφιακών αριθμών, το οποίο ήταν 6 bits (0-63) (Αργιαλάς,1999).

2.1.7.2 Landsat -4 και 5

Ο δορυφόρος Landsat -4 εκτοξεύθηκε στις 16/7/1982 και ο Landsat -5 την 1/3/1984. Εκτοξεύτηκαν σε επαναληπτικές κυκλικές, ηλιοσύγχρονες, σχεδόν πολικές τροχιές, όπως και οι προηγούμενοι σε χαμηλότερη όμως τροχιά 705 km αντί των 900 km. Η μείωση του ύψους τροχιάς έγινε για να είναι οι δορυφόροι προσβάσιμοι από το διαστημικό λεωφορείο και να είναι δυνατή τυχόν επισκευή τους και για να βελτιωθεί η διακριτική ικανότητα των δεκτών, τους οποίους έφεραν. Οι δορυφόροι Landsat -4 και 5 προγραμματίστηκαν να τέμνουν τον Ισημερινό στις 9.45 π.μ επειδή αυτή την ώρα η ατμόσφαιρα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διαύγεια, ενώ η ηλιοσύγχρονη τροχιά των δορυφόρων εξασφαλίζει ιδανικές συνθήκες φωτισμού. Η κάθε τροχιά διαρκεί 99 λεπτά περίπου (14,5 τροχιές την ημέρα) και ο κύκλος επαναληψιμότητας είναι 16 μέρες.

Οι τροχιές των δορυφόρων Landsat-4 και -5 σχεδιάστηκαν να είναι 8 ημέρες εκτός φάσης, έτσι ώστε όταν και οι δύο δορυφόροι είναι σε λειτουργία, να υπάρχει η δυνατότητα οκταήμερης επαναληπτικής κάλυψης εναλλακτικά από τον κάθε δορυφόρο.

Οι Landsat 4 και 5, είναι εφοδιασμένοι με δύο πολυφασματικούς τηλεπισκοπικούς δέκτες, τον πολυφασματικό σαρωτή MSS και τον θεματικό χαρτογράφο (Thematic Mapper ή TM). Ο MSS είναι όμοιος με εκείνον ο οποίος υπήρχε στους Landsat 1, 2 και 3. Οι ίδιες τέσσερις φασματικές ζώνες χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των δεδομένων, αλλά έχουν επαναριθμηθεί. Αυτό σημαίνει ότι τα κανάλια 1 έως 4 του MSS των Landsat -4 και -5 αντιστοιχούν απευθείας στα κανάλια 4 έως 7 των συστημάτων MSS των Landsat 1, 2 και 3. Το πλάτος σάρωσης παρέμεινε στα 185 km. Η οπτική διάταξη είχε επίσης τροποποιηθεί για να επιφέρει ένα επίγειο εικονοστοιχείο 82 m, το οποίο να προσεγγίζει το επίγειο εικονοστοιχείο των 79 m των προηγούμενων συστημάτων.



Εικόνα 4. Ηλιοσύγχρονη τροχιά των Landsat -4 και -5 [Πηγή:Αργιαλάς,1999].

Ο θεματικός χαρτογράφος (TM) υπήρξε ένας δέκτης προηγμένης τεχνολογίας, ο οποίος ενσωμάτωσε έναν αριθμό φασματικών, ραδιομετρικών και γεωμετρικών βελτιώσεων στο σχεδιασμό του συγκριτικά με τον MSS. Έχει 7 κανάλια για τη συλλογή δεδομένων αντί τεσσάρων, με νέα κανάλια στο ορατό (μπλε), μέσο υπέρυθρο και θερμικό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Τα τρία πρώτα κανάλια είναι ευαίσθητα στο ορατό τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, 0,45-0,52 μm (μπλε), 0,52-0,60 μm (πράσινο) και 0,63-0,69 μm (κόκκινο). Το κανάλι 4 είναι ευαίσθητο στο εγγύς υπέρυθρο (0,76-0,90 μm), τα κανάλια 5 και 7 είναι ευαίσθητα στο μέσο υπέρυθρο (1,55-1,75 μm και 2,08-2,35 μm αντίστοιχα) και τέλος, το κανάλι 6 είναι ευαίσθητο στην περιοχή του θερμικού υπέρυθρου (10,4-12,5 μm). Η χωρική διακριτική ικανότητα του θεματικού χαρτογράφου είναι 30m για όλα τα κανάλια πλην του θερμικού υπέρυθρου, το οποίο έχει φασματική διακριτική ικανότητα 120m. Ραδιομετρικά ο TM μετέτρεπε το σήμα από αναλογικό σε ψηφιακό επί του φορέα, σε ένα εύρος κωδικοποίησης 256 ψηφιακών αριθμών, δηλαδή η ραδιομετρική ανάλυση ήταν 8 bits.

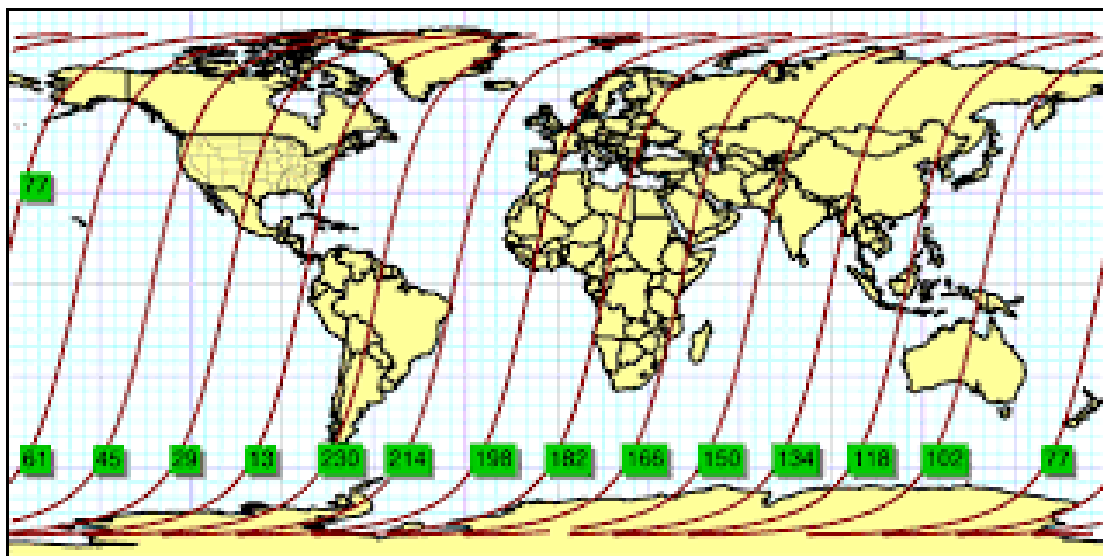
Στον παρακάτω Πίνακα 3 εμφανίζονται σε λίστα τα επτά φασματικά κανάλια του TM και οι κύριες εφαρμογές του καθενός.

[Πηγή: <http://mycourses.ntua.gr/courses/SURVEY1011/document/TM.pdf>].

Band	Wavelength (μm)	Spectral Location	Εφαρμογές
1	0.45 – 0.52	Blue	Σχεδιάστηκε για να διεισδύει στις υδάτινες επιφάνειες. Πολύ χρήσιμο για την χαρτογράφηση παράκτιων περιοχών, την διάκριση διαφόρων ειδών φυτοκάλυψης, την χαρτογράφηση δασικών περιοχών και ανθρωπογενών κατασκευών.

2	0.52 – 0.60	Green	Σχεδιάστηκε για να μετράει το μέγιστο της ανάκλασης της φασματικής καμπύλης της βλάστησης. Πολύ χρήσιμο για τη διάκριση διαφόρων ειδών βλάστησης και ανθρωπογενών κατασκευών
3	0.63 – 0.69	Red	Σχεδιάστηκε για να καταγράφει στην περιοχή απορρόφησης της χλωροφύλλης. Χρήσιμο για τη διάκριση διαφορετικών ειδών φυτών και ανθρωπογενών κατασκευών.
4	0.76 – 0.90	Near Infrared	Χρήσιμο, στον προσδιορισμό ειδών βλάστησης, στον προσδιορισμό της βιομάζας, στη διάκριση υδάτινων επιφανειών και στην χαρτογράφηση της περιεχόμενης υγρασίας στο έδαφος.
5	1.55 – 1.75	Mid Infrared	Χρήσιμο, στον προσδιορισμό της υγρασίας των φυτών, στον προσδιορισμό της υγρασίας του εδάφους και στη διάκριση νεφών από επιφάνειες με χιόνια.
6	10.4 – 12.4	Thermal Infrared	Χρήσιμο, σε εφαρμογές θερμικής χαρτογράφησης, στη διάκριση διαφορών στην περιεχόμενη υγρασία του εδάφους και στον εντοπισμό ασθενειών της βλάστησης.
7	2.08 – 2.35	Mid Infrared	Χρήσιμο στη διάκριση ορυκτών και πετρωμάτων και στον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας της βλάστησης.

Εικόνα 5. Χρειάζονται 16 ημέρες για την κάλυψη της γης από τους δορυφόρους Landsat 4 και 5

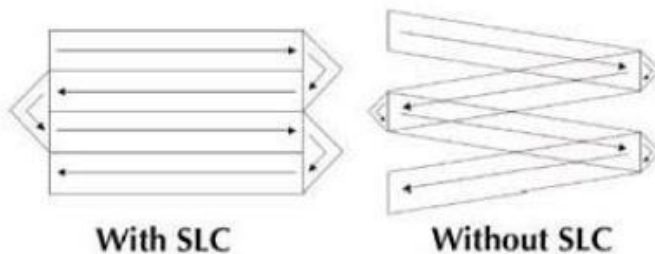


2.1.7.3 Landsat -6 και 7

Ο δορυφόρος Landsat 6 εκτοξεύθηκε στις 5 Οκτωβρίου του 1993 και απέτυχε να τεθεί σε τροχιά. Ο δορυφόρος Landsat 7 εκτοξεύτηκε από την αεροπορική βάση Vandenburg στις 15 Απριλίου το 1999. Εκινείτο σε τροχιά γύρω από τη γη σε ύψος περίπου 705 km, ήταν ηλιοσύγχρονος, με κλίση περίπου 98° και έτεμνε τον Ισημερινό στις 10π.μ. Ο κύκλος επαναληψιμότητας ήταν 16 ημέρες.

Στους δορυφόρους Landsat 6 και 7 τοποθετήθηκε μόνο ένας πολυφασματικός δέκτης, ο θεματικός χαρτογράφος με την προσθήκη ωστόσο ενός παγχρωματικού καναλιού (0,52-0,9μm), με χωρική διακριτική ικανότητα 15m. Η έκδοση αυτή του Thematic Mapper ονομάστηκε Enhanced Thematic Mapper στον Landsat 6 και Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) στον Landsat 7. Στον τελευταίο η χωρική διακριτική ικανότητα του θερμικού καναλιού βελτιώθηκε και από τα 120m έφθασε στα 60m. Μία σημαντική λειτουργία των δύο αυτών δεκτών είναι η από το έδαφος ρύθμιση της ευαισθησίας (gain) τους, ανάλογα με την φωτεινότητα της υπό απεικόνιση περιοχής. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μεγάλη βελτίωση της ποιότητας των απεικονίσεων (kontoss_remotesensing.pdf). Ακόμη, ο Landsat 7 είχε γεωδαιτική ακρίβεια 400 μέτρα κατά μήκος του κάθετου ίχνους και είχε δυνατότητα μετάδοσης των δεδομένων που λάμβανε με τρεις τρόπους : α) απευθείας, β) μέσω του data relay satellite system και γ) με αποθήκευση και αργότερα μετάδοση.

Στις 31 Μαΐου 2003, ο διορθωτής της γραμμής σάρωσης SLC (Scan Line Corrector), ο οποίος αντισταθμίζει την εμπρόσθια κίνηση του δορυφόρου Landsat 7, βγήκε εκτός λειτουργίας. Οι προσπάθειες που γίνανε για να τεθεί ξανά σε λειτουργία ο SLC δεν πέτυχαν και έτσι η δυσλειτουργία παρέμεινε. Χωρίς την λειτουργία του SLC, το οπτικό πεδίο του ETM+ πλέον απεικονίζει ένα μοτίβο από ζιγκ ζαγκ κατά μήκος της επίγειας γραμμής που ακολουθεί ο δορυφόρος (εικόνα 5). Ως αποτέλεσμα η περιοχή που απεικονίζεται εμφανίζεται διπλή, με πλάτος που αυξάνει προς τις άκρες της εικόνας. Ωστόσο ο Landsat 7 ETM+ συνέχισε να βρίσκεται σε λειτουργία καθώς ήταν ικανός να λαμβάνει χρήσιμα δεδομένα με το SLC εκτός λειτουργίας, ειδικά για το κεντρικό κομμάτι κάθε εικόνας.



Εικόνα 6. Βλάβη SLC. [Πηγή: http://www.geovar.com/landsat_slc.htm].

2.1.7.4 Landsat 8 OLI/TIRS. Landsat Data Continuity Mission (LDCM)

Επειδή ο Landsat 5 έχει τεθεί εκτός λειτουργίας από τις αρχές του 2013, αφήνοντας μόνο τον Landsat 7 δορυφόρο σε τροχιά του προγράμματος Landsat, η NASA, σε συνεργασία με το Αμερικάνικο Γεωλογικό Ινστιτούτο, σχεδίασε τον δορυφόρο LDCM (Landsat Data Continuity Mission). Ο LDCM εκτοξεύτηκε στις 11 Φεβρουαρίου 2013 από την αεροπορική βάση Vandenberg της Καλιφόρνιας με τον μη επανδρωμένο πύραυλο Atlas 5 και αποτελεί τον όγδοο δορυφόρο της αμερικανικής αποστολής Landsat, μετά δε την εκτόξευση του μετονομάστηκε σε Landsat 8. Η διαστημική πλατφόρμα του Landsat 8 κατασκευάστηκε από την Orbital Sciences Corporation και έχει διάρκεια ζωής 5 χρόνια, ωστόσο τα καύσιμά του επαρκούν για 10ετή λειτουργία.

Κινείται και αυτός σε κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη σε ύψος περίπου 705 km, όπως ο Landsat - 4, -5 και -7 και η μετακίνηση του ίχνους της τροχιάς επί του εδάφους γίνεται από βορρά προς νότο για μια ημέρα, διασταυρώνοντας τον Ισημερινό στις 10.00 π.μ, τοπική

ηλιακή ώρα, σε κάθε διέλευση. Η κάθε τροχιά διαρκεί 99 λεπτά περίπου και ο κύκλος επαναληψιμότητας είναι 16 μέρες. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στα επιστημονικά δεδομένα του Landsat 8 να αναφέρονται στο ίδιο σύστημα αναφοράς, με τα ήδη καταγεγραμμένα δεδομένα.

Ο Landsat 8 αποτελείται από το παρατηρητήριο και τον επίγειο σταθμό. Το παρατηρητήριο αποτελείται από τη διαστημική πλατφόρμα στην οποία είναι τοποθετημένοι δύο δέκτες, ο Operational Land Imager (OLI), και ο Thermal Infrared Sensor (TIRS). Ο OLI και ο TIRS συλλέγουν δεδομένα από κοινού, προκειμένου να παρέχουν εικόνες της επιφάνειας της γης, παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων των παράκτιων περιοχών, των πολικών πάγων, των νησιών και των ηπειρωτικών περιοχών. Οι δορυφορικές εικόνες του Landsat 8 είναι μεγάλου μεγέθους αρχεία, περίπου 1 GB σε συμπίεση.

Τα δεδομένα που συλλέγονται από τον OLI και TIRS αποθηκεύονται στην διαστημική πλατφόρμα και στη συνέχεια μεταφέρονται στο επίγειο σταθμό λήψης, για τον σχεδιασμό και προγραμματισμό των απαραίτητων εργασιών και την διαχείριση και διανομή των επιστημονικών δεδομένων.

Ο Landsat 8 σχεδιάστηκε κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των δορυφορικών εικόνων του με αυτές των προηγούμενων δορυφόρων Landsat, γι αυτό μετράει σχεδόν στις ίδιες φασματικές ζώνες όπως οι προηγούμενοι δορυφόροι Landsat. Οι δύο επιστημονικοί δέκτες που περιλαμβάνονται στον Landsat 8, ο OLI και TIRS είναι προηγμένης τεχνολογίας και απόδοσης. Παρέχουν εικόνες στο ορατό, εγγύς υπέρυθρο, μέσο υπέρυθρο και θερμικό υπέρυθρο με ανάλυση 15m -100m, ανάλογα με την φασματική συχνότητα στην οποία βρίσκονται. Επιπλέον ο OLI έχει δύο νέα φασματικά κανάλια, ένα πριν το μπλε (Band 1), για τη παρατήρηση της παράκτιας ζώνης και ένα υπέρυθρο (Band 9), για την ανίχνευση των θυσάνων. Το νέο φασματικό κανάλι (Band 1) θα επιτρέπει στους επιστήμονες να μετρούν τις συγκεντρώσεις χλωροφύλλης στις παράκτιες περιοχές, γεγονός χρήσιμο για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη ποιότητα του νερού, ενώ με το δεύτερο φασματικό κανάλι (Band 9) θα μπορούμε να ανιχνεύσουμε τα λεπτά σύννεφα σε μεγάλα ύψη. Αυτά τα λεπτά σύννεφα σε μεγάλα ύψη ήταν δύσκολο να ανιχνευτούν σε δορυφορικές εικόνες των προηγούμενων Landsat και σε συνδυασμό με τις σκιές που προκαλούσαν, επηρέαζαν τις μετρήσεις. Ο TIRS έχει δύο θερμικά κανάλια για την μέτρηση της γήινης θερμικής ενέργειας με αποτέλεσμα, να παρέχει καλύτερες εκτιμήσεις της γήινης θερμοκρασίας, συγκριτικά με το ένα ενιαίο θερμικό κανάλι του Landsat 7. Συνολικά ο Landsat 8 για την συλλογή πληροφοριών έχει 11 κανάλια (πίνακας 4).

Πίνακας 3. Φασματικά κανάλια Landsat 8 με τα αντίστοιχα μήκη κύματος και τη χωρική ανάλυση.

Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 - Coastal aerosol	0.43-0.45	30
Band 2 - Blue	0.45-0.51	30
Band 3 - Green	0.53-0.59	30
Band 4 - Red	0.64-0.67	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85-0.88	30
Band 6 - SWIR 1	1.57-1.65	30
Band 7 - SWIR 2	2.11-2.29	30
Band 8 - Panchromatic	0.50-0.68	15
Band 9 - Cirrus	1.36-1.38	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60-11.19	100
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50-12.51	100

Όπως και ο OLI, το ίδιο και ο TIRS φέρουν σαρωτές επιμήκους σάρωσης (“pushbroom”), όπου κάθε σκηνή καλύπτει μια επιφάνεια 185 km με χωρική ανάλυση 100 m. Ο Landsat 8

επιστρέφει 400 σκηνές την ημέρα (150 σκηνές παραπάνω από τον Landsat 7) στο αρχείο δεδομένων της USGS, αυξάνοντας έτσι τη πιθανότητα λήψης σκηνών της γης απαλλαγμένων από σύννεφα.

Τέλος ο Landsat 8 έχει σαφώς καλύτερη ραδιομετρική διακριτική ικανότητα (μεγαλύτερη ευαισθησία) συγκριτικά με τους Landsat -4,-5 και -7. Οι δέκτες του δορυφόρου Landsat 8 καταγράφουν πληροφορίες στα 12 bit (εύρος τιμών από 0 έως 4096) σε αντίθεση με τους δέκτες TM, ETM και ETM+ των Landsat -4,-5 και -7 αντίστοιχα, των οποίων η ραδιομετρική ανάλυση είναι 8 bits (εύρος τιμών από 0 έως 256). Η υψηλή ραδιομετρική διακριτική ικανότητα αυξάνει τις πιθανότητες μεγαλύτερης ακριβείας στην τηλεπισκοπική παρατήρηση φαινομένων.

2.1.8 Ο Δορυφόρος Sentinel-1

Ο δορυφόρος Sentinel-1 εκτοξεύθηκε στις 3 Απριλίου 2014 και μαζί με άλλους πέντε που θα τεθούν σε τροχιά τα επόμενα χρόνια, στο πλαίσιο του προγράμματος «Κοπέρνικος» που χρηματοδοτεί η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος, θα καταγράφουν ευρείας έκτασης περιβαλλοντικά φαινόμενα και θα παρέχουν δεδομένα που να μπορούν να αξιοποιούν οι Υπηρεσίες Πολιτικής Προστασίας των ευρωπαϊκών χωρών. Πιο συγκεκριμένα θα μπορούμε να ελέγχουμε την έκταση και το πάχος του πάγου στην αρκτική, να παρακολουθούμε το θαλάσσιο περιβάλλον συμπεριλαμβανομένου και του μεγέθους των πετρελαιοκηλίδων, την εξέλιξη πλημμυρών, σεισμών, κατολισθήσεων, και εκρήξεις ηφαιστειών . Θα μπορούμε επίσης να χαρτογραφήσουμε τα δάση, τα νερά και το αστικό περιβάλλον και να αξιοποιήσουμε τα δεδομένα αυτά στην δασοκομία, γεωργία, γεωλογία, πολεοδομία κ.α.



Εικόνα 7. Ο Δορυφόρος Sentinel-1

Ο δορυφόρος Sentinel είχε βάρος 2,3 τόνους κατά την έναρξη της λειτουργίας του, είναι τριών αξόνων με τρεις ράβδους ροπής ως ενεργοποιητές που παρέχουν τη δυνατότητα διεύθυνσης σε κάθε άξονα και διαθέτει γυροσκόπιο και αισθητήρες μαγνητικού πεδίου.

Ακόμη μπορεί να παράγει ισχύ 5. 900 W (στο τέλος της ζωής του). Είναι ηλιοσύγχρονος και χρειάζεται περίπου 100 λεπτά για να κάνει μία περιφορά της γης από το βόρειο προς το νότιο πόλο και σαρώνει την επιφάνεια της γης σε 12 ημέρες, εκτελώντας 175 τροχιές. Αν χρησιμοποιηθεί και ο Sentinel-1B ο κύκλος επανάληψης είναι 6 ημέρες. Δεδομένα έχουμε ανά δύο ημέρες περίπου.

Η λειτουργία του στηρίζεται στη χρήση Radar που αποστέλλει σήμα προς το έδαφος. Τα ενεργητικά συστήματα Radar ενεργοποιούνται στο μικροκυματικό τμήμα του φάσματος και διακρίνονται σε αυτά που παράγουν εικόνες και σε εκείνα που δεν παράγουν εικόνες. Επίσης, σε εκείνα που τοποθετούνται σε αεροσκάφος ή δορυφόρο και σε κείνα που βρίσκονται στο έδαφος. Μια ειδική κατηγορία Radar είναι τα συστήματα SAR Ραντάρ Συνθετικού Ανοίγματος (Synthetic Aperture Radar) που οι απεικονίσεις τους, λόγω της δυνατότητας τους να εισχωρούν μέσα από τα φυλλώματα κορυφής δένδρων σε δασικές εκτάσεις ή δενδρώδεις καλλιέργειες (Hess et al 1990, Hess and Melock 1994), μας επιτρέπουν να χαρτογραφήσουμε καλύτερα την πλημμυρισμένη έκταση. Επίσης η συγκεκριμένη δορυφορική τεχνολογία πλεονεκτεί στο ότι έχει την δυνατότητα απρόσκοπτης λειτουργίας και την ημέρα και την νύχτα και ανεξάρτητα των καιρικών συνθηκών (μερική ή ολική νεφοκάλυψη). Ανά 12 ημέρες μπορούμε να ελέγξουμε ξανά την πλημμυρισμένη περιοχή, οι εικόνες είναι εύκολες και κατανοητές και μπορούμε με την κατάλληλη επεξεργασία και ανάλυση να έχουμε ακριβή εικόνα της έκτασης της καταστροφής. Ακόμη, τα δεδομένα της συγκεκριμένης δορυφορικής τεχνολογίας μπορούμε να τα προμηθευτούμε δωρεάν (Παρχαρίδης, 07/04/2015 Νέα). Γι αυτό η συγκεκριμένη τεχνολογία ενδείκνυται για την καταγραφή και παρακολούθησης της εξέλιξης των πλημμυρών. Επίσης για πληροφορίες που έχουν σχέση με τους ωκεανούς και την Αρκτική ο Sentinel θα αποτελέσει την κύρια πηγή δεδομένων.

Η μικροκυματική ακτινοβολία διαδίδεται μέσω της ατμόσφαιρας προς τη γήινη επιφάνεια, σκεδάζεται η ανακλάται, και στη συνέχεια ένα μέρος της επιστρέφει προς την κεραία του δορυφόρου, ενώ το υπόλοιπο χάνεται προς διαφορετική κατεύθυνση.

Όταν αυτό το σήμα προσπέσει σε χερσαία επιφάνεια που έχει καλυφθεί από νερό, τότε δεν επιστρέφει πίσω στο δορυφόρο αλλά διαθλάται. Η αποστολή του σήματος και η επιστροφή του ή μη στο δορυφόρο, βοηθά τον Sentinel να «καταλάβει», κατά τη διάρκεια διαδοχικών περιφορών του πάνω από τον ίδιο χώρο, τις αλλαγές που έχει υποστεί.

Ο Sentinel -1 με ραντάρ (SAR) λειτουργεί με 4 τρόπους :

α) **Λειτουργία Stripmap (SM)**: Μια τυπική λειτουργία απεικόνισης είναι η «stripmap» όπου η λωρίδα εδάφους φωτίζεται με μια συνεχή αλληλουχία παλμών. Καλύπτει περιοχή 80 Km και έχει διακριτική ικανότητα 5×5 m

β) **Λειτουργία Συμβολομετρίας Μεγάλης Λωρίδας (Interferometric Wide Swath Mode – IW)**: Αυτή η λειτουργία απεικονίζει 3 υπολωρίδες με διαδοχικές τεχνικές σάρωσης (TOPSAR). Η IW αποτελεί την κύρια επιχειρησιακή λειτουργία Sentinel-1 στην ξηρά. Συνδυάζει ένα μεγάλο πλάτος σάρωσης (250 Km) με μέτρια διακριτική ικανότητα (5 μ έως 20 μ)

γ) **Λειτουργία Εξαιρετικά Μεγάλης Λωρίδας (Extra Wide Swath Mode – EW)**: Αυτή η λειτουργία απεικονίζει 5 υπολωρίδες χρησιμοποιώντας την τεχνική σάρωσης TOPSAR, κατ' αντίστοιχο τρόπο με εκείνον της IW. Η EW παρέχει πολύ μεγάλη λωρίδα κάλυψης (400 Km) σε βάρος της χωρικής ανάλυσης (20 m με 40m). Είναι κατάλληλη για την παρακολούθηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και της αρκτικής που θέλουμε μεγάλες περιοχές κάλυψης και γρήγορο επανέλεγχο της περιοχής.

δ) **Λειτουργία Κύματος (Wave Mode – WM)** – Η κυματοειδής λειτουργία, καλύπτει λωρίδες 20×20 Km με διακριτική ικανότητα 5×5 m. Η WV είναι κατάλληλη τεχνική για να προσδιορίσουμε την κατεύθυνση, το μήκος κύματος και το ύψος των κυμάτων στον ανοιχτό ωκεανό.

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά Sentinel-1 για τις 4 λειτουργίες του (Stripmap, IW, EW, Wave)

Stripmap	20 - 45	5 x 5 m	80 km	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Interferometric Wide swath	29 - 46	5 x 20 m	250 km	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Extra Wide swath	19 - 47	20 x 40 m	400 km	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Wave	22 - 35 35 - 38	5 x 5 m	20 x 20 km	HH, VV

2.1.9 Πρόγραμμα SPOT- Δορυφόροι IRS

Όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, στην εκτίμηση ζημιάς από ξηρασία στα σιτηρά από τον ΕΛ.Γ.Α με τη χρήση τηλεπισκόπησης και GIS, χρησιμοποιήσαμε πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες από τον δορυφόρο Spot-2 και πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες από τον δορυφόρο IRS-1C. Επίσης η καταγραφή πλημμύρας στον Έβρο το 1998 έγινε με δορυφορική εικόνα Spot-2. Παρακάτω κάνουμε μια σύντομη περιγραφή των δορυφόρων SPOT και IRS, που έχουν πολλές εφαρμογές στην γεωργία και στην εκτίμηση ζημιών από φυσικά αίτια.

2.1.9.1 Πρόγραμμα SPOT

Το Πρόγραμμα SPOT ξεκίνησε από την γαλλική κυβέρνηση το 1977 με τη συνεργασία της Σουηδίας και του Βελγίου. Ο πρώτος δορυφόρος της σειράς, ο SPOT-1, τέθηκε σε τροχιά στις 22 Φεβρουαρίου 1986. Η τροχιά που εκτελούσε ήταν κυκλική, ηλιοσύγχρονη με κλίση 98.7° ως προς το ισημερινό επίπεδο και σε ύψος 822km από την επιφάνεια της γης. Από τότε μέχρι σήμερα, έχουν εκτοξευθεί άλλοι πέντε δορυφόροι, οι SPOT-2 (Ιανουάριος 1990), SPOT-3 (Σεπτέμβριος 1993), SPOT-4 (Μάρτιος 1998), SPOT-5 (Μάιος 2002) και SPOT-6 (9/9/2012). Οι δορυφορικές εικόνες SPOT έχουν πολλές εφαρμογές στην υδρολογία, στην γεωλογία, στην καταγραφή χρήσεων /καλύψεων γης, την χαρτογράφηση και παρακολούθηση των δασών και γενικότερα της χλωρίδας του πλανήτη. Ειδικότερη είναι η εφαρμογή που βρίσκει στην γεωπονία, αφού χρησιμεύει στον προγραμματισμό των καλλιεργειών, την παρακολούθησή τους και την προστασία τους από πιθανές καταστροφές. Οι δορυφόροι SPOT πλεονεκτούν σε σχέση με τους LANDSAT, καθώς οι δέκτες τους έχουν υψηλότερη χωρική διακριτική ικανότητα (10m στους SPOT 1,2,3,4 και 5m στον SPOT 5). Ο SPOT-6 έχει χωρική διακριτική ικανότητα 1,5m στον παγχρωματικό και 6m στον πολυφασματικό δέκτη. Η ικανότητα αυτών να παράγουν απεικονίσεις υπό γωνία λήψης μέχρι 27°, μειώνει την περίοδο επαναφοράς του από τις 26 ημέρες για κάθετη λήψη στις 4 περίπου ημέρες για πλάγιες λήψεις.

Οι SPOT 4 και 5 διαθέτουν ένα επιπλέον μικροκυματικό υπέρυθρο κανάλι (Shortwave Infrared, 1.58-1.75 μm) διακριτικής ικανότητας 20m, το οποίο είναι κατάλληλο για την καταγραφή της υγρασίας στο έδαφος και τα φύλλα, αλλά και το διαχωρισμό της βλάστησης. Επιπλέον, οι δορυφόροι SPOT 4 και 5 διαθέτουν ένα νέο όργανο-σύστημα το Vegetation, το οποίο έχει χωρική διακριτική ικανότητα 1km και υψηλή ραδιομετρική ικανότητα. Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε για την καλύτερη παρακολούθηση και μελέτη της βλάστησης. Επιπλέον, έχει τη δυνατότητα κάλυψης ολόκληρης της γης σε μία ημέρα.

2.1.9.2 Δορυφόροι IRS

Μετά τις δύο δοκιμαστικές αποστολές Bhaskara 1 και 2, το 1979 και 1981 αντίστοιχα, η Ινδία από το 1988 έστειλε μία σειρά από δορυφόρους για την παρακολούθηση της γης, των

ωκεανών για τη στήριξη της εθνικής οικονομίας (γεωργία, αλιεία, δασοκομία, γεωλογία κ.α) καθώς και για αστρονομικές παρατηρήσεις.

Τα δεδομένα από τους δορυφόρους IRS έχουν διατεθεί σε διάφορες χώρες. Το πρόγραμμα IRS είναι σήμερα το μεγαλύτερο δορυφορικό πρόγραμμα, για μη στρατιωτική χρήση, με 12 δορυφόρους σε λειτουργία. Με την έλευση των δορυφόρων υψηλής ευκρίνειας το πρόγραμμα IRS έχει βρει νέες εφαρμογές στους τομείς της επέκτασης των πόλεων, το σχεδιασμό των υποδομών κ.α.

Μέχρι πριν από λίγο καιρό οι IRS-1C/D ήταν, ανάμεσα στους εμπορικούς δορυφόρους, εκείνοι με την μεγαλύτερη χωρική διακριτική ικανότητα (5,8 m). Η περιορισμένη ωστόσο ραδιομετρική τους διακριτική ικανότητα (6bit ή 64 τόνοι του γκρι) δίνει χαμηλότερης ποιότητας εικόνες από τις αντίστοιχες του δορυφόρου SPOT. Παρά το γεγονός αυτό, οι απεικονίσεις των IRS-1C/D είναι πάρα πολύ χρήσιμες σε εφαρμογές όπου η μεγάλη χωρική διακριτική ικανότητα είναι κριτικής σημασίας.

2.1.10 Τηλεπισκόπηση και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

Το ΓΣΠ (GIS) είναι ένα υπολογιστικό σύστημα αποτελεσματικής συλλογής, ανάκτησης, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απεικόνισης πληροφοριών με γεωγραφική διάσταση. Αποτελείται από hardware (υπολογιστών και περιφερειακών συσκευών, όπως σαρωτή και εκτυπωτή), το λογισμικό (software), τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στον υπολογιστή και το προσωπικό ή τους χρήστες που θα χρησιμοποιήσουν το λογισμικό για την ανάλυση των δεδομένων και την μετατροπή τους σε πληροφορία. Με το ΓΣΠ επομένως, τα γεωγραφικά στοιχεία μέσω μιας διαδικασίας ανάλυσης, μετατρέπονται σε γεωγραφική πληροφορία, ώστε να δοθούν λύσεις σε προβλήματα χωρικού σχεδιασμού. (Κουτσόπουλος 1990).

Η διαδικασία αρχίζει με την εισαγωγή δεδομένων. Αυτά τα δεδομένα βρίσκονται σε μορφή που είναι αναγνώσιμη από έναν Η/Υ, δηλαδή είναι ψηφιακά δεδομένα. Και μπορεί να είναι σαρωμένοι χάρτες, τηλεπισκοπικά δεδομένα, ψηφιακά μοντέλα εδάφους ή και χωρικά δεδομένα-οντότητες για εμφανίσεις στον χώρο (ποτάμια, δάση, δρόμοι, οικοδομικά τετράγωνα κ.α). Ο χώρος τον οποίο αντιπροσωπεύουν τα δεδομένα μπορεί να είναι ένα σημείο, μια γραμμή ή μια περιοχή (πολύγωνο). Τα δεδομένα σε ένα επίπεδο GIS μπορεί να παρουσιάζονται σε μία από τις δύο μορφές: διανυσματικά (vector) ή σε ψηφιδωτά (raster). Στο επόμενο στάδιο έχουμε την δημιουργία βάσης δεδομένων ή πληροφοριακής βάσης. Τα δεδομένα οργανώνονται σε θεματικά επίπεδα. Για παράδειγμα, ένα επίπεδο "ποσότητας παραγωγής καλλιεργειών" θα μπορούσε να είναι το επίπεδο, όπου κάποιες περιοχές (πολύγωνα) ορίζονται και αντιπροσωπεύουν τα χωράφια και έχουν μια τιμή που σχετίζεται με το κάθε χωράφι και αντιπροσωπεύει την παραγωγή του χωραφιού, σε μια ορισμένη χρονιά.

Ακολουθεί το επόμενο στάδιο της ανάλυσης χωρικών προτύπων και χωρικών σχέσεων των γεωγραφικών στοιχείων που σύμφωνα με τον Bailey (1994) αποτελεί την κεντρική λειτουργία των G.I.S. Η ανάλυση γίνεται τόσο επί των δεδομένων σε διανυσματική μορφή, όσο και επί των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή. Μετά την φάση της ανάλυσης τα γεωγραφικά δεδομένα μετατρέπονται σε γεωγραφική πληροφορία και μας δίνεται έτσι η δυνατότητα να απαντήσουμε σε ερωτήματα που έχουν σχέση με τον χωρικό σχεδιασμό. Η παραγόμενη πληροφορία, η οποία προκύπτει μετά την χωρική ανάλυση, αποδίδεται χαρτογραφικά στην φάση της εξόδου (χαρτογραφική απόδοση). Η ύπαρξη των τελικών χαρτών είναι πολύ σημαντική στην όλη λειτουργία, καθώς σύμφωνα με τους Wooldridge and East (1952) ότι δεν μπορεί να χαρτογραφηθεί στην γεωγραφία δεν μπορεί να περιγραφεί και να αναλυθεί.

Είτε δεχθούμε την θεωρία ότι τα Γ.Σ.Π εισέρχονται στην τηλεπισκοπική διαδικασία στο τελικό στάδιο της, είτε δεχθούμε την θεωρία ότι τα τηλεπισκοπικά δεδομένα αποτελούν πρωτεύουσα πηγή δεδομένων για ένα Γ.Σ.Π, μαζί με τα υπόλοιπα χωρικά δεδομένα με τα οποία μπορούν να συσχετισθούν για την εξαγωγή πληροφοριών, το συμπέρασμα στο οποίο

καταλήγουμε είναι ότι η επιστήμη της τηλεπισκόπησης είναι άμεσα συσχετιζόμενη με τα ΓΣΠ και ότι η περαιτέρω εξέλιξη των ΓΣΠ και της τηλεπισκόπησης μας προσφέρει τη δυνατότητα ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων (Καρτέρης, 2004).

2.2 Εφαρμογές της τηλεπισκόπησης στη βλάστηση.

Η βλάστηση αποτελεί μία από τις σημαντικότερες συνιστώσες των οικοσυστημάτων. Περίπου το 70% του γήινου εδάφους καλύπτεται με βλάστηση. Ο ρόλος της σχετικά με τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του πλανήτη, την απορρόφηση του CO₂ και άλλες σημαντικές λειτουργίες, την κάνουν ένα πολύ σημαντικό και ενδιαφέρον είδος που καλύπτει την επιφάνεια της γης. Η τηλεπισκόπηση ερευνά τον τρόπο με τον οποίο η βλάστηση ανακλά την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια και με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες σχετικά με τη βλάστηση, αλλά και σημαντικές πληροφορίες για τα κλιματολογικά, εδαφικά, γεωλογικά και φυσιογραφικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής (Jones et al.1998). Για τον σκοπό αυτό οι επιστήμονες έχουν δημιουργήσει αισθητήρες, καθώς επίσης οπτικούς και ψηφιακούς αλγόριθμους επεξεργασίας εικόνων, με σκοπό να εξάγουν σημαντικές βιοφυσικές πληροφορίες της βλάστησης, από τηλεπισκοπικά δεδομένα (π.χ. Frohn, 1998, Huete and Justice, 1999)

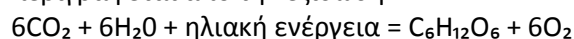
Πολλές από τις τεχνικές της τηλεπισκόπησης είναι γενικές και μπορούν να εφαρμοστούν για διάφορες καλύψεις γης από φυσική βλάστηση ή καλλιέργειες, όπως για:

- Γεωργικές εκτάσεις
- Δάση
- Βοσκότοπους
- Υγροβιότοπους
- Αστική βλάστηση

2.1.11 Οι βασικές αρχές της φωτοσύνθεσης

Η φωτοσύνθεση αποτελεί την θεμελιώδη διεργασία που διατηρεί την ζωή στη γη. Αν η φωτοσύνθεση σταματούσε θα είχαμε την εξαφάνιση των περισσότερων οργανισμών, την εξάντληση του O₂ στην ατμόσφαιρα, την δραματική μείωση των διαθέσιμων πηγών διατροφής και των άλλων οργανικών ουσιών της γης. Επίσης τα ορυκτά καύσιμα (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) σχηματίστηκαν εξαιτίας της φωτοσύνθεσης σε προηγούμενες γεωλογικές περιόδους, όπου ο κύκλος του άνθρακα ήταν ατελής και η φωτοσύνθεση υπερτερούσε της αναπνοής στη βιόσφαιρα με αποτέλεσμα το CO₂ στην ατμόσφαιρα να μειώνεται, το O₂ να αυξάνεται και ο άνθρακας να αποθηκεύεται στο έδαφος και στα ιζήματα.

Η φωτοσύνθεση είναι μια διαδικασία αποθήκευσης ενέργειας που πραγματοποιείται, στα φύλλα και σε άλλα πράσινα μέρη των φυτών, μόνο με την παρουσία φωτός. Κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, η ενέργεια από τον ήλιο συλλαμβάνεται και αποθηκεύεται με την βοήθεια της χλωροφύλλης σε απλά μόρια ζάχαρης, των οποίων ο μοριακός τύπος αποτελείται από νερό και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Το οξυγόνο (O₂) ελευθερώνεται και εκπέμπεται ως υποπροϊόν της φωτοσυνθετικής διαδικασίας. Η φωτοσυνθετική διαδικασία περιγράφεται από την εξίσωση :



Η φωτοσύνθεση συμβαίνει μέσα σε ένα τυπικό πράσινο φύλλο σε δύο είδη κυττάρων, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη θρέψη του φύλλου, στα διατεταγμένα μεσοφυλλικά παρεγχυματικά κύτταρα και στα σπογγώδη μεσοφυλλικά παρεγχυματικά κύτταρα.

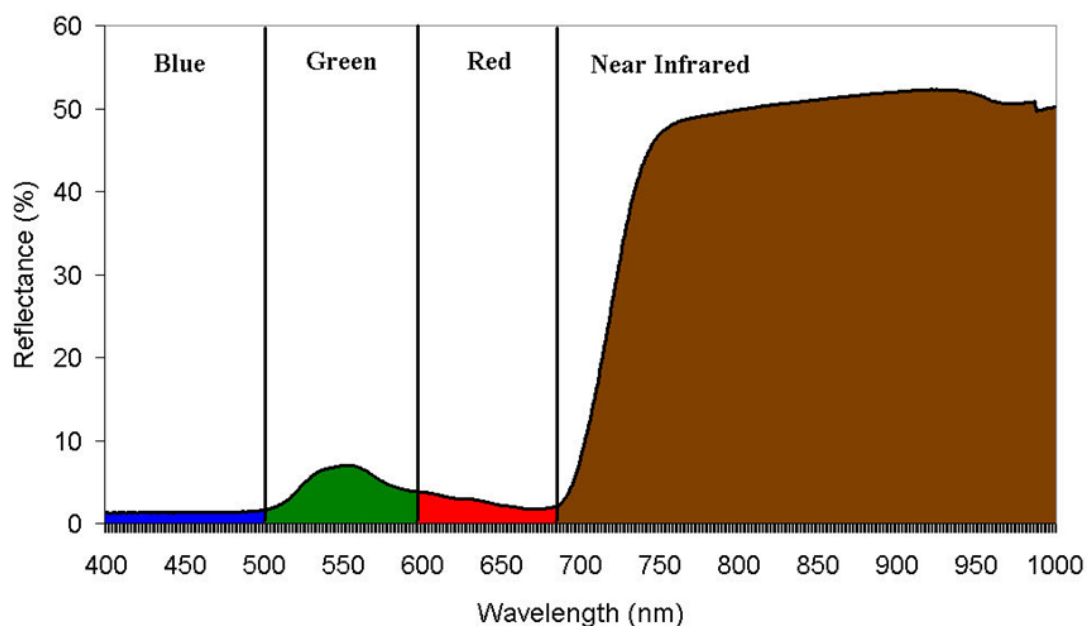
Η κυτταρική δομή του φύλλου είναι μεγάλη σε σχέση με το μήκος κύματος του φωτός που αλληλεπιδρά με αυτό. Τα διατεταγμένα μεσοφυλλικά παρεγχυματικά κύτταρα είναι τυπικά 15x15x60 μm, ενώ τα σπογγώδη μεσοφυλλικά κύτταρα είναι μικρότερα. Τα πρώτα περιέχουν τους χλωροπλάστες με τις χρωστικές ουσίες της χλωροφύλλης, η οποία είναι μια

πρωτεΐνη που είναι υπεύθυνη, για τη συγκέντρωση της ηλιακής ενέργειας και την παροχή ενέργειας για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Η φωτοσυνθετική διαδικασία αρχίζει όταν πέφτει το φως του ήλιου στους χλωροπλάστες. Εκτός από τη χλωροφύλλη, τα διατεταγμένα μεσοφυλλικά παρεγχυματικά κύτταρα περιέχουν και άλλες χρωστικές ουσίες, οι οποίες καλύπτονται συνήθως από την αφθονία των χρωστικών ουσιών της χλωροφύλλης όπως τα καροτενοειδή, τις ανθοκυανίνες και άλλα, τα οποία είναι επίσης υπεύθυνα για την απορρόφηση του φωτός.

Λόγω αυτών των χρωστικών, η περισσότερη από την ορατή ηλεκτρομαγνητική ενέργεια απορροφάται, ειδικά στη μπλε και κόκκινη περιοχή του ορατού φάσματος. Η απορρόφηση στις πράσινες περιοχές είναι λίγο πιο χαμηλή, και αυτός είναι ο λόγος που η βλάστηση φαίνεται πράσινη με το ανθρώπινο μάτι. Έτσι, πολύ λίγη ενέργεια ξεφεύγει από τα διατεταγμένα μεσοφυλλικά παρεγχυματικά κύτταρα και αντανακλάται πίσω προς τον ουρανό. Αντιθέτως, στην κοντινή υπέρυθη περιοχή του φάσματος (NIR), η ενέργεια δεν επηρεάζεται από αυτές τις χρωστικές ουσίες και σχεδόν πλήρως διαπερνά τα διατεταγμένα μεσοφυλλικά παρεγχυματικά κύτταρα. Όταν η ενέργεια φτάνει στα σπογγώδη μεσοφυλλικά παρεγχυματικά κύτταρα η παρουσία των κενών προκαλεί τη διάθλαση της ενέργειας στο κοντινό υπέρυθρο σε διάφορες κατευθύνσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα περίπου το μισό της ενέργειας να περνάει μέσα από το φύλλο και να διαφεύγει από την κάτω επιδερμίδα και προς το έδαφος, ενώ το άλλο μισό ανακλάται και εξέρχεται από την πάνω επιδερμίδα, προς τον ουρανό.

Αυτή η δομή και η αλληλεπίδρασή της με την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ασκούν άμεση επίδραση στον τρόπο με τον οποίο τα φύλλα και οι φυλλικές επιφάνειες εμφανίζονται και καταγράφονται φασματικά από τα όργανα της τηλεπισκόπησης. Τα χαρακτηριστικά απορρόφησης των φυλλικών επιφανειών μπορούν να συνδεθούν, με άλλα τηλεπισκοπικά δεδομένα, για να προσδιορίσουν ασθένειες της βλάστησης, και να παραγάγουν κι άλλες υβριδικές μεταβλητές. Κατά συνέπεια, πολλές μελέτες τηλεπισκόπησης ενδιαφέρονται για την παρακολούθηση της φωτοσυνθετικής ενεργούς ακτινοβολίας (PAR) όπως αυτή αλληλεπιδρά με μεμονωμένα φύλλα ή/και τη φυλλική επιφάνεια αυτών.

2.1.12 Φασματική υπογραφή βλάστησης



Εικόνα 8. Φασματική υπογραφή βλάστησης. Η βλάστηση έχει χαμηλή ανάκλαση στην ορατή περιοχή του φάσματος και υψηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο.

Η βλάστηση έχει χαμηλή ανάκλαση στην ορατή περιοχή του φάσματος και υψηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο. Ο συνδυασμός χαμηλής ορατής ανάκλασης στο ορατό

φάσμα και υψηλής ανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο είναι μοναδική για τα περισσότερα είδη βλάστησης και γι' αυτό είναι γνωστή ως φασματική υπογραφή βλάστησης.

2.1.13 Δείκτες βλάστησης

Από τη δεκαετία του 1960, οι επιστήμονες έχουν εξάγει και μοντελοποιήσει διάφορες βιοφυσικές παραμέτρους της βλάστησης, χρησιμοποιώντας τηλεπισκοπικά δεδομένα. Έτσι δημιουργήθηκαν οι δείκτες βλάστησης οι οποίοι ορίζονται ως αδιάστατες ραδιομετρικές μετρήσεις, οι οποίες λειτουργούν ως δείκτες της σχετικής αφθονίας της πράσινης βλάστησης, συχνά συμπεριλαμβανομένων του φυλλικού δείκτη βλάστησης (LAI), του ποσοστού φυτικής κάλυψης, της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη, της πράσινης βιομάζας και της απορροφημένης για φωτοσύνθεση ακτινοβολίας (APAR). Ένας τέτοιος δείκτης βλάστησης θα πρέπει (Running et al., 1994, Huete and Justice, 1999): α) να είναι ευαίσθητος ως προς τις βιοφυσικές παραμέτρους των φυτών, β) να κανονικοποιεί ή μοντελοποιεί τους εξωγενείς παράγοντες, γ) να κανονικοποιεί τις επιπτώσεις των ενδογενών παραμέτρων στη διαμόρφωση της ψηφιακής τιμής της βλάστησης και δ) συνδυάζεται άμεσα με κάποια συγκεκριμένη μετρήσιμη βιοφυσική παράμετρο όπως βιομάζα, LAI, ή APAR ως μέρος της προσπάθειας για την αξιοπιστία και τον έλεγχο της ποιότητας του δείκτη.

Υπάρχουν πάνω από 20 δείκτες βλάστησης. Πολλοί είναι ισοδύναμοι ως προς το περιεχόμενο των πληροφοριών που μας παρέχουν (Perry και Lautenschlager, 1984), ενώ ορισμένοι προσφέρουν μοναδικές βιοφυσικές πληροφορίες (Qi et al., 1995).

Ο Birth και Mc Vey (1968) δημιούργησαν τον πρώτο δείκτη βλάστησης (SR), που είναι ο λόγος της τιμής στο εγγύς υπέρυθρο (NIR) προς την τιμή στο ερυθρό τμήμα του φάσματος,

$$SR = \frac{NIR}{RED}$$

Ο δείκτης αυτός εφαρμόστηκε με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων από τους δορυφόρους LANDSAT / MSS της NASA.

Ο Rouge και οι λοιποί (1974) ανέπτυξαν αυτό που αποκαλείται σήμερα ως κανονικοποιημένη διαφοράς δείκτης βλάστησης (Normalized Difference Vegetation Index, (NDVI):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Από τον NDVI προέρχεται και ο μετασχηματισμένος δείκτης βλάστησης (TVI). Οι τρεις αυτοί δείκτες ανταποκρίνονται στις αλλαγές στην ποσότητα της πράσινης βιομάζας και της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη.

Ο δείκτης NDVI υιοθετήθηκε ευρέως και εφαρμόστηκε αρχικά με τα ψηφιακά τηλεπισκοπικά δεδομένα Landsat MSS. Ο δείκτης αυτός είναι η αναλογία της διαφοράς της ανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο και στο κόκκινο, που διαιρείται με το άθροισμα αυτών. Λαμβάνει τιμές από -1 (καθόλου βλάστηση) μέχρι +1 (πλούσια βλάστηση). Αργότερα διαπιστώθηκε ότι ο NDVI ήταν συνδεδεμένος με πολλές ιδιότητες των φυτών. Ήταν, και σε πολλές περιπτώσεις εξακολουθεί να είναι χρήσιμος, στον προσδιορισμό της κατάστασης της υγείας των φυτών, στην διαπίστωση φαινολογικών αλλαγών, στην εκτίμηση της πράσινης βιομάζας και της απόδοσης των καλλιεργειών, καθώς και σε άλλες εφαρμογές.

Ωστόσο, ο NDVI έχει ιδιαίτερες αδυναμίες. Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες και τα λεπτά σύννεφα μπορούν να επηρεάσουν τον υπολογισμό του NDVI όταν χρησιμοποιούνται δορυφορικά δεδομένα. Όταν η κάλυψη βλάστησης είναι χαμηλή, ότι είναι κάτω από την κόμη της βλάστησης συμβάλλει στο καταγραφόμενο σήμα ανάκλασης. Αυτό μπορεί να είναι γυμνό έδαφος, κατάλοιπα βλάστησης ή κάποιο άλλο είδος βλάστησης. Καθένα από αυτά έχει ιδιαίτερη και διαφορετική φασματική απόκριση από την βλάστηση που μελετάται.

Γι' αυτό θεωρήθηκε απαραίτητο να δημιουργηθούν και άλλοι δείκτες που να αντιπροσωπεύουν το έδαφος και άλλες παραμέτρους. Έτσι δημιουργήθηκαν και άλλοι δείκτες βλάστησης όπως: ο μετασχηματισμός Tasseled Cap, ο υπέρυθρος δείκτης II ο

κάθετος δείκτης (PVI), που αντιπροσωπεύει το έδαφος και ο δείκτης περιεκτικότητας σε νερό των φύλλων (LWCI).

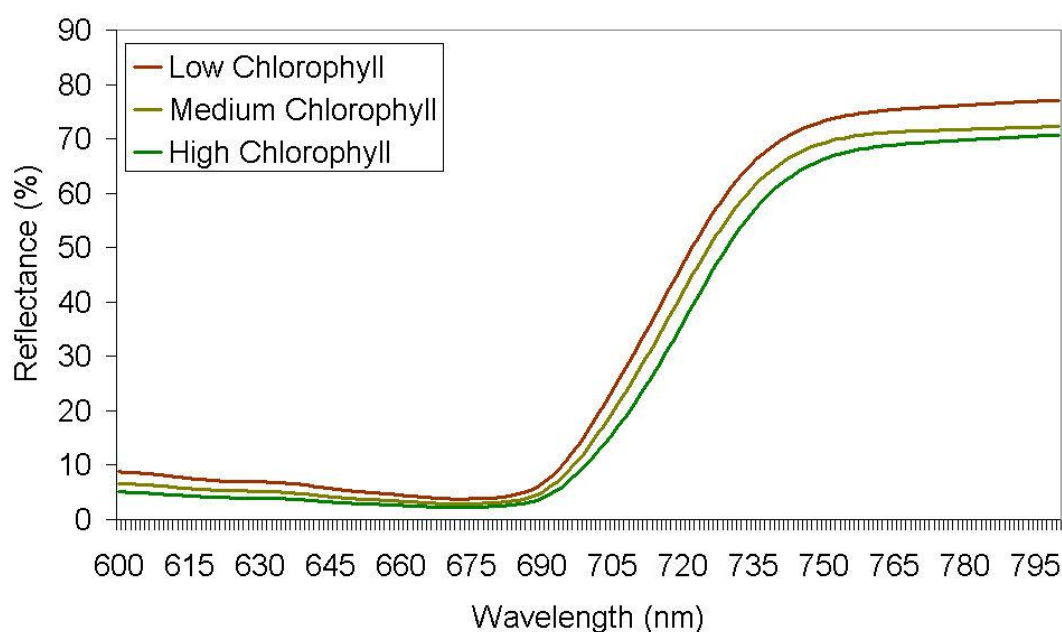
Το βασικό μειονέκτημα του PVI είναι ότι αναγνωρίζει μόνο έναν τύπο εδάφους κάτω από την βλάστηση. Αυτό δεν συμβαίνει ειδικά στις μεγάλες περιοχές που έχουμε πολλούς διαφορετικούς τύπους εδαφών και πολλές φορές έχουμε χώμα και πέτρες μαζί. Γι αυτό ο Huette το 1988 πρότεινε τον εδαφικά προσαρμοσμένο δείκτη βλάστησης (SAVI) που είναι ένα υβρίδιο μεταξύ του NDVI και του PVI με τύπο $[SAVI = ((NIR-RED)/(NIR+RED+L)) \times (1+L)]$. Το L είναι ένας συντελεστής διόρθωσης που εξαρτάται από το ποσοστό κάλυψης της βλάστησης. Όταν έχουμε πλήρη κάλυψη από την βλάστηση παίρνει την τιμή 0, όταν έχουμε πολύ χαμηλή κάλυψη από την βλάστηση παίρνει την τιμή 1 και όταν η κάλυψη από την βλάστηση είναι άγνωστη, ο Huette πρότεινε, ο L να πάρει την τιμή 0,5.

Παρόμοιοι δείκτες είναι ο TSAVI και ο MSAVI που έχουν την ίδια λογική αλλά ακολουθούνται σε ιδιαίτερες περιπτώσεις για τη βελτίωση της προσαρμογής του εδάφους και την αύξηση των δυνατοτήτων του SAVI.

Επιπλέον, ειδικοί δείκτες βλάστησης έχουν προταθεί κατά το παρελθόν, με δεδομένα υψηλής φασματικής διακριτικής ικανότητας (στενές περιοχές του φάσματος), εξετάζοντας ειδικότερα τη χλωροφύλλη και την ευρωστία στα φυτά. Αυτοί περιλαμβάνουν τον δείκτη φωτοχημικής ανάκλασης (PRI) και τον αναλογικό δείκτη κανονικοποιημένων χρωστικών χλωροφύλλης (NPCl, Penuelas et. al., 1994), καθώς και τον δείκτη περιεχόμενης χλωροφύλλης στον θόλο (CCCI, Barnes et. al., 2000).

2.1.14 Προσδιορισμός Θέσης Κόκκινου Ορίου (Red Edge Position Determination)

Στην κόκκινη περιοχή του ορατού φάσματος η χαμηλή ανάκλαση της βλάστησης ακολουθείται αμέσως από μια απότομη αύξηση της ανακλαστικότητας της βλάστησης, στο εγγύς υπέρυθρο. Η απότομη αλλαγή στην περιοχή 680-800 nm των φασμάτων ανακλαστικότητας των φύλλων που προκαλείται από τις συνδυασμένες επιδράσεις της ισχυρής απορρόφησης χλωροφύλλης και της εσωτερικής σκέδασης των φύλλων αποκαλείται κόκκινο όριο του φάσματος. Η θέση του κόκκινου ορίου (REP, Red Edge Position) είναι το σημείο της μέγιστης κλίσης, σε ένα φάσμα ανακλαστικότητας της βλάστησης, ανάμεσα στο κόκκινο και το εγγύς υπέρυθρο μήκος κύματος.



Εικόνα 9. Μετακίνηση της κόκκινης ακμής, λόγω της αλλαγής στην συγκέντρωση χλωροφύλλης. Η υψηλή χλωροφύλλη αυξάνει την απορρόφηση στην κόκκινη περιοχή και ωθεί την κόκκινη ακμή προς τα μεγαλύτερα μήκη κύματος.

Το κόκκινο όριο περιέγραψε πρώτος ο Collins (1978), και ίσως είναι το πιο μελετημένο χαρακτηριστικό στη φασματική καμπύλη της βλάστησης σύμφωνα με τους Schlerf και Atzberger (2001). Το REP είναι χρήσιμο διότι παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση με την περιεκτικότητα του φυλλώματος σε χλωροφύλλη και μπορεί να αποτελέσει έναν ευαίσθητο δείκτη της καταπόνησης της βλάστησης. Ο προσδιορισμός της θέσης του κόκκινου ορίου με δεδομένα τηλεπισκόπησης απαιτεί συνήθως τη συλλογή υπερφασματικών δεδομένων.

Στην παραπάνω εικόνα 9, παρατηρούμε την ανάκλαση από τρία φυτά του ίδιου είδους. Η διαφορά μεταξύ των τριών είναι η συγκέντρωση χλωροφύλλης. Οι κόκκινες, κίτρινες και πράσινες γραμμές είναι από φυτά με χαμηλή, μέση και υψηλή συγκέντρωση χλωροφύλλης, αντίστοιχα. Καθώς η συγκέντρωση χλωροφύλλης αυξάνεται, η απορρόφηση στην κόκκινη περιοχή επίσης αυξάνεται, με αποτέλεσμα να υπάρχει χαμηλότερη ανάκλαση. Επιπλέον, η περιοχή μέγιστης απορρόφησης αυξάνεται σε πλάτος. Αυτό προκαλεί την κόκκινη ακμή να κινηθεί προς τα μεγαλύτερα μήκη κύματος (προς το κοντινό υπέρυθρο) και η κλίση της να μειωθεί (λιγότερο κατακόρυφη).

2.2 Εφαρμογές χαρτογράφησης γεωργικών εκτάσεων

Οι εφαρμογές της τηλεπισκόπησης στη χαρτογράφηση γεωργικών εκτάσεων είναι πολλές και ποικίλες. Με την τηλεπισκόπηση μπορούμε να αναγνωρίσουμε και να καταγράψουμε τις γεωργικές εκτάσεις, να εκτιμήσουμε τις συνθήκες των καλλιεργειών, να εκτιμήσουμε την παραγωγή των καλλιεργειών και να κάνουμε εκτίμηση ζημιάς από φυσικές καταστροφές (πλημμύρα, παγετός, χαλάζι, ανεμοθύελλα, ξηρασία, πυρκαγιά). Για την εκτίμηση ζημιάς από φυσικές καταστροφές και την εκτίμηση παραγωγής θα αναφερθούμε στο επόμενο κεφάλαιο μιας και αποτελούν βασικά στοιχεία της εκτιμητικής διαδικασίας από τον ΕΛ.Γ.Α.

2.2.1 Αναγνώριση καλλιεργειών

Η αναγνώριση των καλλιεργειών στηρίζεται στην υπόθεση ότι συγκεκριμένα είδη βλάστησης μπορούν να αναγνωριστούν από τα πρότυπα της φασματικής απόκρισης και από την φωτογραφική υφή τους. Παρόλο που η βλάστηση είναι πράσινη σε γενικές γραμμές, οι διάφορες καλλιέργειες έχουν διαφορετικές "αποχρώσεις" του πράσινου. Επίσης η ίδια καλλιέργεια φαίνεται διαφορετική στα διάφορα στάδια ανάπτυξης καθώς τα φυτά μεγαλώνουν, ωριμάζουν και μαραίνονται, άρα για να αναγνωριστεί μία συγκεκριμένη καλλιέργεια, θα πρέπει να γνωρίζουμε τα στάδια του κύκλου ανάπτυξής του φυτού (βλαστικό στάδιο, στάδιο ανάπτυξης, αναπαραγωγικό στάδιο, γηρασμός). Ορισμένες καλλιέργειες διαρκούν για ένα ή δύο μήνες, ενώ άλλες χρειάζονται περισσότερο από έξι μήνες για να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους. Επιπλέον πρέπει να γνωρίζουμε εκ των προτέρων, τον τρόπο με τον οποίο οι καλλιέργειες ανακλούν την ενέργεια στο κοντινό υπέρυθρο, σε καθένα από τα διάφορα στάδια ανάπτυξης. Καλλιέργειες που φαίνονται παρόμοιες σε κάποια χρονική στιγμή, θα εμφανιστούν διαφορετικές σε κάποια άλλη. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε για την αναγνώριση των διαφόρων καλλιεργειών. Γνωρίζοντας τον κύκλο ανάπτυξης κάθε καλλιέργειας μπορούμε να εκτιμήσουμε το ποσοστό της βλαστικής κάλυψης και υποθέτοντας ότι δεν υπάρχουν εξωτερικοί παράγοντες (καταπόνηση, ασθένειες, κλπ.), που επηρεάζουν την ανάπτυξη, μπορούμε, με αυτές τις πληροφορίες και από τη μελέτη δύο ή περισσότερων εικόνων από την ίδια περίοδο ανάπτυξης, να εξετάσουμε το σήμα πολυφασματικής ανάκλασης, σε κάθε στάδιο ανάπτυξης και να προσδιορίσουμε ποιες καλλιέργειες αναπτύσσονται σε κάθε χωράφι.



Εικόνα 10. Εικόνα πραγματικών και ψευδών χρωμάτων (www.seos-project.eu)

Η μικρή εικόνα στα αριστερά είναι ο τρόπος με τον οποίο 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.

Για τις αεροφωτογραφίες η χρήση έγχρωμου και έγχρωμου υπέρυθρου φιλμ παρέχει πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση του παγχρωματικού φιλμ, λόγω αυξημένης φασματικής πληροφορίας. Επίσης με τη στερεοσκοπική παρατήρηση μπορούμε να ελέγξουμε το ύψος των φυτών, στοιχείο σημαντικό στην αναγνώριση των καλλιεργειών.

Για τις δορυφορικές εικόνες η αναγνώριση των καλλιεργειών γίνεται συνδυάζοντας διαφορετικά κανάλια δορυφορικών εικόνων που ελήφθησαν σε διαφορετικές ημερομηνίες. Είναι δυνατή η ταξινόμηση του κάθε pixel της εικόνας ώστε αυτά που έχουν παρόμοιες φασματικές υπογραφές να ομαδοποιηθούν στην ίδια κατηγορία και να αναγνωριστούν οι διαφορετικές καλλιέργειες. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται κατηγοριοποίηση είναι χρονοβόρα και απαιτεί πολλούς υπολογισμούς αλλά, το λογισμικό επεξεργασίας εικόνας είναι εξοπλισμένο με αλγόριθμους ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στο φόρτο εργασίας.

Για την αναγνώριση της βλάστησης εξετάζουμε το κανάλι 4 των δορυφόρων που μας δίνει την δυνατότητα να εξάγουμε στατιστικά στοιχεία για την ανακλώμενη από την βλάστηση ακτινοβολία, τα οποία χρησιμοποιούμε για την αναγνώριση των καλλιεργειών. Το κανάλι 4 των υπερφασματικών δορυφόρων είναι ειδικώς ρυθμισμένο να καταγράφει την ανακλώμενη ακτινοβολία, εντός της περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπου η βλάστηση παρουσιάζει την μέγιστη ανακλαστικότητα. Συνεπώς πολύ υψηλές τιμές καταγεγραμμένης ακτινοβολίας στο κανάλι 4 αντιστοιχούν κατά κύριο λόγο στις περιοχές με έντονη βλάστηση. Αυτό μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε έγχρωμα σύνθετα με συνιστώσα το κανάλι 4 και αναθέτοντας την απεικόνιση του καναλιού 4 στο κόκκινο χρώμα (από το χρωματικό μοντέλο RGB που χρησιμοποιείται στις οθόνες των ηλεκτρονικών υπολογιστών). Αυτό μας βοηθάει να διαχωρίσουμε την βλάστηση από τις υπόλοιπες θεματικές κατηγορίες.

Μεγάλη ώθηση τα τελευταία χρόνια είχαμε με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και την δημιουργία ηλεκτρονικών ψηφιακών χαρτών που έχουν τη δυνατότητα εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης (στίγματος) από δορυφόρους. Οι ηλεκτρονικοί χάρτες είναι πιο χρήσιμοι γιατί σε αυτούς συνυπάρχει η χωρική πληροφορία και η απεικόνιση της, ενώ στους έντυπους μόνο η πληροφορία. Αυτό τους καθιστά ένα δυναμικό εργαλείο για τον χρήστη.

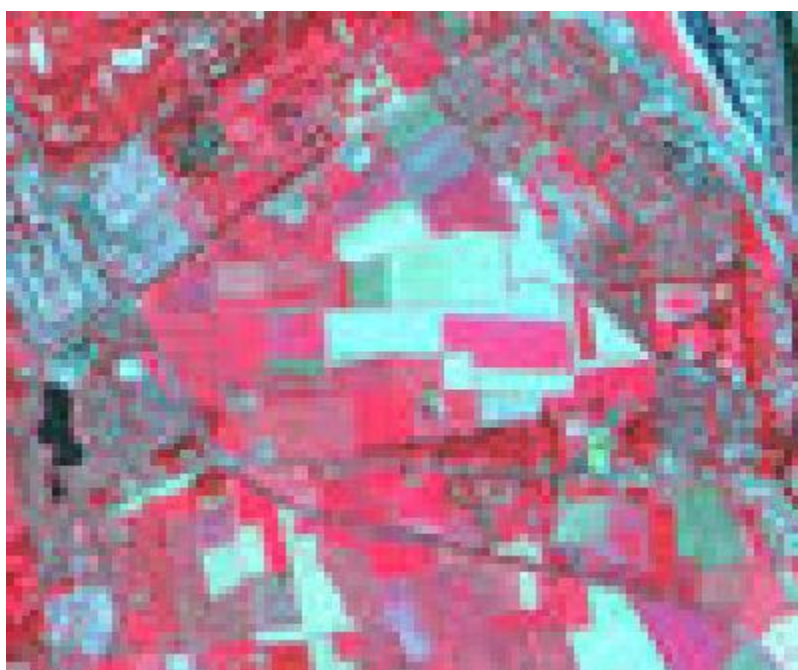
Τα δορυφορικά τηλεπισκοπικά συστήματα επιτρέπουν την ηλεκτρονική αποθήκευση των περιοχών που σαρώνουν και χαρτογραφούν ψηφιακά συγκεκριμένες περιοχές της γήινης επιφάνειας.

2.2.2 Δεδομένα τηλεπισκόπησης που απαιτούνται για την αναγνώριση καλλιεργειών

Πώς μπορούμε λοιπόν να είμαστε βέβαιοι ότι οι διάφορες ανακλάσεις στο κοντινό υπέρυθρο μεταξύ δύο χωραφιών είναι επειδή τα χωράφια αυτά χρησιμοποιούνται για διαφορετικές καλλιέργειες; Για να προσδιοριστεί μία συγκεκριμένη καλλιέργεια, θα πρέπει να γνωρίζουμε τα στάδια του κύκλου ανάπτυξης του φυτού (βλαστικό στάδιο, στάδιο ανάπτυξης, 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, τον τρόπο με τον οποίο οι καλλιέργειες ανακλούν την ενέργεια στο κοντινό υπέρυθρο, σε καθένα από τα διάφορα στάδια ανάπτυξης.



Εικόνα 11. Εικόνα ψευδών χρωμάτων με χωράφια στο Βέλγιο τον Μάιο.



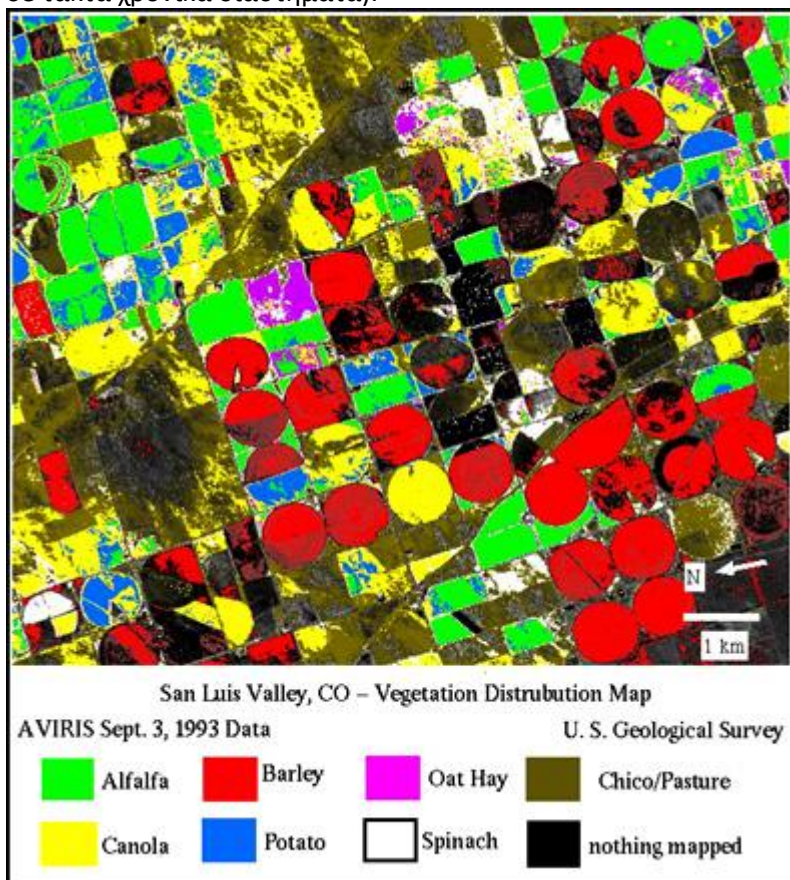
Εικόνα 12. Εικόνα ψευδών χρωμάτων που παρουσιάζει τα ίδια χωράφια στο Βέλγιο τον Αύγουστο. Μέσα σε κάθε χωράφι το σήμα είναι σχετικά σταθερό, γεγονός που υποδηλώνει ότι χρησιμοποιείται μια καλλιέργεια σε κάθε χωράφι.

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.

Δημιουργώντας χάρτες με είδη καλλιεργειών

Συνδυάζοντας διαφορετικά κανάλια δορυφορικών εικόνων που ελήφθησαν σε διαφορετικές ημερομηνίες, είναι δυνατό να ταξινομηθεί το κάθε ρικελ 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 ρικελς με παρόμοιες "φασματικές υπογραφές" στην ίδια κατηγορία. Στη συνέχεια χρησιμοποιεί τις πληροφορίες για την κάλυψη βλάστησης για να αναγνωρίσει το είδος των φυτών.

Το αποτέλεσμα αυτής της κατηγοριοποίησης φαίνεται στην εικόνα στα δεξιά. Σε αυτό το συγκεκριμένο παράδειγμα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από ένα αισθητήρα που ονομάζεται AVIRIS. Τα στοιχεία αυτά συλλέχτηκαν ενώ ο αισθητήρας ήταν τοποθετημένος σε αεροσκάφος (όχι δορυφόρο). Δεδομένα από αισθητήρες σε εναέριες πλατφόρμες έχουν το πλεονέκτημα της υψηλής χωρικής ευκρίνειας (συνήθως γύρω στο 1 m για κάθε ρικελ) και οι εναέριοι αισθητήρες συνήθως έχουν πολλά κανάλια. Επιπλέον, ο χρήστης έχει την ελευθερία να επιλέξει πότε θα συλλεχθούν τα δεδομένα (σε αντίθεση με τους δορυφόρους, οι οποίοι συνήθως έχουν πολύ σταθερή τροχιά και περνάνε πάνω από κάθε περιοχή της γης σε τακτά χρονικά διαστήματα).



Εικόνα 13. Κατηγοριοποίηση εικόνας που δείχνει τα διάφορα είδη καλλιεργειών

Πηγή: U.S. Geological Survey

2.2.2.1 Ψηφιακή εποχή

Τα τελευταία χρόνια, χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας, κυκλοφορούν ηλεκτρονικοί (ή αλλιώς ψηφιακοί) χάρτες με δυνατότητες εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης (στίγματος) από δορυφόρους. Η λειτουργία των χαρτών αυτών βασίζεται στο GPS (Global Positioning System = Παγκόσμιο Σύστημα Δορυφορικού Εντοπισμού). Όταν παρέχονται επιπλέον δυνατότητες υπολογισμού μιας διαδρομής, τότε ονομάζονται και ηλεκτρονικοί πλοηγοί (electronic navigators).

2.2.3 Προβλήματα με την ταξινόμηση των καλλιεργειών

Προβλήματα με την ταξινόμηση των καλλιεργειών, ειδικά στην Ελλάδα αποτελούν, ο πολυτεμαχισμός του αγροτικού κλήρου και οι μικρές εκτάσεις των αγροτεμαχίων, οι πολλές καλλιέργειες που υπάρχουν σε μια περιοχή σε αντιδιαστολή με τις ζώνες καλλιέργειας στο εξωτερικό με τους μεγάλους κλήρους, η συχνή βιοκαλλιέργεια στο ίδιο χωράφι, το ανάγλυφο εδάφους και οι παραπλήσιες φασματικές υπογραφές των κλάσεων ταξινόμησης. Στον διαχωρισμό των δένδρων έχουμε μεγάλο πρόβλημα. Είναι πολύ δύσκολο να ξεχωριστούν τα διάφορα είδη των δένδρων, ειδικά όταν έχουν το ίδιο μέγεθος (π.χ τα νεαρά ελαιόδεντρα δεν ξεχωρίζουν από τα εσπεριδοειδή κ.α).

Αυτά τα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπισθούν καθώς οι θεματικοί χάρτες που εξάγονται αποτελούν το πρώτο αποτέλεσμα. Από αυτό το αποτέλεσμα σε συνδυασμό με άλλα δεδομένα, (δείγματα εδάφους, ψηφιακά μοντέλα εδάφους, κ.α), μπορούμε να παράγουμε θεματικούς χάρτες υψηλότερης ακρίβειας. Έτσι μπορεί να περιοριστεί η σύγχυση με την φασματική υπογραφή μεταξύ παρόμοιων καλλιεργειών. Με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους μπορούμε να διαχωρίσουμε τα νεαρά ελαιόδεντρα από τα εσπεριδοειδή, καθώς τα ελαιόδεντρα καλλιεργούνται σε μεγαλύτερο και πιο απότομο υψόμετρο από τα εσπεριδοειδή.

Βάζοντας τέτοια κριτήρια, εισάγοντας περιορισμούς και λαμβάνοντας περισσότερα δείγματα εδάφους, μπορούμε να διορθώσουμε τον αρχικό θεματικό χάρτη με στόχο τα αποτελέσματα της ταξινόμησης να βελτιωθούν και να προσεγγίσουν ποσοστό ακρίβειας κοντά στο 80 % .

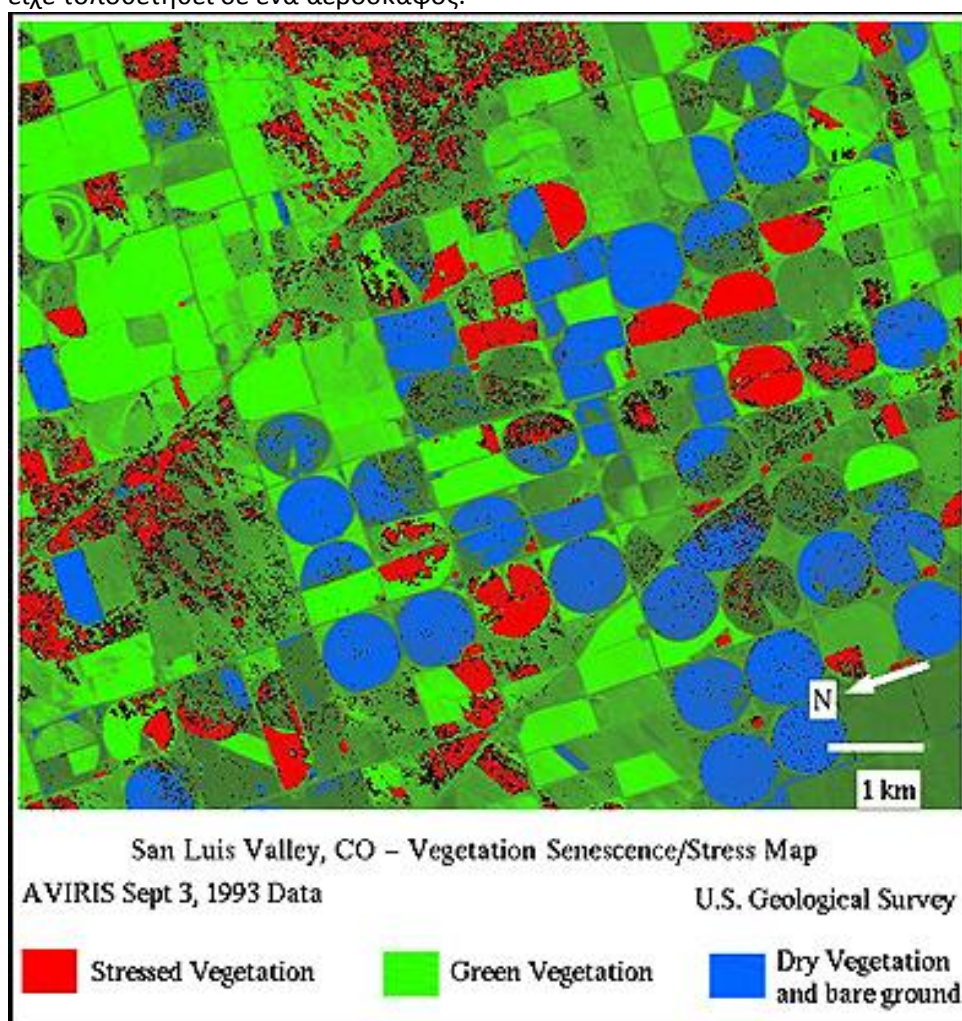
Παρόλο όμως την θεματική εξέλιξη της δορυφορικής τεχνολογίας, καθώς οι δορυφόροι έχουν βελτιώσει την φασματική και διακριτική τους ικανότητα, οι υπολογιστές έχουν γίνει πιο γρήγοροι και το λογισμικό ανάλυσης εικόνας έχει εμπλουτισθεί με νέες μεθόδους, δεν υπήρξε αντίστοιχη βελτίωση στην φασματική ανάλυση των δορυφορικών δεδομένων και η αναγνώριση-διάκριση των καλλιεργειών παραμένει, σε μεγάλο βαθμό, ένα πολύπλοκο πρόβλημα.

2.2.4 Εκτίμηση συνθηκών καλλιέργειας των φυτών

Με την τηλεπισκόπηση μπορούμε να εκτιμήσουμε τις συνθήκες καλλιέργειας των φυτών και να λάβουμε μέτρα. Η εκτίμηση των συνθηκών των καλλιεργειών είναι πολύ πιο δύσκολη από την αναγνώριση των διαφόρων καλλιεργειών και την καταγραφή των αντίστοιχων εκτάσεων. Οι φωτοερμηνευτές θα πρέπει να διακρίνουν μικρότερες διαφορές της φασματικής απόκρισης. Ο επιτόπιος έλεγχος είναι σχεδόν πάντα αναγκαίος, όπως απαραίτητη είναι η γεωργική εμπειρία και η διάγνωση των γεωπόνων επειδή τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης μας δείχνουν μόνο τις περιοχές του χωραφίου που εντοπίζεται το πρόβλημα, χωρίς πολλές φορές να είναι φανερή η αιτία, αφού οι ζημιές από τα διάφορα αίτια προσομοιάζουν και είναι δύσκολο πολλές φορές να διαφοροποιηθούν οι ζημιές που οφείλονται σε ασθένειες, εντομολογικές προσβολές, ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων, ξηρασίας ή φυτών στο στάδιο του μαρασμού, χωρίς επιτόπιο έλεγχο και γνώσεων των συνθηκών καλλιέργειας της περιοχής μελέτης (Αργιαλάς 2000).

2.2.4.1 Ο εντοπισμός των καταπονημένων φυτών

Όπως έχουμε αναφέρει, η φωτοσύνθεση είναι μια διαδικασία αποθήκευσης ενέργειας που πραγματοποιείται στα φύλλα και σε άλλα πράσινα μέρη των φυτών, μόνο με την παρουσία φωτός και με την βοήθεια της χλωροφύλλης. Η χλωροφύλλη απορροφά ενέργεια, και επηρεάζει σημαντικά την ποσότητα της ενέργειας που ανακλάται. Δημιουργώντας δείκτες βλάστησης συνδυάζοντας περισσότερα από ένα κανάλια (τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στα οποία γίνεται καταγραφή της έντασης της ακτινοβολίας), μπορούμε να εκτιμήσουμε το πόσο χλωροφύλλης που υπάρχει σε ένα φυτό. 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 τους δείκτες βλάστησης μπορούμε να επεξεργαστούμε τα στοιχεία τηλεπισκόπησης και να παράγουμε ταξινομήσεις, που μας δείχνουν αν και κατά πόσο τα φυτά έχουν καταπονηθεί. Η ταξινόμηση που εμφανίζεται στην επόμενη εικόνα, χρησιμοποιεί δεδομένα που έχουν ληφθεί από το εναέριο φασματόμετρο ορατής/υπέρυθρης απεικόνισης AVIRIS, το οποίο είχε τοποθετηθεί σε ένα αεροσκάφος.



Εικόνα 14. Προσδιορισμός βλάστησης υπό συνθήκες καταπόνησης που έχουν ληφθεί από δεδομένα AVIRIS
Πηγή: U.S. Geological Survey

Στην ταξινομημένη εικόνα τα χωράφια που εμφανίζονται με μπλε χρώμα, δεν έχουν βλάστηση (μόνο έδαφος), ενώ αυτά με πράσινο χρώμα είναι καλυμμένα με βλάστηση. Τα τμήματα των αγρών που εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα, είναι καταπονημένα φυτά. Η καταπόνηση των φυτών οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως: έλλειψη νερού, έλλειψη θρεπτικών στοιχείων, ζημιών από φυσικές καταστροφές (χαλάζι, παγετός,

καύσωνας κ.λπ) ασθένειες , εντομολογικές προσβολές, μύκητες, βακτήρια ή ιογενής προσβολή, τοξικότητα, αλατότητα, έλλειψη ηλιοφάνειας, ανταγωνισμός με άλλα φυτά κ.α. Κύριο χαρακτηριστικό της καταπόνησης των φυτών είναι η αλλαγή της κυτταρικής δομής των φύλλων και στη συνέχεια η καταστροφή της χλωροφύλλης. Αυτό έχει σαν συνέπεια τα φυτά να εμφανίζουν ορατά συμπτώματα χλώρωσης. Η αλλαγή στην κυτταρική δομή επηρεάζει την ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο. Με την τηλεπισκόπηση μπορούμε να δούμε τις αλλαγές στο κοντινό υπέρυθρο (οι οποίες δεν είναι ορατές με το ανθρώπινο μάτι), πριν εμφανιστούν τα ορατά συμπτώματα χλώρωσης και με αυτό τον τρόπο μπορούμε να έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση ότι τα φυτά είναι καταπονημένα.



Εικόνα 15 & Εικόνα 16. Αγροτεμάχια όπως φαίνονται από τον δορυφόρο IKONOS (εικόνες πραγματικών και ψευδών χρωμάτων).

Πηγή: Belgian Science Policy Office and Satellite Imaging Corp

Με τα τηλεπισκοπικά δεδομένα από αισθητήρες με πολύ υψηλή χωρική ανάλυση μπορούμε να δημιουργήσουμε δείκτες βλάστησης, που αν συνδυαστούν με άλλα δεδομένα, μπορούμε να ξεχωρίσουμε τμήματα μικρών διαστάσεων των χωραφιών όπου οι καλλιέργειες υποφέρουν από καταπόνηση και να εκτιμήσουμε πόσο σοβαρή είναι. Αυτό επιτρέπει στον παραγωγό να εντοπίσει το πρόβλημα και να λάβει εγκαίρως κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση των προβλημάτων στα συγκεκριμένα σημεία μειώνοντας το κόστος και την περιβαλλοντική ρύπανση. Απαραίτητη εδώ είναι η γεωργική εμπειρία και η διάγνωση των ειδικών επειδή τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης μας δείχνουν μόνο τις περιοχές του χωραφίου που εντοπίζεται το πρόβλημα, χωρίς πολλές φορές να είναι φανερή η αιτία (π.χ ασθένειες, εντομολογικές προσβολές ή έλλειψη θρεπτικών στοιχείων). Επίσης δεν πρέπει να λαμβάνονται αεροφωτογραφίες αμέσως μετά από βροχοπτώσεις επειδή πολλές από τις ελλείψεις είναι προφανείς μετά από περιόδους ξηρασίας.

Εκτός από τους αισθητήρες με υψηλή χωρική ανάλυση και οι αισθητήρες με υψηλή φασματική ανάλυση είναι επίσης πολύ χρήσιμοι. Η συλλογή τηλεπισκοπικών 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.

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 χειροτερεύει. Οι γκριζες περιοχές αντιπροσωπεύουν άδεια χωράφια χωρίς βλάστηση. 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.

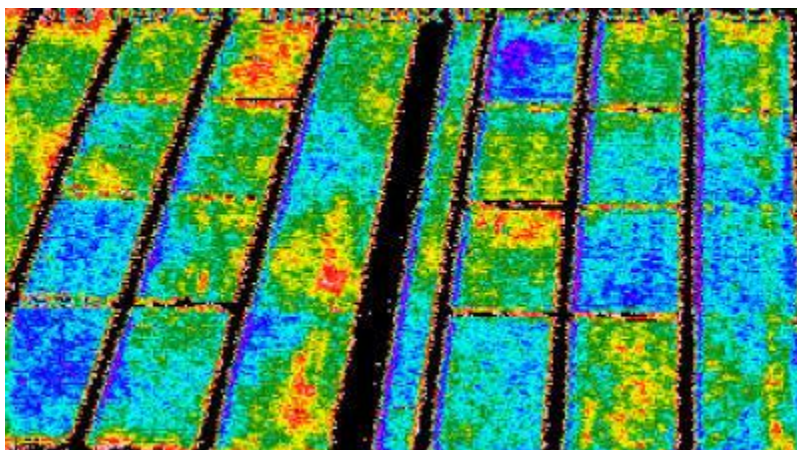


Εικόνα 17. Οι διακυμάνσεις της υγείας των καλλιεργειών εντός πεδίων, χρησιμοποιώντας δεδομένα QuickBird. Πηγή: Satellite Imaging Corporation.

2.2.5 Εκτίμηση περιεκτικότητας σε νερό των φυτών με την χρήση τηλεπισκόπησης

Τα φυτά χρειάζονται νερό για διάφορους λόγους. Χωρίς νερό τα φυτά, όπως πολλοί άλλοι οργανισμοί, δεν μπορούν να επιβιώσουν. Το νερό χρησιμοποιείται από τα φυτά σε βασικές βιοχημικές διεργασίες, είναι απαραίτητο για την φωτοσύνθεση και είναι το "μεταφορικό μέσο" για να μεταφερθούν τα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος προς κάθε μέρος του φυτού. Επίσης το νερό διασπά τα θρεπτικά συστατικά που βρίσκονται σε στερεά μορφή, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα φυτά. Το νερό εισέρχεται στο φυτό από τις ρίζες, και μέσω του κυρίου στελέχους και των κλαδιών, φθάνει τελικά στα φύλλα. Από εκεί, μέσω των πόρων του φύλλου, που είναι γνωστοί ως στόματα, βγαίνει στην ατμόσφαιρα. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως εφίδρωση.

Σε όλες τις βιολογικές διεργασίες που συντελούνται στα φυτά παράγεται θερμότητα. Το νερό καθώς αναδύεται μέσω των στομάτων απορροφά θερμότητα που την αφαιρεί από τα φυτά. Όταν στα φυτά δεν υπάρχει αρκετό νερό και βρίσκονται σε κατάσταση καταπόνησης δεν μπορούν να αποβάλλουν θερμότητα και έτσι αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να ανιχνευθεί με την τηλεπισκόπηση, με τη χρήση της περιοχής του φάσματος που είναι ευαίσθητο στη θερμότητα.



Εικόνα 18. Περιεκτικότητα σε νερό των καλλιεργημένων πεδίων με θερμική απεικόνιση. Τα μπλε, πράσινα και κόκκινα ρίξελς 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 χωράφι. Τα μπλε ρίξελς 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 χωραφιού, να απορροφήσει το νερό και στη συνέχεια να το παρέχει στα φυτά.

Πρόβλημα υπάρχει όταν δεν έχουμε πλήρη κάλυψη του εδάφους από βλάστηση. Όταν η βλάστηση δεν καλύπτει πλήρως το έδαφος, η θερμοκρασία εδάφους που είναι υψηλή επηρεάζει το θερμικό σήμα που καταγράφεται από τον αισθητήρα με αποτέλεσμα να συμπεράνουμε λανθασμένα, ότι τα φυτά έχουν υψηλή θερμοκρασία και ότι υπάρχει καταπόνηση λόγω έλλειψης νερού. Ωστόσο αν γνωρίζουμε περίπου το ποσοστό κάλυψης του εδάφους και ιδιαίτερα την ποσότητα της φυλλικής επιφάνειας ανά μονάδα εδάφους (γνωστό ως δείκτη φυλλικής επιφάνειας), μπορούμε να διορθώσουμε τη μέτρηση και να μειώσουμε τις επιδράσεις της συμμετοχής του εδάφους στο θερμικό σήμα. (www.seos-project.eu).

2.2.6 Ανίχνευση των ασθενειών και των εντομολογικών προσβολών των φυτών με τηλεπισκόπηση.

Με τον ίδιο τρόπο που ελέγχουμε την καταπόνηση των φυτών λόγω έλλειψης θρεπτικών στοιχείων ή έλλειψης νερού μπορούμε να διαγνώσουμε τις παθολογικές προσβολές ή τις περιοχές που πιθανόν να έχουμε εντομολογικές προσβολές, ώστε τα φυτοφάρμακα και τα εντομοκτόνα να εφαρμοστούν εντοπισμένα. Μερικές από τις ασθένειες κυρίως μυκητολογικές, που έχουν ανιχνευθεί με τηλεπισκόπηση-φωτοερμηνεία, είναι το κάψιμο του φυλλώματος του καλαμποκιού, το βακτηριακό κάψιμο των φασολιών, η σήψη της πατάτας, ο περονόσπορος της πατάτας, ο μύκητας του εδάφους *Armillaria mellea* των αμπελιών, η σήψη των ελαιοκάρυων και η σήψη της καρύδας. Μερικές από τις εντομολογικές προσβολές που έχουν αναγνωρισθεί με τηλεπισκόπηση είναι οι εξής: αφίδες του καλαμποκιού, φυλλοξήρα των αμπελιών, κόκκινος τετράνυχος των ροδακίνων, διάφορες ασθένειες από μυρμήγκια, σκουλήκια και ακρίδες. Ακόμη έχουν ανιχνευθεί ζημιές που οφείλονται σε τρωκτικά.



Εικόνα 19. Χαρτογράφηση του Δέλτα του Ποταμού Μισισσιπί, εντοπίζοντας τις πιο πιθανές περιοχές όπου τα έντομα μπορεί να επιτεθούν.

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

Η παραπάνω πολυφασματική εικόνα παρουσιάζει τα φυτά βαμβακιού που, λόγω ευνοϊκών συνθηκών, αναπτύσσονται γρηγορότερα από τα άλλα. Αυτά τα φυτά (που απεικονίζονται με κόκκινο) είναι οι πιο πιθανοί στόχοι για επίθεση από εχθρούς και ασθένειες την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Οι περιοχές του χωραφιού μπορούν να ταξινομηθούν σε πολλές κατηγορίες, ανάλογα με την τιμή του δείκτη βλάστησης, ο οποίος προέρχεται από

τα δεδομένα τηλεπισκόπησης. Στην αυτή την περίπτωση, μια οριακή τιμή του δείκτη βλάστησης επιλέγεται και οι περιοχές του χωραφίου χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, αυτές που απαιτούν και εκείνες που δεν απαιτούν ψεκασμό.

2.3 Εκτίμηση ζημιών σε γεωργικές καλλιέργειες με τηλεπισκόπηση

2.3.1 Εισαγωγή

Κάθε χρόνο οι γεωργικές καλλιέργειες κινδυνεύουν από ακραία καιρικά φαινόμενα (πλημμύρα, παγετό, χαλάζι, ανεμοθύελλα, ξηρασία, πυρκαγιά, τυφώνες) που προκαλούν μεγάλες ζημιές στην γεωργική παραγωγή και μερικές φορές ολική καταστροφή. Γι' αυτό στην Ελλάδα και στο εξωτερικό Δημόσιες και ιδιωτικές ασφαλιστικές εταιρείες ασφαλίζουν την γεωργική παραγωγή από τα ακραία καιρικά φαινόμενα και μετά από εκτίμηση της ζημιάς από γεωπόνους εκτιμητές καταβάλλονται αποζημιώσεις στους παραγωγούς. Η εκτίμηση ζημιάς γίνεται με επιτόπιο έλεγχο των αρμόδιων γεωπόνων οι οποίοι μετρούν την έκταση των αγροτεμαχίων που έχουν δηλωθεί για ζημιά, κάνουν εκτίμηση της προβλεπόμενης παραγωγής και τέλος εκτιμούν το ποσοστό της παραγωγής που έχει χαθεί από το ζημιογόνο αίτιο. Η τηλεπισκόπηση μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο βοηθητικό εργαλείο στην εκτίμηση ζημιάς των γεωργικών καλλιεργειών από φυσικά αίτια. Στην Ευρώπη υπάρχει το πρόγραμμα Hail project το οποίο έχει σαν στόχο την ενημέρωση των Ευρωπαϊκών γεωργικών ασφαλιστικών εταιρειών, για τις δυνατότητες της τηλεπισκόπησης στην εκτίμηση των ζημιών από χαλάζι. Το πρόγραμμα αυτό χρηματοδοτείται από το Centre for Earth Observation (CEO) το οποίο έχει δημιουργηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για να συντονίσει όλες τις ενέργειες που έχουν σχέση με τις εφαρμογές της τηλεπισκόπησης και την διανομή των προϊόντων. Στην Φινλανδία έχει κατασκευαστεί video μηχανή υπέρυθρου λήψεως, που φερόμενη σε μικρό αεροσκάφος ή ελικόπτερο, «σαρώνει» την πληγείσα περιοχή και καταγράφει τον δείκτη βλάστησης. Στην Γερμανία και σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες ιδιωτικές και δημόσιες ασφαλιστικές εταιρείες, εφαρμόζουν τηλεπισκοπικές μεθόδους στην εκτίμηση των ζημιών στην αγροτική παραγωγή, κυρίως από χαλάζι. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται από τις ιδιωτικές γεωργικές ασφαλιστικές εταιρείες των Η.Π.Α και της Αυστραλίας.

Έτσι η Ευρώπη μετά την επιχειρησιακή εφαρμογή της μέτρησης των εκτάσεων των γεωργικών καλλιεργειών, την ημι-επιχειρησιακή εφαρμογή της πρόβλεψης της παραγωγής και τον ετήσιο έλεγχο των επιδοτήσεων, προχωρά και στην εφαρμογή της τηλεπισκόπησης στον τομέα της εκτίμησης της ζημιάς των γεωργικών καλλιεργειών, με πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

2.3.2 Εκτίμηση παραγωγής

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η εκτίμηση της ζημιάς των γεωργικών καλλιεργειών έχει τρία σκέλη (μέτρηση έκτασης, εκτίμηση παραγωγής και ποσοστό ζημιάς της καλλιέργειας από το ζημιογόνο αίτιο).

Με την τηλεπισκόπηση μπορούμε να αναγνωρίσουμε και να μετρήσουμε την έκταση της κάθε καλλιέργειας.

Η διαδικασία της εκτίμησης της παραγωγής είναι θεωρητικά απλή. Οι παραγωγοί με βάση την εμπειρία τους μπορούν να εκτιμήσουν, με σχετική επιτυχία, την παραγωγή που θα πάρουν. Το ίδιο γίνεται και με τους γεωπόνους που με βάση επιστημονικά δεδομένα, λαμβάνοντας υπόψη την ευρωστία των φυτών, τους κλιματικούς και εδαφολογικούς παράγοντες (θερμοκρασία αέρα, υγρασία εδάφους, κ.α), την ύπαρξη ασθενειών και εντομολογικών προσβολών και την ηλικία, όταν έχουμε πολυετείς καλλιέργειες, μπορούν να εκτιμήσουν την παραγωγή της καλλιέργειας. Σημαντική επίσης συμβολή στην εκτίμηση της παραγωγής έχει και η γνώση του ιστορικού της καλλιέργειας και των συνθηκών της περιοχής. Ακόμα η παραγωγή μιας καλλιέργειας μπορεί να ποικίλλει μέσα στο ίδιο αγροτεμάχιο και αυτό έχει να κάνει κυρίως με τον τύπο του εδάφους και το ανάγλυφο.

Με την τηλεπισκόπηση δημιουργούμε δείκτες βλάστησης και ελέγχουμε την συσχέτιση μεταξύ της ανακλαστικότητας του φυλλώματος και της απόδοσης της καλλιέργειας. Ύστερα, με βάση το ιστορικό της καλλιέργειας, μπορούμε να εκτιμήσουμε αν η παραγωγή της καλλιέργειας αποκλίνει και με σχετική επιτυχία να υπολογίσουμε το ποσοστό απόκλισης. Στο κεφάλαιο που αναφέρεται στον ΕΛ.Γ.Α κάνουμε πιο λεπτομερή αναφορά στην εκτίμηση παραγωγής σε σιτηρά.

2.3.3 Εκτίμηση ζημιάς

Η εκτίμηση της απώλειας παραγωγής (ποσοστό ζημιάς), που προκαλείται στις γεωργικές καλλιέργειες από φυσικές καταστροφές (πλημμύρα, παγετός, χαλάζι, ξηρασία ανεμοθύελλα, πυρκαγιές κ.α), μπορεί να ανιχνευθεί με την τηλεπισκόπηση, αφού οι φυσικές καταστροφές αποτελούν αιτίες καταπόνησης των φυτών, σαν αυτές που έχουμε ήδη αναφερθεί. Μετά από τις φυσικές καταστροφές έχουμε έντονη αποφύλλωση όταν έχουμε χαλάζι, μείωση η κατάρρευση της χλωροφύλλης, αλλαγές στην εσωτερική δομή των φύλλων και αλλαγές στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών, με αποτέλεσμα να τροποποιείται η φασματική συμπεριφορά μιας καλλιέργειας σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Αυτές οι αλλαγές στη φασματική συμπεριφορά μπορούν να ανιχνευθούν από δορυφορικούς αισθητήρες, (Jurgens 1993,1997, Jurgens et al 1993), από αεροφωτογραφίες κ.λ.π. και με την δημιουργία δεικτών βλάστησης (καμπύλες NDVI) μπορούμε να έχουμε εκτίμηση της απώλειας παραγωγής.

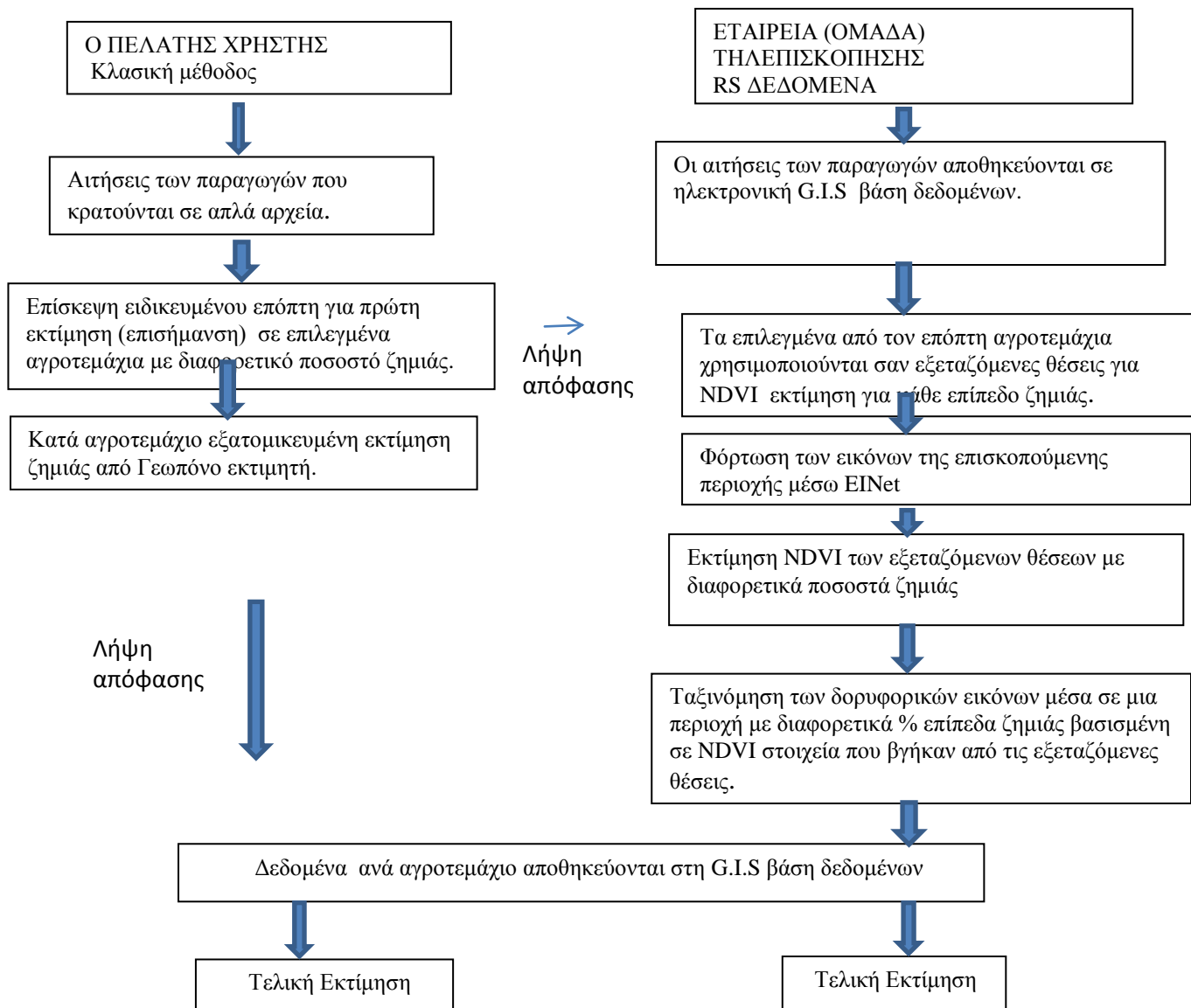
Από την εμπειρία που υπάρχει έχει αποδειχθεί ότι με τον NDVI μπορούμε να καταγράψουμε τις αλλαγές στα βιολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών και ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του NDVI και της ποσοστιαίας ζημιάς των γεωργικών καλλιεργειών (Maracci and Aifadoroulou 1990, Quarmby et al 1990, 1993).

Οι τιμές του NDVI και τα ποσοστά ζημιάς για κάθε αγροτεμάχιο χρησιμοποιήθηκαν σαν μεταβλητές, σε ένα γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης, με εξαρτημένη μεταβλητή την % ζημιά και ανεξάρτητη μεταβλητή τον ΔΒ.

Το γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης που μας δίνει την συσχέτιση μεταξύ της ποσοστιαίας ζημιάς των γεωργικών καλλιεργειών και του NDVI είναι :

% ΖΗΜΙΑ (Damage Percent) =88-0,22× NDVI

Η εικόνα 20 που παραθέτουμε παρακάτω (σελ. 39) δείχνει την μεθοδολογία που ακολουθείται για την εκτίμηση ζημιάς με επιτόπιο έλεγχο (από τον ΕΛ.Γ.Α) και της εκτίμησης ζημιάς με τηλεπισκόπηση.



Εικόνα 20. Εκτίμηση ζημιών με κλασικές μεθόδους (εργασία υπαίθρου) και με Τηλεπισκόπηση

2.3.3.1 Εκτίμηση ζημιάς από Χαλάζι στην Αυστραλία με τηλεπισκόπηση

Στην Αυστραλία η εκτίμηση ζημιών στις γεωργικές καλλιέργειες από χαλάζι γίνεται από ιδιωτικές γεωργικές ασφαλιστικές εταιρείες, με επιτόπιους ελέγχους γεωπόνων εκτιμητών. Αν και η εκτίμηση της απώλειας παραγωγής γίνεται με αποδεδειγμένη επιτυχία και τα αποτελέσματα σε γενικές γραμμές είναι αποδεκτά από τους παραγωγούς, η χρήση δορυφορικών εικόνων και άλλων τηλεπισκοπικών δεδομένων βοηθάει σημαντικά στην εκτίμηση ζημιάς καθώς δίνει στους εκτιμητές την δυνατότητα επιβεβαίωσης του ποσοστού ζημιάς, αυξάνοντας έτσι την αντικειμενικότητα της εκτίμησης με ταυτόχρονη μείωση του κόστους.

Για να ελέγξουμε την συσχέτιση που υπάρχει ανάμεσα στην εκτίμηση της απώλειας παραγωγής που γίνεται με επιτόπιους ελέγχους και της εκτίμησης ζημιάς που γίνεται με τηλεπισκοπικά δεδομένα, αλλά και για να αξιολογήσουμε τις περιπτώσεις και τις συνθήκες που μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τηλεπισκόπηση στην εκτίμηση της απώλειας παράγωγης από χαλαζόπτωση, πήραμε τρεις περιοχές μελέτης στο Darling Downs της επαρχίας Queensland.

Στις δύο πρώτες περιοχές χρησιμοποιήσαμε ένα φασματόμετρο χειρός για να εκτιμήσουμε ζημιές από χαλάζι: α) σε αγροτεμάχια που είχε γίνει ήδη εκτίμηση ζημιάς με επιτόπιους ελέγχους την εποχή της συγκομιδής και β) σε νεαρές φυτείες σόργου που ζημιώθηκαν από την χαλαζόπτωση της 1ης Δεκεμβρίου 2004.

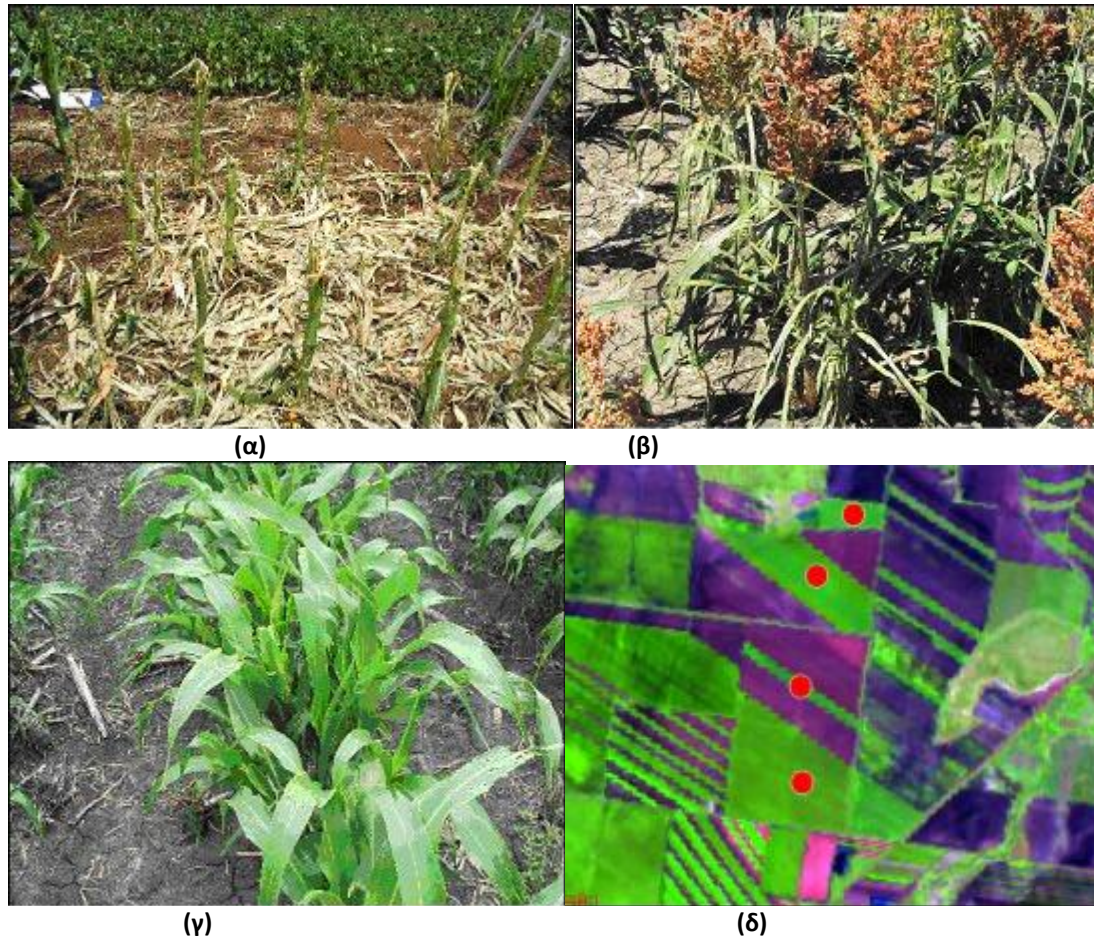
Στην τρίτη περιοχή χρησιμοποιήσαμε δορυφορικές εικόνες Landsat και SPOT για να εκτιμήσουμε ζημιές σε φυτείες σόργου στο στάδιο της προάνθισης που ζημιώθηκαν από χαλαζόπτωση της 1ης Φεβρουαρίου 2004.

Με την συμμετοχή ειδικευμένων στην τηλεπισκόπηση ελέγχθηκε η συσχέτιση που υπάρχει ανάμεσα στην αποφύλλωση που εκτιμήθηκε με επιτόπιους ελέγχους, με τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης και έγιναν αναλύσεις των συσχετισμών και των αποκλίσεων και για τις τρεις τοποθεσίες.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ της αποφύλλωσης και των δεδομένων της τηλεπισκόπησης από τους δορυφόρους Landsat και SPOT ($r = -0.91$ και $r = -0.93$ αντίστοιχα). Μικρότερη ήταν η συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων που ελήφθησαν από το φασματόμετρο χειρός και της αποφύλλωσης για τις δύο τοποθεσίες ($r = -0.71$ και $r = -0.40$).

Συνολικά, τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης μπορούν να εκτιμήσουν ικανοποιητικά την αποφύλλωση, με ακρίβεια που ποικίλλει από 81% έως 85%.

Ωστόσο, μια σειρά από αλληλεπιδρώντες παράγοντες (έλλειψη νερού, θρεπτικών στοιχείων, ζιζάνια κ.α) μπορούν να καταστήσουν τα αποτελέσματα της εκτίμησης με τηλεπισκόπηση λιγότερο ακριβή. Γι αυτό σήμερα τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης στην εκτίμηση ζημιών από χαλάζι μπορούν να χρησιμοποιηθούν υποστηρικτικά (πχ στην σήμανση περιοχών που πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην εκτίμηση) και ως ένα εργαλείο μείωσης του κόστους των εκτιμήσεων. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να εστιάσει στο πώς θα περιοριστούν ή θα απομονωθούν οι αλληλοεπιδρώντες παράγοντες κατά την εκτίμηση ζημιών στις γεωργικές καλλιέργειες.



Εικόνα 21. Καλαμπόκι με ζημιά από χαλάζι στο Postle Street, Toowoomba (α), Σόργο με ζημιά από χαλάζι στο Dalby (β), Σόργο με ζημιά από χαλάζι στο Felton South (γ) και Σήμανση περιοχών για προτεραιότητα εκτίμησης ζημιάς από χαλάζι – δορυφορική εικόνα Landsat 7 στο Dalby (δ).

2.3.4 Το Γεωργοασφαλιστικό σύστημα της Ελλάδας

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1920 πολλές ασφαλιστικές εταιρείες συμπεριέλαβαν και τις ζημιές που γίνονταν στη γεωργική παραγωγή και οφείλονταν στο χαλάζι καθώς επίσης και τη θνησιμότητα των αγροτικών ζώων. Κατά την ίδια περίοδο, είχαν γίνει παρόμοιες προσπάθειες για την ασφάλιση της γεωργικής παραγωγής από τους γεωργικούς συνεταιρισμούς. Αυτοί προσπάθησαν να δημιουργήσουν ένα σύστημα ασφάλισης, με βάση την αμοιβαιότητα, έναντι των κινδύνων (Γεωργιάδης 2003).

Ωστόσο, σύντομα έγινε προφανές ότι ούτε οι ασφαλιστικές εταιρείες ούτε και οι γεωργικοί συνεταιρισμοί μπορούσαν να καλύψουν τις ασφαλιστικές ανάγκες ενός μεγάλου αγροτικού πληθυσμού, ο οποίος την εποχή εκείνη υπερέβαινε το 50% του συνολικού πληθυσμού της χώρας.

Για να ξεπεραστούν τα προβλήματα που προέκυψαν, το κράτος δημιούργησε το 1926 το Κεντρικό Ταμείο Ασφάλειας κατά χαλάζης και παγετού, το μετέπειτα Ταμείο Γεωργικών Ασφαλίσεων, μια οργάνωση που χρησιμοποιήθηκε για να προσφέρει ασφαλιστική κάλυψη της γεωργικής παραγωγής από ζημιές που οφείλονταν σε χαλάζι και παγετό καθώς και ασφάλιση του ζωικού κεφαλαίου σε εθελοντική βάση. Το 1925 ιδρύεται ο Αυτόνομος Σταφιδικός Οργανισμός (Α.Σ.Ο) με υποχρεωτική ασφάλιση της σταφιδοπαραγωγής από τον παγετό και το χαλάζι.

Το Ταμείο Γεωργικών Ασφαλίσεων λειτούργησε μέχρι το 1954, όταν τελικά συγχωνεύθηκε με την Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδας. (ΑΤΕ)

Έτσι, η Α.Τ.Ε έγινε ο κυρίαρχος παίκτης στον τομέα της ασφάλισης της γεωργικής παραγωγής και του ζωικού κεφαλαίου.

Το σημείο καμπής ωστόσο, όσον αφορά την γεωργική ασφάλιση στην Ελλάδα, υπήρξε η ίδρυση του Οργανισμού Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΟΓΑ), το 1961 (ΕΕ 4169/1961), Ν.Π.Δ.Δ ως αυτόνομου ασφαλιστικού οργανισμού κοινής ωφελείας, εποπτευόμενο από τον Υπουργό Γεωργίας και αργότερα από τον Υπουργό Κοινωνικών Υπηρεσιών.

Αντικείμενο του Ο.Γ.Α ήταν:

- α) η υγειονομική περίθαλψη και σύνταξη των αγροτών και
- β) η ασφάλιση και αποζημίωση της φυτικής παραγωγής από το χαλάζι και τον παγετό από το 1963.

Έσοδα του νέου Οργανισμού ήταν: α) οι κρατικές επιχορηγήσεις, β) οι εισφορές των ασφαλισμένων και γ) διάφορες κοινωνικές εισφορές.

Ο Ο.Γ.Α ασκούσε με επιτυχία τις ασφαλίσεις από χαλάζι και παγετό και καταξιώθηκε στον αγροτικό κόσμο. Το 1978 επεκτείνεται στην κάλυψη της ανεμοθύελλας και της πλημμύρας.

Το 1988 το τμήμα ασφάλισης και αποζημίωσης της γεωργικής παραγωγής του Ο.Γ.Α αποκόπηκε και ιδρύθηκε ένας νέος οργανισμός με το Νόμο 1790/16.6.88 (ΦΕΚ 134/Α'/20.6.88) που ονομάζεται Ελληνικές Γεωργικές Ασφαλίσεις (ΕΛ.Γ.Α), Ν.Π.Ι.Δ, εποπτευόμενο από τον Υπουργό Γεωργίας, με σκοπό να γίνει το σύστημα πιο ευέλικτο και συμβατό με την Ε.Ε, διατηρώντας παράλληλα τον κοινωνικό του χαρακτήρα.

Παράλληλα με τον ΟΓΑ και μετέπειτα με τον ΕΛ.Γ.Α, το Υπουργείο Γεωργίας με την Α.Τ.Ε συνέχισε να ενεργεί κατά συμπληρωματικό τρόπο.

Ο ΕΛ.Γ.Α σαν οργανισμός κοινής ωφέλειας, που ανήκει εξ ολοκλήρου στο Δημόσιο, έχει ως σκοπό:

- α) την οργάνωση και εφαρμογή προγραμμάτων ενεργητικής προστασίας και
- β) την ασφάλιση της γεωργικής παραγωγής.

Ο ΕΛ.Γ.Α το 1988 επεκτείνεται στην κάλυψη του καύσωνα, των άκαιρων και υπερβολικών βροχοπτώσεων και στην ασφάλιση του ζωικού κεφαλαίου. Σταδιακά και μέχρι το 1988 επεκτείνεται στην κάλυψη ζημιών στη φυτική παραγωγή από χιόνι, θάλασσα, αρκούδα, στην κάλυψη θερμοκηπίων, καθώς και στις έμμεσες ζημιές στα θερμοκήπια.

Επιπλέον από το 2002 ανατέθηκε για πρώτη φορά από τον Υπουργό Γεωργίας στον ΕΛ.Γ.Α. και έκτοτε με το Ν. 3147/2003 ασκούνται πλέον μόνιμα από αυτόν, οι αρμοδιότητες που ανήκαν στη Διεύθυνση Πολιτικής Σχεδίασης Εκτάκτου Ανάγκης (Π.Σ.Ε.Α.) του Υπουργείου Γεωργίας, οι οποίες αφορούν στην παρακολούθηση των ζημιών που προκαλούνται από θεομηνίες, δυσμενείς καιρικές συνθήκες, πυρκαγιές και άλλα έκτακτα γεγονότα στην παραγωγή (φυτική, ζωική) και στο κεφάλαιο (φυτικό, ζωικό, πάγιο και έγγειο) των αγροτικών εκμεταλλεύσεων και που δεν καλύπτονται ασφαλιστικά από τον ΕΛ.Γ.Α. Ο ΕΛ.Γ.Α με την ανάπτυξη διαδικασιών και υποδομών, ανήγαγε το έργο των κρατικών οικονομικών ενισχύσεων (Π.Σ.Ε.Α) σε έναν από τους πιο αξιόπιστους θεσμούς της χώρας, χωρίς ούτε μια ποινή από την Ε.Ε

Σήμερα ο ΕΛ.Γ.Α παραμένει ο βασικός άξονας του γεωργοασφαλιστικού συστήματος της χώρας και καλύπτει σχεδόν το σύνολο της αγροτικής δραστηριότητας από πολλούς κινδύνους. Η πολυετής αντοχή και εμπειρία του από το 1963 σε θέματα εκτιμήσεων ζημιών σε γεωργικές καλλιέργειες, η προσαρμογή του στις συνθήκες και ιδιομορφίες της Ελληνικής γεωργίας όπως είναι ο μικρός κλήρος, η ποικιλομορφία των εδαφοκλιματικών συνθηκών, το έντονο ανάγλυφο και η ύπαρξη πολλών καλλιεργειών και τέλος η γενική του παραδοχή από τον αγροτικό κόσμο, αποτελούν αδιάψευστους μάρτυρες της επιτυχίας του.

Οι μεγάλες ζημιές στη γεωργική παραγωγή (κυρίως από τους παγετούς του 1995-2004) και οι αποζημιώσεις που καταβλήθηκαν στους Έλληνες αγρότες καταξίωσαν τον ΕΛ.Γ.Α στην συνείδηση του αγροτικού κόσμου, καθώς στήριξε το αγροτικό εισόδημα σε μια κρίσιμη εποχή για την Ελληνική γεωργία. Παρά τις αδυναμίες και τις ελλείψεις που οφείλονταν κυρίως: α) στην έλλειψη κρατικής επιχορήγησης αν και ο ΕΛ.Γ.Α χαρακτηρίζεται οργανισμός

κοινής ωφέλειας που ανήκει εξ' ολοκλήρου στο Δημόσιο, β) στην έλλειψη επαρκούς προσωπικού, γ) στην μη κάλυψη από τον κανονισμό πολλών ζημιολόγων αιτίων όπως ακαρπίες, φυτοπαθολογικές και εντομολογικές προσβολές όταν έχουν επιδημικό χαρακτήρα (έχουν ήδη εγκριθεί η εκπόνηση τριών αναλογιστικών μελετών για κινδύνους που μέχρι σήμερα δεν ασφαλιζονται) και δ) στη μη χρήση επαρκώς από τον ΕΛ.Γ.Α νέων τεχνολογιών, όπως η τηλεπισκόπηση και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (G.I.S), η χρήση τεχνολογιών εντοπισμού, ταυτοποίησης και επιμέτρησης αγροτεμαχίων, ώστε να μειωθεί ο χρόνος και το κόστος των εκτιμήσεων με ταυτόχρονη αύξηση της αξιοπιστίας της εκτιμητικής διαδικασίας, ο ΕΛ.Γ.Α επιτελεί κυρίαρχο ρόλο στη διασφάλιση του αγροτικού εισοδήματος και κατ' επέκταση στην άσκηση αγροτικής πολιτικής.

2.3.5 Εκτίμηση ζημιών από τον ΕΛ.Γ.Α με τηλεπισκόπηση

Η επέκταση των δραστηριοτήτων του ΕΛ.Γ.Α, μιας και η Ελλάδα είναι μια χώρα με έντονο ανάγλυφο, με πολλές καλλιέργειες και πληθώρα κλιματικών συνθηκών, η κάλυψη νέων ζημιολόγων αιτίων εκτός από τα αρχικώς καλυπτόμενα, η ανάγκη για αύξηση της αντικειμενικότητας και της εμπιστοσύνης των παραγωγών στα αποτελέσματα της εκτίμησης, δεδομένων των σημαντικών επιπτώσεων σε περίπτωση λανθασμένης εκτίμησης και τέλος η ανάγκη για μείωση του κόστους και του χρόνου των εκτιμήσεων, οδήγησε την διοίκηση του ΕΛ.Γ.Α στην χρηματοδότηση της έρευνας για αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών τηλεπισκόπησης και G.I.S στην εκτίμηση ζημιών, όπως προβλέπεται από το άρθρο 18 του κανονισμού ασφάλισης της φυτικής παραγωγής από τον ΕΛ.Γ.Α.

Η έρευνα για την αξιοποίηση από τον ΕΛ.Γ.Α της τεχνολογίας της τηλεπισκόπησης ξεκίνησε το 1996. Το πρόγραμμα συντονίστηκε από το Εργαστήριο Εφαρμογών Τηλεπισκόπησης (Καθ. Ν. Συλλαίος) του Τμήματος Γεωπονίας του Α.Π.Θ. και συμμετείχε και το ΕΘΙΑΓΕ. Η τριετής εντατική ερευνητική προσπάθεια, προς την κατεύθυνση αξιοποίησης των νέων τεχνολογιών προσαρμοσμένες στις ανάγκες του ΕΛ.Γ.Α, είχε πολύ σημαντικά αποτελέσματα και ανέδειξε ένα πλήθος νέων στοιχείων-δεδομένων κατάλληλων για περαιτέρω αξιοποίηση. Στο πλαίσιο του προγράμματος αυτού ο ρόλος του Εργαστηρίου ήταν η αξιοποίηση των δορυφορικών δεδομένων NOAA/AVHRR και METEOSAT (PDUS) για εκτίμηση και παρακολούθηση φυσικών αγροτικών κινδύνων, όπως χαλάζι, παγετός, ξηρασία, πλημμύρα, καθώς και συμβολή στη μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνων και της επίπτωσης των κινδύνων σε διάφορες καλλιέργειες.

Τον Ιανουάριο του 1999 δόθηκε η τελική έκθεση στην οποία συμπεριλαμβάνονταν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα από την διεξαχθείσα έρευνα, καθώς και οι τελικές προτάσεις για την αξιοποίηση από τον ΕΛ.Γ.Α της τεχνολογίας της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και ειδικότερα:

- 1) Τα αποτελέσματα από την εκτίμηση ζημιών στις κοινότητες Τριφυλλίου και Προβατώνα του Ν. Έβρου.
- 2) Αξιολόγηση για την δυνατότητα καταγραφής πλημμυρών με τη χρήση τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών
- 3) Προοπτικές από τον δορυφόρο SPOT-4 και τον απεικονιστή VEGETATION
- 4) Προοπτικές από την εκτόξευση του δορυφόρου IKONOS
- 5) Η εξέλιξη του λογισμικού ΔΗΜΗΤΡΑ για την διαχείριση των κτηματολογικών χαρτών και δορυφορικών εικόνων, καθώς και των σχετικών βάσεων δεδομένων.
- 6) Προγραμματισμός ενεργειών μετά το τέλος του προγράμματος.

Μετά από συνεκτίμηση όλων των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι η τεχνολογία της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών μπορούσε τότε να αξιοποιηθεί από τον ΕΛ.Γ.Α στις εκτιμήσεις ζημιών των σιτηρών σε λοφώδεις εκτάσεις, σε εκτιμήσεις ζημιών σε αρδευόμενες και μη καλλιέργειες σε επίπεδες εκτάσεις ή σε εδάφη με μικρή κλίση (βαμβάκι, καλαμπόκι, σακχαρότευτλα), στην καταγραφή πλημμυρισμένων εκτάσεων και τέλος στην παρακολούθηση ανάπτυξης της βλάστησης με τη χρήση δορυφόρων τύπου NOAA, όπως SPOT-4 VEGETATION μικρής διακριτικής ικανότητας.

2.3.5.1 Εκτίμηση ζημιών σιτηρών από παγετό με τηλεπισκόπηση

Στις κοινότητες Τριφυλλίου και Προβατώνα του Ν. Έβρου έγινε εκτίμηση ζημιάς από παγετό με χρήση της τηλεπισκόπησης και G.I.S. Πρόβλημα υπήρξε με τον προσδιορισμό των ορίων των αγροτεμαχίων και γι' αυτό χρησιμοποιήθηκαν ψηφιοποιηθέντες χάρτες από την ομάδα του Α.Π.Θ. για να γίνει η εκτίμηση σε επίπεδο αγροτεμαχίου. Μετά την διόρθωση της εικόνας με βάση τους χάρτες διανομής, έγινε υπέρθεση των χαρτών στην εικόνα του δορυφόρου, ο οποίος είχε ήδη ταξινομηθεί σε 256 κλάσεις δείκτη βλάστησης (NDVI).

Με πρωτότυπες μεθόδους οι οποίες αναπτύχθηκαν με τη χρήση του προγράμματος ERDAS, ArcView, Spatial Analyst των εταιρειών ERDAS και ESRI, έγινε ο υπολογισμός του NDVI μέσα στα όρια των αγροτεμαχίων, γεγονός που με την αυτόματη καταγραφή των αποτελεσμάτων στην βάση δεδομένων, όπου υπήρχαν τα αγροτεμάχια με τους κωδικούς τους και άλλες λεπτομέρειες, έδωσε μια πολύ μεγάλη ώθηση στο πρόγραμμα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός του NDVI δεν έγινε με διαδοχικές μετρήσεις ανά αγροτεμάχιο αλλά αυτόματα και για όλα τα αγροτεμάχια που υπήρχαν μέσα στον χάρτη διανομής. Το πρόγραμμα μετρά τον αριθμό των Pixels μέσα σε κάθε αγροτεμάχιο, «βλέπει» την τιμή του NDVI και υπολογίζει τον μέσο όρο, την ελάχιστη και μέγιστη τιμή και την τυπική απόκλιση.

Ένα πολύ σημαντικό βήμα και μάλιστα πρωτότυπο σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, έγινε μετά από επίπονη έρευνα των Πετσάνη Γ, Αλ. Κωνσταντινίδη και του καθηγητή Ν. Συλλαίου. Μέχρι τότε ο καθορισμός των επιπέδων ζημιάς γινόταν με οπτική ερμηνεία, δηλαδή με βάση τα χρώματα του υπομνήματος της δορυφορικής εικόνας (που αντιστοιχούν σε ένα εύρος τιμών ΔΒ). Με τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης του κτηματολογίου που είναι VECTOR τύπου, μετατράπηκε σε GRID με διαστάσεις Pixel 1m. Επίσης η εικόνα του δορυφόρου είναι κι' αυτή τύπου GRID με Pixel 23 x23 μέτρα, και τιμή για κάθε Pixel την τιμή του δείκτη βλάστησης από 0 έως 255 (-1 έως +1). Με τον τρόπο αυτό και την χρήση του λογισμικού ARCVIEW 3.1, τα δύο αρχεία συνδυάστηκαν και έγινε δυνατό να προσδιοριστούν τα Pixels της εικόνας μέσα στα όρια των αγρών, δηλαδή έγινε δυνατό να μετρηθεί ο αριθμός των Pixels της δορυφορικής εικόνας που αντιστοιχούν σε κάθε χωράφι και οι τιμές δείκτη βλάστησης που έχουν. Στη συνέχεια και για κάθε αγροτεμάχιο υπολογίστηκε ο μέσος όρος NDVI. Οι τιμές του NDVI και τα ποσοστά ζημιάς για κάθε αγροτεμάχιο χρησιμοποιήθηκαν σαν μεταβλητές σε ένα γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης, με εξαρτημένη μεταβλητή την % ζημιά και ανεξάρτητη μεταβλητή τον δείκτη βλάστησης.

Το γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης που δημιουργήθηκε από την στατιστική επεξεργασία όλων των αγροτεμαχίων είναι : **(Damage. Percent) D.P %ΖΗΜΙΑ=88-0,22x NDVI**

Με βάση το μοντέλο αυτό έγινε η εκτίμηση ζημιάς στις δύο κοινότητες.

Από τη συγκριτική μελέτη της απόλυτης διαφοράς, μεταξύ των εκτιμήσεων που έκαναν οι γεωπόνοι του ΕΛ.Γ.Α, με τα αποτελέσματα από την επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας προκύπτουν τα παρακάτω:

	ΤΡΙΦΥΛΛΙ	ΠΡΟΒΑΤΩΝΑΣ
Διαφορά σε ποσοστά ζημιάς	% στο σύνολο των αγρών που εξετάστηκαν	% στο σύνολο των αγρών που εξετάστηκαν
>15%	27	17
10-15%	13	23
<10%	60	60

Πίνακας 5. Διαφορές στα ποσοστά ζημιάς των αγροτεμαχίων στις κοινότητες Τριφυλλίου και Προβατώνα μεταξύ των εκτιμήσεων των γεωπόνων του ΕΛ.Γ.Α και των αποτελεσμάτων από την επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας

Από τα παραπάνω φαίνεται καθαρά ότι τα NDVI μοντέλα έδειξαν συμφωνία με τις εκτιμήσεις των γεωπόνων με διαφορές μικρότερες από 15% ζημιάς σε ποσοστό 73-83% των χωραφιών χωρίς να ξεχνάμε το σφάλμα + η – του εκτιμητή.

Στις μικρές (<40%) η στις πολύ μεγάλες (>80%) η απόκλιση είναι μεγαλύτερη μια που το στατιστικό σφάλμα μεγιστοποιεί στην επίλυση του μοντέλου την διαφορά αυτή. Επίσης πρόβλημα υπήρξε και στους μικρούς αγρούς που απαιτείται μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα.

Επίσης θα πρέπει να τονισθεί ότι ήταν η πρώτη φορά που έγινε εκτίμηση με μια νέα μεθοδολογία, που συνοπτικά περιγράφηκε προηγουμένως με επίλυση στατιστικού μοντέλου και μαζικά για ένα μεγάλο αριθμό χωραφιών. Ο υπολογισμός των ζημιών με βάση το μοντέλο για τουλάχιστον 650 αγρούς με όλες τις διαδικασίες δεν ξεπέρασε τα 30', από την στιγμή που υπολογίστηκε ο NDVI στην εικόνα και επικάθησε ο χάρτης κτηματολογίου πάνω της.

Μεγαλύτερη στατιστική διερεύνηση χρειάστηκε σε ζημιές <40% και >80% γιατί το στατιστικό σφάλμα μεγαλώνει στα άκρα της καμπύλης. Με μια αρχική μακροσκοπική εξέταση βλέπουμε το επίπεδο ζημιάς σε όλη την κοινότητα και προγραμματίζουμε καλύτερα την οργάνωση της δουλειάς αρχίζοντας π.χ από τις περιοχές με την μεγαλύτερη ζημιά.

Στα μεσαία και μεγάλης έκτασης έγινε προσπάθεια οπτικής ποιοτικής εκτίμησης της ζημιάς και σύγκριση με το ποσοστό ζημιάς που εκτίμησε ο γεωπόνος του ΕΛ.Γ.Α . Η συμφωνία σε μεγάλο βαθμό των δύο μεθόδων μας έδειξε ότι η Τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτο και βοηθητικό βήμα στην εκτίμηση της ζημιάς.

Το πρόβλημα της αναγνώρισης των ορίων των αγροτεμαχίων που υπήρξε στις λοφώδεις εκτάσεις δεν υπήρξε στις πεδινές περιοχές. Ακόμη και με την τότε διακριτική ικανότητα των δορυφόρων SPOT, LANSAT-5, IRS, JERS, οι αγροί με βαμβάκια, καλαμπόκια, σακχαρότευτλα και άλλες αρδευόμενες καλλιέργειες φαινόταν με ικανοποιητική ευκρίνεια.

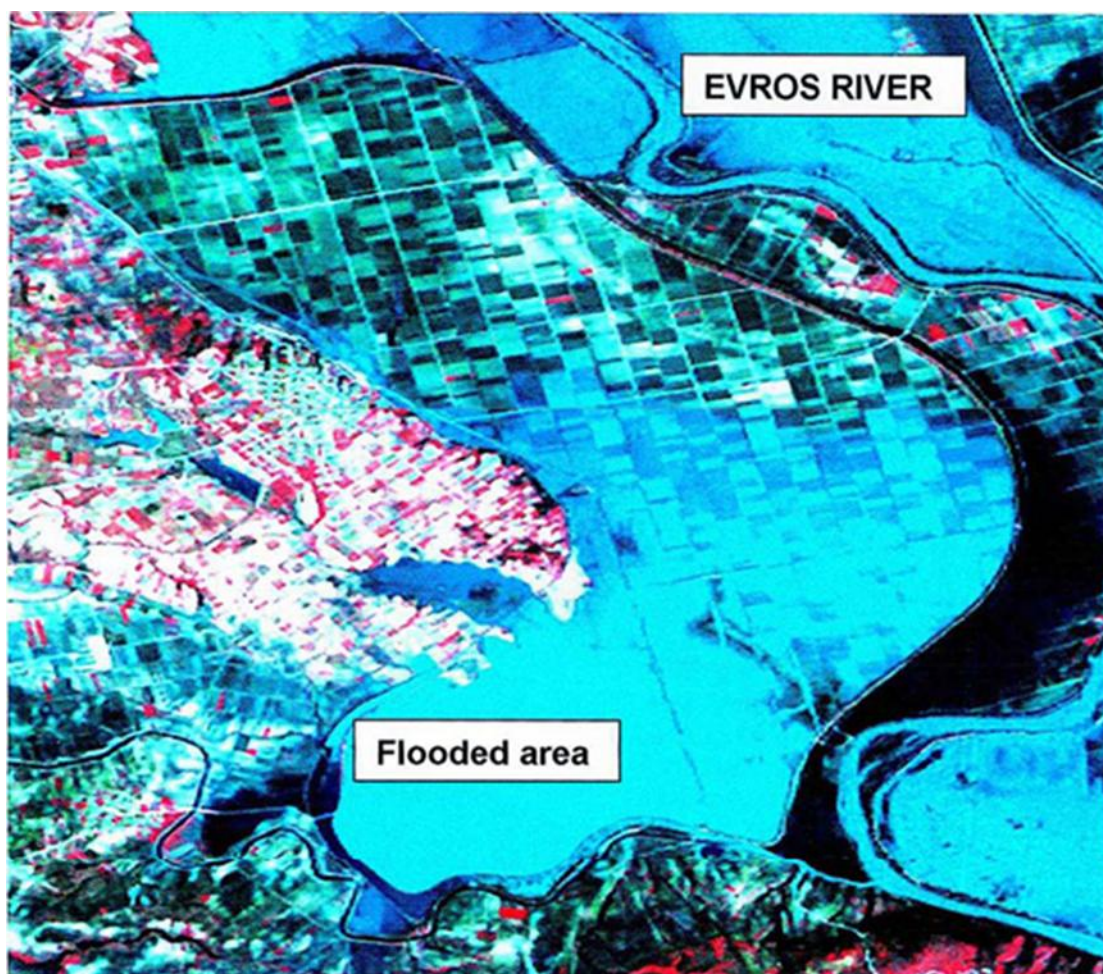
2.3.5.2 Καταγραφή πλημμυρισμένων εκτάσεων

Επίσης στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος έγινε καταγραφή πλημμύρας στον Έβρο όπως δείχνει η παρακάτω φωτογραφία.

Η Εικόνα 20 είναι μια εικόνα δορυφόρου SPOT, η οποία ελήφθη στις 21-2-98 και έχει καταγράψει τις πλημμυρισμένες εκτάσεις του Ν. Έβρου. Φαίνεται ένα μέρος της περιοχής δυτικά (Ελλάδα) και ανατολικά (Τουρκία) του ποταμού.

Η Εικόνα 20 δείχνει τις επιχειρησιακές δυνατότητες που παρέχει η τηλεπισκόπηση στην περίπτωση των πλημμυρών και την βοήθεια που μπορεί να δώσει στον ΕΛ.Γ.Α όσον αφορά την ακριβή οριοθέτηση των πληγέντων εκτάσεων. Είναι ευνόητο, ότι εκμεταλλευόμενη την δυνατότητα των δορυφόρων να λαμβάνουν εικόνα της ίδιας περιοχής κάθε 15 περίπου ημέρες , μπορεί ο ενδιαφερόμενος να παρακολουθήσει την εξέλιξη της πλημμύρας στην επιθυμητή χρονική περίοδο.

Ενδεικτική ακόμη είναι και η περίπτωση καταγραφής της πλημμύρας στην περιοχή της κοινότητας Βαφιοχωρίου Κιλκίς (πρώην λίμνη Αρτζάν) που πραγματοποιήθηκε στα αρχικά στάδια του προγράμματος. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκε δορυφορική εικόνα radar του δορυφόρου ERS-1 και σκοπός ήταν η ταξινόμηση της πλημμύρας σε μεγέθη έντασης- έκτασης και όχι η εξατομίκευση ζημιάς σε επίπεδο αγροτεμαχίου. Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του «κατατεμαχισμού της εικόνας» (density slicing), όπως και της απάλειψης του σφάλματος του ανάγλυφου με τη χρήση ψηφιακών μοντέλων εδάφους (DEM).



Εικόνα 22. Οι πληγείσες από πλημμύρα εκτάσεις σε τμήμα του Ν. Έβρου, όπως καταγράφηκε στην δορυφορική εικόνα SPOT, η οποία ελήφθη στις 21-2-98 . Στην εικόνα φαίνεται επίσης η διαφορά της εμφάνισης των αγρών στις πεδινές εκτάσεις. Μέσα στην μη πλημμυρισμένη πεδιάδα φαίνονται 4-5 χωράκια με βλάστηση, ερυθρό χρώμα, ενώ τα άλλα είναι ακαλλιέργητα.

2.3.5.3 Παρακολούθηση της ανάπτυξης της βλάστησης και πιθανή πρόβλεψη της παραγωγής σε μεγάλες περιοχές με ομοιογενείς καλλιέργειες.

Στην Ελλάδα η βλαστική περίοδος για το σιτάρι και το κριθάρι είναι από τον Οκτώβριο μέχρι τα μέσα Ιουνίου. Το πράσινο φύλλωμα (canopy) κυριαρχείται από τα δύο αυτά είδη δημητριακών μέχρι τα μέσα Μαΐου, ενώ αργότερα οι ανοιξιάτικες καλλιέργειες είναι αυτές που αυξάνουν την βιομάζα τους. Για το μοντέλο αυτό απαιτούνται κλιματικά δεδομένα, που μπορούμε να τα πάρουμε από τον κύριο περιφερειακό μετεωρολογικό σταθμό που είναι κοντά στην περιοχή μελέτης.

Η φασματική ανάκλαση της πράσινης βλάστησης είναι μεταβαλλόμενη ως προς το μήκος κύματος. Στο ορατό τμήμα του φάσματος το φυσικό χρώμα των ιστών κυριαρχεί στη φασματική αντίδραση των φυτών και ιδιαίτερα η απορρόφηση από την χλωροφύλλη. Στο εγγύς υπέρυθρο η ανάκλαση αυξάνεται λόγω της πολύ μικρής απορρόφησης των πράσινων φύλλων. Έτσι ο NDVI αυξάνει αναλογικά με την ποσότητα της πράσινης βιομάζας στην επιφάνεια του εδάφους. Η τελική απόδοση των καλλιεργειών σχετίζεται με την ανάπτυξη της φυτομάζας κατά τη βλαστική περίοδο. Παρόλα αυτά έχει βρεθεί υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στην απόδοση του σιταριού και το χρόνο μεταξύ της επιμήκυνσης του μίσχου και της άνθησης. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το φύλλωμα του σιταριού και του

κριθαριού (canopy) κυριαρχούν μέχρι τα μέσα Μαΐου. Αργότερα εμφανίζεται μια «φασματική σύγχυση» με τις ανοιξιάτικες καλλιέργειες.

Με βάση αυτά τα γεγονότα δημιουργήθηκε ο συσσωρευτικός NDVI κατά την περίοδο μεταξύ του 1ου δεκαημέρου του Μαρτίου και του 1ου δεκαημέρου του Μαΐου όπου η φασματική αντίδραση του κάθε ριxel οφείλεται κυρίως στο σιτάρι και το κριθάρι. Αρχικά εφαρμόστηκαν απλές γραμμικές παλινδρομήσεις για την απόδοση των καλλιεργειών και τις παραμέτρους NDVI (ετήσιος μέγιστος NDVI-NDVImax, συσσωρευτικός NDVI Μαρτίου-Μαΐου NDVI MM και συσσωρευτικός NDVI Νοεμβρίου-Μαρτίου NDVI NM).

Σίγουρα σημαντικό ρόλο παίζει η επάρκεια νερού κατά τα στάδια της εκβλάστησης και της ανάπτυξης των φυτωρίων που συμβαίνουν μεταξύ Οκτωβρίου και Νοεμβρίου, όπως επίσης και στην επιμήκυνση του μίσχου και στην άνθηση που γίνονται την περίοδο της Άνοιξης. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η βροχή συμπεριλήφθηκε, ως απλή ενσωματωμένη παράμετρος για την περίοδο από το Σεπτέμβριο ως το τέλος Μαΐου (P) και ως διπλή παράμετρος, η μια ενσωματωμένη από το Σεπτέμβριο ως τον Ιανουάριο, αναφερόμενη ως πρώιμη βροχή (PE), και η άλλη ενσωματωμένη από τον Φεβρουάριο ως τον Μάιο χαρακτηριζόμενη ως όψιμη βροχή (PL).

Οι παλινδρομήσεις που περιλάμβαναν τις παραμέτρους PE και PL ήταν καλύτερες απ' αυτές που περιλάμβαναν την παράμετρο P. Οι παλινδρομήσεις που είχαν τον δείκτη NDVI MM ήταν καλύτερες απ' αυτές που είχαν είτε τον δείκτη NDVImax είτε τον NDVI NM.

Οι καλύτερες εξισώσεις παραγωγής σε κιλά ανά εκτάριο είναι :

Σιτάρι: ΑΠΟΔΟΣΗ = $-294,40 + 572,45 \times \text{NDVI MM} + 1,78 \times \text{PE} + 5,06 \text{ PL}$

($R_2 = 0,85$ -τυπική απόκλιση = 39,3 Kg/στρέμμα)

Κριθάρι: ΑΠΟΔΟΣΗ = $48,08 + 408,64 \times \text{NDVI MM} + 0,98 \times \text{PE} + 4,12 \text{ PL}$

($R_2 = 0,72$ -τυπική απόκλιση = 42,0 Kg/στρέμμα)

Οι εξισώσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν σε μεσογειακές συνθήκες για μηνιαίες εκτιμήσεις της παραγωγής του σιταριού και του κριθαριού σε διαφορετικές επαρχίες. Οι διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης και της πραγματικής παραγωγής είχαν μια τάση μείωσης προς το τέλος της συσσωρευτικής περιόδου (1ο δεκαήμερο Μαΐου), που ορίστηκε ως η τελική ημερομηνία για το συγκεκριμένο μοντέλο. Και οι δύο σχέσεις αποδείχθηκαν χρήσιμες για την πρόβλεψη των τελικών αποδόσεων σιταριού και κριθαριού, τουλάχιστον 4 εβδομάδες πριν τη συγκομιδή.

2.3.5.4 Εκτίμηση των ζημιών των σιτηρών από ξηρασία στο Νομό Λάρισας με τη χρήση τηλεπισκόπησης και GIS.

Την άνοιξη του 2001, το φαινόμενο της ξηρασίας έπληξε σε μεγάλη έκταση τα σιτηρά του Νομού Λάρισας. Στα πλαίσια των αποζημιώσεων από τα Π.Σ.Ε.Α., οι Ελληνικές Γεωργικές Ασφαλίσεις, σε συνεργασία με το Υπουργείο Γεωργίας, ανέθεσαν στο εργαστήριο Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S), την εκτίμηση των ζημιών σε επίπεδο δημοτικών διαμερισμάτων (πρώην κοινότητες). Η ανάθεση αυτή έγινε το Σεπτέμβριο του 2001, περίοδο κατά την οποία είχε γίνει η συγκομιδή των καλλιεργειών και δεν μπορούσε να γίνει εκτίμηση ζημιάς στα χωράφια. Τα στοιχεία που είχαμε αφορούσαν γενικότερες παρατηρήσεις και πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν με εργασία υπαίθρου και την συνεργασία των γεωπόνων της Διεύθυνσης Γεωργίας, που είχαν μια γενική άποψη για την εξέλιξη του φαινομένου της ξηρασίας, ενώ οι εκτιμήσεις τους για το επίπεδο ζημιάς, σε ορισμένα μόνο δημοτικά διαμερίσματα, ήταν προσεγγιστική.

Οι απαιτήσεις του Υπουργείου Γεωργίας και του ΕΛ.Γ.Α. ήταν να γίνει αρχικά ποιοτική εκτίμηση της ζημιάς στα σιτηρά με τη χρήση των δορυφορικών εικόνων σε επίπεδο δημοτικών διαμερισμάτων και στη συνέχεια, με βάση τις πληροφορίες που είχαμε συλλέξει

από τους γεωπόνους του ΕΛ.Γ.Α. και της Διεύθυνσης Γεωργίας του νομού, να βγουν τα ποσοστά ζημιάς ανά Δημ. Διαμέρισμα.

Τα δεδομένα που έπρεπε να μελετηθούν και να συνεκτιμηθούν με τη χρήση των δορυφορικών εικόνων αρχείου ήταν: 1) τα συμπτώματα στη φυλλική επιφάνεια των καλλιεργουμένων με σιτηρά αγροτεμαχίων λόγω του φαινομένου της ξηρασίας, άρχισαν να γίνονται εμφανή κατά τα τέλη Μαρτίου με αρχές Απριλίου του 2001, 2) τα σιτηρά αποτελούν τη περίοδο αυτή την κύρια καλλιέργεια για το νομό Λάρισας, με μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής το σκληρό σίτο, 3) υπήρχαν συγκεκριμένα δημοτικά διαμερίσματα στα οποία, λόγω της σοβαρότητας του φαινομένου, οι παραγωγοί αναγκάστηκαν να ποτίσουν, 4) οι υπόλοιπες καλλιέργειες που συνυπήρχαν κατά την ίδια χρονική περίοδο (π.χ. τριφύλλι, δενδροκομικές) είναι αρδευόμενες και εξελίχθηκαν φυσιολογικά, 5) υπάρχει έντονο ανάγλυφο εδάφους στο νομό Λάρισας και μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας του νομού καλύπτεται από ορεινούς όγκους και 6) δεν υπήρχαν αξιοποιήσιμα κτηματολογικά δεδομένα για το νομό (ψηφιακή μορφή).

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τα εξής στάδια :

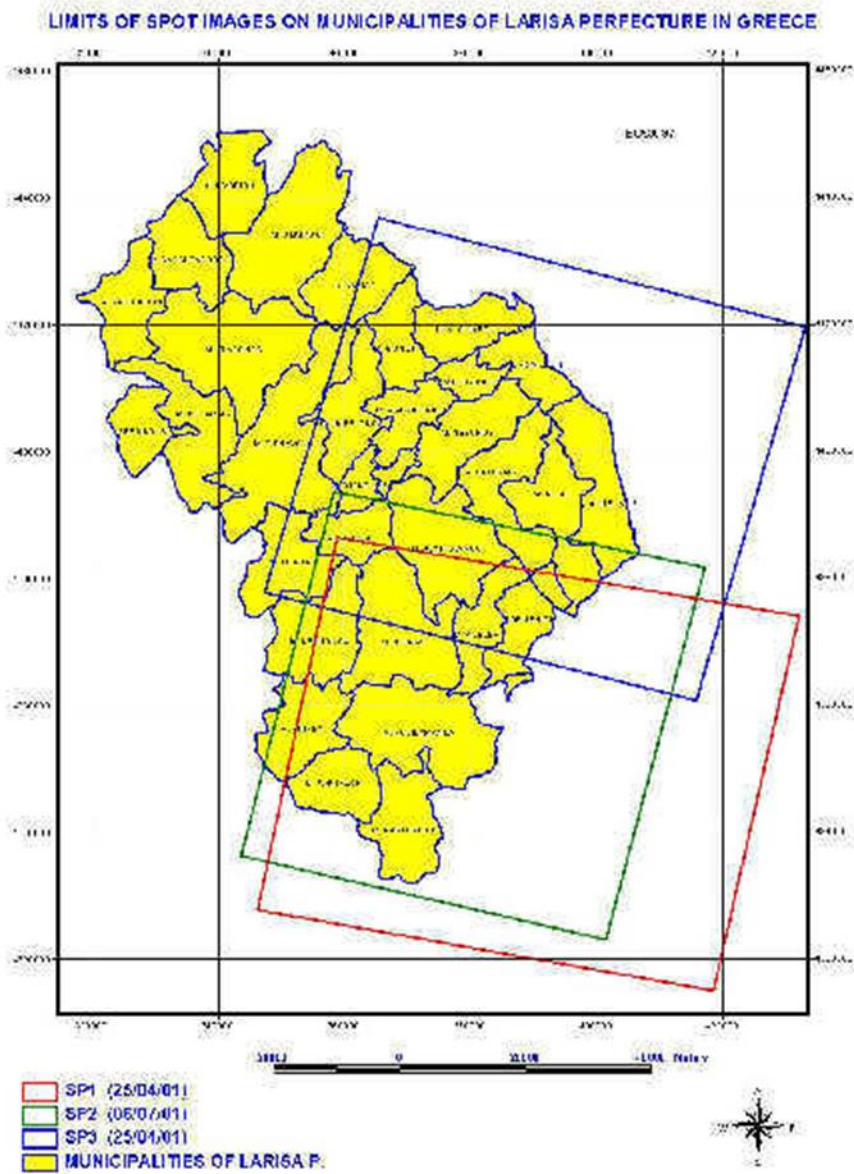
1) Επιλέχθηκαν οι κατάλληλες χρονικά δορυφορικές εικόνες και συγκεκριμένα: α) δύο πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες Spot-2 διακριτικής ικανότητας 20 μέτρων, με ημερομηνίες λήψης 25-04-01 (SP1) και 06-07-01 (SP2) που καλύπτουν το νότιο τμήμα του νομού Λάρισας β) μια πολυφασματική δορυφορική εικόνα Spot-1 διακριτικής ικανότητας 20 μέτρων με ημερομηνία λήψης 25-04-01 (SP3) που καλύπτει το βόρειο-ανατολικό τμήμα του νομού Λάρισας, γ) δύο πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες του δορυφόρου IRS-1C (Liss III) διακριτικής ικανότητας 25 μέτρων, με ημερομηνίες λήψης 23-03-02 (IR1) (εικόνα 3) και 16-04-02 (IR2) (εικόνα 1, σελ.49) και κάλυψη όλου του νομού Λάρισας.

2) Στην συνέχεια έγινε επεξεργασία των εικόνων και αναγωγή τους σε επιθυμητό γεωγραφικό σύστημα αναφοράς. 3) Από δειγματοληπτικές περιοχές έγινε λήψη φασματικών υπογραφών. 4) Με εφαρμογή τεχνικών ανάλυσης, μοντέλων και αλγορίθμων δημιουργήθηκαν τροποποιημένες εικόνες (π.χ. εικόνες δείκτη βλάστησης, σύνθετες εικόνες διαφορετικών χρονικών περιόδων). 5) Εφαρμόστηκαν τεχνικές ταξινόμησης για την εξαγωγή ποιοτικά διαφοροποιημένων κλάσεων με βάση επιθυμητά κριτήρια. 6) Έγινε υπέρθεση ορίων 'γεωγραφικών μονάδων' (π.χ. όρια δημοτικών διαμερισμάτων) με χρήση G.I.S και εφαρμογή τεχνικών εκτατικής ποσόστωσης (% αναλογία) των κλάσεων ανά γεωγραφική μονάδα. 7) Έγινε ποσοτικοποίηση των κλάσεων και αναγωγή σε τελικό ποσοστό ζημιάς με επιλογή ενιαίου συντελεστή 'ολικής ζημιάς' ανά κλάση. 8) Τέλος έγινε στατιστικός και συγκριτικός έλεγχος της ακρίβειας των αποτελεσμάτων.

2.3.5.5 Η «Νέα» Εποχή της τηλεπισκόπησης. Εκτίμηση ζημιών με τηλεπισκόπηση σε καλλιέργειες ορεινών περιοχών.

Τα τελευταία χρόνια η πρόοδος στον τομέα της διαστημικής εξερεύνησης, η ανάπτυξη πολλών δορυφορικών συστημάτων (οπτικών και Radar) από διάφορα κράτη, η ύπαρξη δορυφόρων υψηλής ανάλυσης (SPOT 1,2,3,4, LANDSAT 5,7,8 J-ERS-IRS), επιπρόσθετα οι νέες γενιές δορυφόροι πολύ υψηλής ανάλυσης (IKONOS και Quickbird) και μεγάλης διακριτικής ικανότητας, η ραγδαία ανάπτυξη των δυνατοτήτων των Η/Υ και η μείωση του κόστους των αισθητήρων, έχουν κάνει την εφαρμογή της τηλεπισκόπησης και των G.I.S εφικτή στο μεγαλύτερο μέρος της εκτιμητικής διαδικασίας από τον ΕΛ.Γ.Α, όπως συμβαίνει διεθνώς.

Δημιουργώντας δείκτες βλάστησης μπορούμε να εκτιμήσουμε την κατάσταση των καλλιεργειών, πριν και μετά το ζημιόγONO αίτιο και να έχουμε μια πρώτη εκτίμηση της ζημιάς.



Εικόνα 23. Δορυφορικές εικόνες Ν. Λαρίσας

Στις ζημιές στο ζωικό κεφάλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία της τηλεπισκόπησης σε πυρκαγιές, πλημμύρες, χιονοπτώσεις, μόνο όσον αφορά την έκταση του φαινομένου. Είναι απαραίτητη η εκτίμηση και η νεκροψία από τους κτηνίατρους και γεωπόνους του ΕΛ.Γ.Α.

Σε ζημιές στο φυτικό κεφάλαιο η τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως σε πλημμύρα (με ακριβή οριοθέτηση της πληγείσας έκτασης) και σε παγετό, χαλάζι (ειδικά εκεί που έχουμε έντονη αποφύλλωση). Θα πρέπει να αναφερθεί εδώ ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δημιουργήσει το Centre for Earth Observation (CEO) για να συντονίσει όλες τις ενέργειες που έχουν σχέση με τις εφαρμογές της τηλεπισκόπησης. Το CEO έχει χρηματοδοτήσει το πρόγραμμα Hail Project, το οποίο έχει ως στόχο να πληροφορήσει τις Ευρωπαϊκές ασφαλιστικές εταιρείες, για τις δυνατότητες εφαρμογής της τηλεπισκόπησης στην εκτίμηση των ζημιών από χαλάζι.

Επίσης η τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ζημιές από ξηρασία, από εντομολογικές προσβολές, φυτοπαθολογικές ασθένειες, πυρκαγιές και χιόνι που δεν καλύπτονται από τον κανονισμό ασφάλισης φυτικής παραγωγής από τον ΕΛ.Γ.Α, αλλά έχουν καλυφθεί από τα Π.Σ.Ε.Α.

Στις ορεινές περιοχές η εφαρμογή της τηλεπισκόπησης είναι πιο δύσκολη, εξαιτίας του ορεινού ανάγλυφου, των μικρών κλήρων με τις πολλές και διαφορετικές καλλιέργειες και των αντίξωων καιρικών συνθηκών. Χρειάζονται δορυφόροι με μεγάλη διακριτική ικανότητα.

Στην καλλιέργεια μήλων, που αποτελεί την πιο σημαντική καλλιέργεια των ορεινών περιοχών, η χαρτογράφηση της ευρωστίας της κόμης των δένδρων, μέσω του δείκτη NDVI, που χρησιμοποιείται στη γεωργία ακριβείας, μπορεί να μας δώσει μια πρώτη εκτίμηση ζημιάς από χαλάζι.

Συγκεκριμένα το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, έκανε χαρτογράφηση του δείκτη NDVI σε μηλέωνα ανά 15 ημέρες, επί 3 χρόνια, χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα Cropcircle Holland της εταιρείας Scientific, USA (Εικ.3)



Εικόνα 24. Χαρτογράφηση δείκτη NDVI σε δύο μέρη της κόμης των δένδρων με τον αισθητήρα Cropcircle.

Η σύγκριση των χαρτών NDVI με την τελική παραγωγή έδειξε ότι κάθε Ιούνιο η παραλλακτικότητα του δείκτη είχε συσχέτιση με την παραλλακτικότητα της τελικής παραγωγής. Δηλαδή η χαρτογράφηση του δείκτη NDVI τον μήνα Ιούνιο μπορεί να «δείξει» στους παραγωγούς τη μελλοντική παραλλακτικότητα της παραγωγής. Με αυτό τον τρόπο οι παραγωγοί έχουν τη δυνατότητα να διαχειριστούν κατάλληλα τους οπωρώνες τους με την σωστή εφαρμογή του λιπάσματος, με σκοπό την αύξηση του κέρδους τους. Παράλληλα μπορεί να εκτιμηθεί και η απώλεια παραγωγής από τα χαλάζια του καλοκαιριού, με την προϋπόθεση να γίνουν οι επιτόπιοι έλεγχοι για να διαπιστωθεί, αν οι παραγωγοί πραγματοποίησαν τις κατάλληλες καλλιεργητικές φροντίδες.

Όσον αφορά τα αμπελοειδή, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον εδαφικά προσαρμοσμένο δείκτη βλάστησης (SAVI) επειδή η κάλυψη βλάστησης είναι χαμηλότερη από άλλες καλλιέργειες. Ο Huete (1988) πρότεινε τον εδαφικά προσαρμοσμένο δείκτη βλάστησης (SAVI) για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος. Ο SAVI είναι ένα υβρίδιο μεταξύ ενός αναλογικού δείκτη (NDVI) και κάθετου δείκτη (PVI). Ακόμη στα αμπέλια έχουμε διαφορετικά φασματικά χαρακτηριστικά της κόμης του και των υποκειμένων εδάφους. Οι υπέρυθρες πολυφασματικές εικόνες υψηλής ευκρίνειας (μέγεθος εικονοστοιχείου μικρότερο από την απόσταση γραμμών φύτευσης) προσφέρουν ένα ποιοτικό και ποσοτικό ταυτόχρονα εργαλείο για την ανάλυση και χαρτογράφηση της σχετικής ποσότητας φυτικής κώμης στην γραμμή φύτευσης. Αυτό έχει βοηθήσει στον εντοπισμό των περιοχών με φυλλοξήρα.

2.3.5.6 Συμπεράσματα για την εκτίμηση ζημιών για τα ζημιογόνα αίτια εκτός της πλημμύρας.

Οι δορυφορικές εικόνες και τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση ζημιών στη γεωργική παραγωγή και από χαλάζι (ειδικά εκεί που έχουμε έντονη αποφύλλωση), από παγετό και ξηρασία, όπως έχει δείξει η Ελληνική και διεθνής εμπειρία. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε ζημιές από εντομολογικές προσβολές, φυτοπαθολογικές ασθένειες, πυρκαγιές και χιόνι. Με τις δορυφορικές εικόνες μπορεί να γίνει χαρτογράφηση των περιοχών με τις καλλιέργειες και τα στάδια ανάπτυξης τους και μπορούμε να έχουμε μια γενικά αποδεκτή εικόνα των ζημιωθέντων εκτάσεων, ώστε να δοθεί προτεραιότητα στην εκτίμηση. Παρά τις δυνατότητες που προσφέρει η τηλεπισκόπηση στην εκτίμηση ζημιών στις γεωργικές καλλιέργειες, πολλοί παράγοντες που αλληλεπιδρούν όπως ζιζάνια, ελλειψείς καλλιεργητικές φροντίδες, νέφωση, κλιματικοί παράγοντες, ανάγλυφο εδάφους, μπορεί να καταστήσουν λιγότερο αποδεκτά τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης στην εκτίμηση ζημιών των γεωργικών καλλιεργειών. Κατά συνέπεια και όπως έχει δείξει η εμπειρία από την εφαρμογή της τηλεπισκόπησης στην εκτίμηση ζημιών στις γεωργικές καλλιέργειες, η τηλεπισκόπηση αποτελεί ένα πολύτιμο βοηθητικό εργαλείο στην εκτιμητική διαδικασία, για όλα τα ζημιογόνα αίτια εκτός της πλημμύρας.

Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να εστιάσει στο πώς θα περιοριστούν η απομονωθούν οι επιδράσεις από άλλους παράγοντες εκτός των ζημιογόνων αιτιών, ώστε να έχουμε καλύτερα και πιο αξιόπιστα αποτελέσματα στην εκτίμηση ζημιών σε γεωργικές καλλιέργειες.

2.4 Αντικειμενοστρεφής ανάλυση απεικονίσεων (OBIA)

Οι τρέχουσες εξελίξεις (συνδυασμένη χρήση τηλεπισκόπησης και G.I.S) οδηγούν σε αντικειμενοστραφή ανάλυση δορυφορικών εικόνων αφού: α) τα δεδομένα εξόδου, μιας τέτοιου είδους ανάλυσης, αποτελούν δεδομένα εισόδου (input data) για ένα GIS καθώς είναι άμεσα διαχειρίσιμα (σε αντίθεση με την προσανατολισμένη σε εικονοστοιχεία - pixel-based - ανάλυση), β) τα αγροτεμάχια αντιμετωπίζονται ως «αντικείμενα», επειδή δε η ανάλυση είναι αντικειμενοστραφής, η ταξινόμηση γίνεται σε επίπεδο αντικειμένων που μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα σε ένα GIS, αλλά και να «συγκριθούν» εύκολα σε σχέση με υπάρχοντα διανυσματικού τύπου αρχεία, γ) η εμπειρία του χρήστη, η γνώση των τύπων

των καλλιεργείων (λόγω εμπειρίας), η εμπειρία στην οπτική αναγνώριση καλλιεργείων και η εμπειρία στην εκτίμηση ζημιάς βοηθούν στην αντιπαράβολή με τα δορυφορικά δεδομένα, (θεωρητικά, ένας πεπειραμένος στο αντικείμενο επιστήμονας μπορεί να θέσει και κανόνες στην ταξινόμηση στο λογισμικό eCognition – rule-based classification) και δ) η ύπαρξη διανυσματικών αρχείων βοηθητικά σε επίπεδο αντικειμένου (τα διανυσματικά αρχεία οριοθετούν τα αγροτεμάχια και χρησιμοποιούνται για την βελτιστοποίηση της κατάτμησης).

2.4.1 Το πρόγραμμα eCognition

Μέχρι πρόσφατα η ανάλυση των δορυφορικών εικόνων γίνονταν με τις κλασικές μεθόδους με την χρήση αλγορίθμων και τεχνικών ταξινόμησης που περιορίζονταν σχεδόν αποκλειστικά στο επίπεδο του εικονοστοιχείου, το οποίο με βάση τις ιδιότητες του εντάσσονταν σε κάποια θεματική κατηγορία. Αυτές οι ταξινομήσεις με προσανατολισμένη σε εικονοστοιχεία (pixel-based) ανάλυση, δεν μας βοηθούσαν να δημιουργήσουμε κατηγορίες από τις οποίες να εξάγεται ουσιαστικό φυσικό νόημα, που είναι το ζητούμενο κατά την ανάλυση δορυφορικών εικόνων, είχαν έντονο το φαινόμενο του θορύβου, δηλαδή οι ταξινομήσεις χαρακτηρίζονταν από διάσπαρτες μεμονωμένες ανακρίβειες και τα δεδομένα τους δεν ήταν άμεσα διαχειρίσιμα από τα GIS.

Τα προβλήματα αυτά έθεσαν σε νέα βάση μια καινούργια μέθοδο ανάλυσης εικόνας, την αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας (Object Based Image Analysis, OBIA).

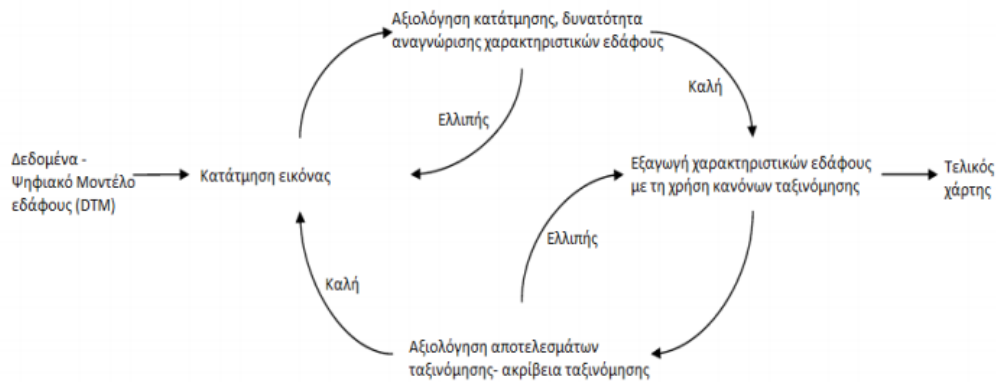
Σύμφωνα με τον ορισμό που δόθηκε από τους Hay και Castilla (2006), «Η αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας, αποτελεί μια ειδική εφαρμογή των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIScience), που έχει σκοπό να εισάγει στην ανάλυση της εικόνας σημασιολογικά αντικείμενα αυτής, τα οποία επιφέρουν χωρικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά».

Κατά την αντικειμενοστρεφή μέθοδο ανάλυσης εικόνας η στοιχειώδης μονάδα ανάλυσης δεν είναι το μεμονωμένο εικονοστοιχείο, αλλά το αντικείμενο που αποτελείται από ομαδοποιημένα εικονοστοιχεία, που έχουν αναγνωριστεί και ενωθεί με γειτονικά εικονοστοιχεία με αλγορίθμους, με βάση φασματικά και σχηματικά κριτήρια. Με τις διαδικασίες της κατάτμησης και της ταξινόμησης, η αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας καταφέρνει να εξετάζει και να συνδέει διαφορετικά αντικείμενα [Gercek, 2010].

Η αντικειμενοστρεφής ανάλυση προσεγγίζει αρκετά τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος, όταν αντλεί πληροφορίες από τις εικόνες, με βάση την φωτοερμηνευτική εμπειρία του. Όσο μεγαλύτερη είναι η χωρική ανάλυση μιας απεικόνισης τόσο πιο απαραίτητες για την φωτοερμηνεία και την ταξινόμηση της εικόνας είναι οι πληροφορίες που λαμβάνουμε από τα αντικείμενα και τις αλληλοσυσχετίσεις τους, σε σχέση με τις πληροφορίες που λαμβάνουμε από τα μεμονωμένα εικονοστοιχεία.

Η δημιουργία ενός νέου λογισμικού eCognition ήρθε να ολοκληρώσει τις νέες εξελίξεις στον τομέα ανάλυσης εικόνας. Το λογισμικό eCognition δημιουργήθηκε και διατίθεται από τη γερμανική εταιρία DEFiNiENS Imaging GmbH (www.definiens.com).

Η εφαρμογή της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας απαιτεί δύο βασικές διαδικασίες επεξεργασίας: την κατάτμηση και την ταξινόμηση. Με το τέλος της ταξινόμησης πραγματοποιείται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μέσω του λογισμικού. Στην εικόνα 28 φαίνεται η διαδικασία αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας.



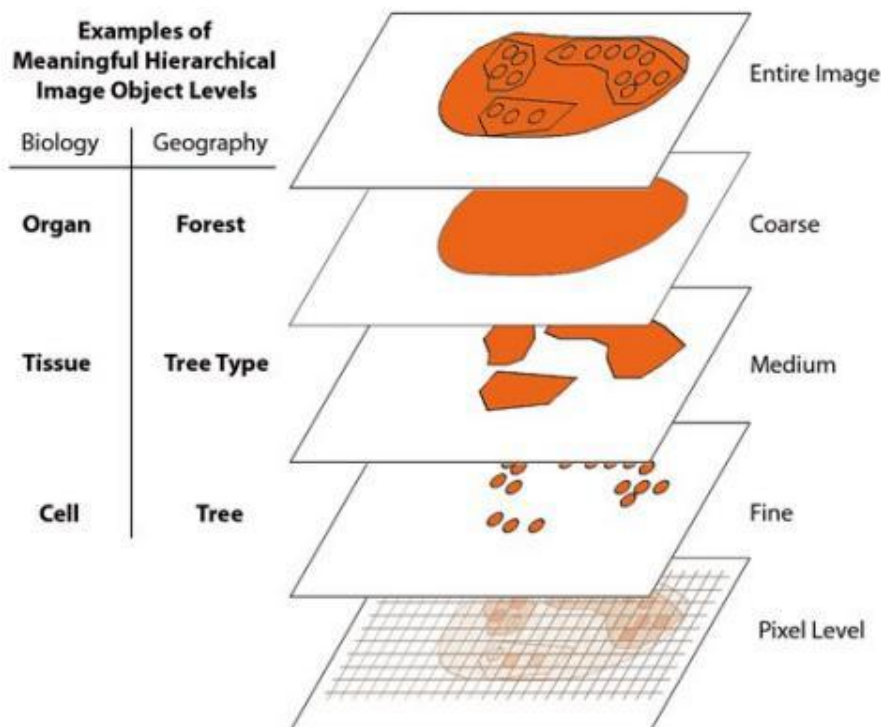
Εικόνα 25. Η ροή εφαρμογής των βασικών διαδικασιών στην αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας. [Πηγή : Anders et. al., 2010].

2.4.1.1 Κατάτμηση (segmentation)

«Ως κατάτμηση ορίζεται η υποδιαίρεση μιας εικόνας σε μικρότερες περιοχές. Στο λογισμικό eCognition ως κατάτμηση της εικόνας ονομάζεται μια διαδικασία δημιουργίας καινούργιων αντικειμένων ή μεταβολής της μορφολογίας των αντικειμένων που ήδη υπάρχουν, με σκοπό τα νέα αντικείμενα που θα παραχθούν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω επεξεργασία, ώστε να εξαχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα και οι πληροφορίες που επιδιώκουμε από την ανάλυση της εικόνας (στην προκειμένη περίπτωση είναι η ταξινόμηση των καλλιεργειών της παραποτάμιας περιοχής του Έβρου). Με τους αλγόριθμους κατάτμησης ομαδοποιούμε τα στοιχεία της εικόνας με βάση κάποια κριτήρια (χρώμα, σχήμα) και δημιουργούμε αντικείμενα ομοιογενή που διαφοροποιούνται από τα γειτονικά αντικείμενα. Έτσι δημιουργούνται αντικείμενα με σημαντική υπόσταση. Αυτό σημαίνει ότι η μορφή κάθε αντικείμενου, θα πρέπει ιδανικά να αντιστοιχεί σε κάποιο αντικείμενο της εικόνας» (Baatz et al 2000).

Κύριο χαρακτηριστικό του λογισμικού eCognition είναι ότι χρησιμοποιεί μια καινούργια μέθοδο κατάτμησης της εικόνας, την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης. Με αυτή ο χρήστης μπορεί να καθορίσει το μέγεθος των αντικειμένων, τη φασματική ομοιογένεια που θα παρουσιάζουν, καθώς και σε ποιο βαθμό τα αντικείμενα που θα προκύψουν θα είναι συμπαγή ή ομαλά, ανάλογα με τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής. Ρυθμίζοντας τις πιο πάνω παραμέτρους ο χρήστης υποδεικνύει έμμεσα στον αλγόριθμο κατάτμησης το μέγεθος των τεμαχίων που τελικά θα προκύψουν.

Επίσης στο λογισμικό eCognition μπορούμε, με τις διάφορες τεχνικές κατάτμησης, να δημιουργήσουμε μια ιεραρχία πολλαπλών επιπέδων η οποία αναπαριστά τις πληροφορίες που εξάγονται από την εικόνα σε διαφορετικά επίπεδα χωρικής ανάλυσης. Τα ομοιογενή ως προς τον τόνο και σχήμα αντικείμενα της εικόνας γνωρίζουν κάθε στιγμή τόσο τα γειτονικά αντικείμενα στο ίδιο επίπεδο, τα υποαντικείμενα από τα οποία αποτελούνται και τα υπεραντικείμενα στα οποία βρίσκονται, με αποτέλεσμα να καθορίζονται σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων. Αυτό υλοποιείται σχετικά εύκολα στο eCognition αφού όλες οι τεχνικές κατάτμησης που χρησιμοποιούνται είναι αλγόριθμοι συνένωσης περιοχών. Ταυτόχρονα μπορούμε να υπολογίσουμε στατιστικές παραμέτρους που αφορούν στις τιμές χρώματος των αντικειμένων (μέσες τιμές τόνου, τυπικές αποκλίσεις, υφή κ.α) αλλά και ιδιότητες που αφορούν στο σχήμα των αντικειμένων (προσανατολισμός, μήκος, πλάτος, επιμήκυνση, καμπυλότητα, συμπαγότητα κ.α) [Αργιαλάς κ.α.,2002].



Εικόνα 26. Αναπαράσταση ιεραρχίας πολλαπλών επιπέδων αντικειμένων, τα οποία αλληλοσχετίζονται μεταξύ τους, τόσο όσον αφορά αντικείμενα του ίδιου επιπέδου, όσο και αντικείμενα διαφορετικών επιπέδων. [Πηγή :eCognition Developer 8.7 User's Guide, 2011].

Στο λογισμικό eCognition υπάρχουν δύο αρχές κατάτμησης: α) η από πάνω προς τα κάτω κατάτμηση, όπου διαιρείται ένα αντικείμενο σε μικρότερα αντικείμενα (top down strategy) και β) η από κάτω προς τα πάνω κατάτμηση, όπου ενώνονται μικρά αντικείμενα για τη δημιουργία ενός μεγαλύτερου αντικειμένου (bottom up strategy) [eCognition Developer 8.7 User's Guide, 2011]

Κατά την διαδικασία της κατάτμησης το λογισμικό eCognition μας δίνει τη δυνατότητα να καθορίσουμε τρεις βασικές παραμέτρους:

- **Παράμετρος κλίμακας (scale parameter):** Η παράμετρος αυτή καθορίζει την μέγιστη επιτρεπόμενη ετερογένεια των αντικειμένων που δημιουργούνται και έμμεσα καθορίζει το μέσο μέγεθος των αντικειμένων. Όσο μεγαλύτερη τιμή λαμβάνει η παράμετρος αυτή τόσο μεγαλύτερα αντικείμενα προκύπτουν.
- **Χρώμα / σχήμα (Color / shape):** Με αυτές τις παραμέτρους μπορεί να ρυθμιστεί η επιρροή της ομοιογένειας του χρώματος έναντι αυτή του σχήματος. Οι παράμετροι χρώμα και σχήμα είναι συμπληρωματικοί με άθροισμα 1 συνεπώς για $color=0.6$ πχ θα έχουμε $shape=0.4$, όμως δεν μπορεί να δοθεί όλο το βάρος στο σχήμα $shape=1$ και $color=0$ και έτσι το μικρότερο βάρος που μπορεί να δοθεί στο χρώμα είναι 0.1.
- **Ομαλότητα / συμπαγές του αντικειμένου (Smoothness / compactness):** Με τις παραμέτρους αυτές, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει εάν τα αντικείμενα που θα δημιουργηθούν θα είναι περισσότερο συμπαγή ή ομαλά. Και οι παράμετροι ομαλότητα και συμπαγές είναι συμπληρωματικοί με άθροισμα 1.

Πρέπει να σημειώσουμε επίσης ότι το λογισμικό eCognition μας δίνει τη δυνατότητα να επιλέξουμε τη βαρύτητα που θα έχει κάθε κανάλι που θα λάβει μέρος στη διαδικασία της κατάτμησης. Μπορούμε να μηδενίσουμε τη βαρύτητα ενός καναλιού, που θεωρούμε ότι δεν συμβάλλει στην εξαγωγή θετικού αποτελέσματος και να δώσουμε μεγαλύτερη βαρύτητα σε κάποιο άλλο.

Με επαναληπτικές διαδικασίες μπορούμε να τροποποιήσουμε το αποτέλεσμα της κατάτμησης ως που να έχουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα, μεταβάλλοντας την παράμετρο της κλίμακας (scale parameter) που ρυθμίζει το επιθυμητό μέγεθος και την μέγιστη επιτρεπόμενη ετερογένεια των παραγόμενων αντικειμένων (segments).

Το μέγεθος των αντικειμένων που τελικά προκύπτει ποικίλλει και έχει εύρος από ένα εικονοστοιχείο έως ολόκληρη την εικόνα. Μετά το τέλος της διαδικασίας ο χρήστης δεν έχει να διαχειριστεί ένα τεράστιο σύνολο από μεμονωμένα εικονοστοιχεία, αλλά ένα μικρό σύνολο από ομοιογενή αντικείμενα.

2.4.1.2 Ταξινόμηση των εικόνων (Classification process)













Το επόμενο βήμα μετά την κατάτμηση είναι η ταξινόμηση, διαδικασία κατά την οποία τα αντικείμενα που έχουν δημιουργηθεί κατά την διαδικασία της κατάτμησης εντάσσονται σε διάφορες κλάσεις, με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά. Η ταξινόμηση των αντικειμένων γίνεται με κανόνες ασαφούς λογικής και βασίζεται σε στατιστικά μεγέθη που λέγονται χαρακτηριστικά “features” που αφορούν το σχήμα, την τοπολογία και την ιεραρχία των αντικειμένων [Gercek, 2010]. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της ταξινόμησης κάθε αντικείμενο, ανάλογα με την πιθανότητα να πληροί τα τιθέμενα κριτήρια που περιγράφουν κάθε κλάση, είτε καταχωρείται σε κάποια συγκεκριμένη, είτε παραμένει αταξινομήτο.

Στην αρχή δημιουργούνται οι κλάσεις και στη συνέχεια τα αντικείμενα ταξινομούνται σε αυτές με κανόνες ασαφούς λογικής ανάλογα με τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους. Η ένταξη ενός αντικειμένου σε μία κλάση γίνεται με βάση τις ιδιότητες που περιγράφουν αυτή την κλάση και εκφράζεται από ένα βαθμό συμμετοχής που λαμβάνει τιμές στο συνεχές πεδίο τιμών [0,1]. Αν η τιμή προσεγγίζει το 1 το αντικείμενο έχει μεγάλη πιθανότητα να ενταχθεί σε αυτή, ενώ αν η τιμή προσεγγίζει το 0 η πιθανότητα είναι μικρή. Οι τιμές 1 και 0 εκφράζουν την σίγουρη ένταξη και την σίγουρη μη ένταξη του αντικειμένου στην κλάση. Αυτό είναι και το πλεονέκτημα των κανόνων ασαφούς λογικής καθώς εκφράζουν αβεβαιότητες όσον αφορά την ένταξη ενός αντικειμένου σε μια κλάση, κάποιο αντικείμενο μπορεί να ενταχθεί σε περισσότερες από μια κλάσεις και με αυτόν τον τρόπο η ταξινόμηση προσεγγίζει τον τρόπο σκέψης του ανθρώπινου μυαλού.

Η ταξινόμηση στο eCognition πραγματοποιείται με δύο τρόπους: α) με τον αλγόριθμο του Εγγύτερου Γείτονα (Nearest Neighbor), στον οποίο ο χρήστης καθορίζει δείγματα (samples) για κάθε κλάση και ο αλγόριθμος, συγκρίνει κάθε αντικείμενο με το σύνολο των δειγμάτων των διαφορετικών κλάσεων και το ταξινομεί στην κλάση, της οποίας τα δείγματα αποτελούν τον εγγύτερο γείτονα του αντικειμένου (όσον αφορά τις τιμές των ιδιοτήτων του αντικειμένου) [Gercek, 2010] και β) με την χρήση συναρτήσεων συμμετοχής (membership functions). Οι συναρτήσεις συμμετοχής ορίζονται από τον χρήστη και αφορούν τις ιδιότητες των αντικειμένων [eCognition Developer 8.7 User’s Guide, 2011]. Για κάθε αντικείμενο υπολογίζεται η τιμή συμμετοχής του σε κάθε κατηγορία και κατατάσσεται στην κλάση, στην οποία το αντικείμενο παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή συμμετοχής. [Gercek,2010]

Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συναρτήσεις συμμετοχής που παρέχει το λογισμικό eCognition 8.7.

Πίνακας 6. Οι συναρτήσεις συμμετοχής που παρέχει το λογισμικό eCognition 8.7.

	Μεγαλύτερο από (Συνάρτηση μορφής S)
	Μικρότερο από (Συνάρτηση μορφής Z)
	Μεγαλύτερο από μία σαφώς ορισμένη τιμή (απλοποιημένη συνάρτηση S)
	Μικρότερο από μία σαφώς ορισμένη τιμή (απλοποιημένη συνάρτηση μορφής Z)
	Μεγαλύτερο από (γραμμικής κατανομή)
	Μικρότερο από (γραμμική κατανομή)
	Γραμμική, τριγωνική κατανομή
	Γραμμική, ανάστροφα τριγωνική κατανομή
	Μία μοναδική τιμή (συνάρτηση Singleton)
	Κατά προσέγγιση κατανομή Gaussian
	Συνάρτηση τραπεζοειδούς μορφής
	Απλοποιημένη συνάρτηση τραπεζοειδούς μορφής

Στο λογισμικό eCognition κατά την ταξινόμηση, τόσο με τη χρήση δειγμάτων-samples, όσο και με τη χρήση συναρτήσεων συμμετοχής, είναι απαραίτητη η χρήση των ιδιοτήτων των αντικειμένων οι οποίες ονομάζονται “features. Τα αντικείμενα που δημιουργούνται κατά την αντικειμενοστραφή ανάλυση εικόνας, φέρουν πολύ περισσότερες ιδιότητες από αυτές που φέρει κάθε εικονοστοιχείο ξεχωριστά. Η εύρεση και η χρήση των ιδιοτήτων “features” που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε κλάση, καθώς και οι τιμές που αυτές θα λαμβάνουν, αποτελεί ένα από τα καθοριστικά βήματα για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης, είναι [Gercek, 2010].

Τα χαρακτηριστικά “features” που προσφέρει το λογισμικό eCognition 8.7, χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αντικειμένων (object -related feature) και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που σχετίζονται με τις κλάσεις (class -related feature).

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των αντικειμένων σχετίζονται με τις ιδιότητες των αντικειμένων, όπως είναι η μέση τιμή (mean), η τυπική απόκλιση (standard deviation) φωτεινότητας στα διάφορα κανάλια, το σχήμα του αντικειμένου (shape) καθώς και την ενσωμάτωση των αντικειμένων στην εικόνα, ενώ τα χαρακτηριστικά σχετιζόμενα με τις τάξεις, αναφέρονται στις ταξινομήσεις άλλων αντικειμένων της εικόνας οι οποίες λαμβάνονται υπόψη για την ταξινόμηση του υπό εξέταση αντικειμένου» (Baatz et al 2001). Στο λογισμικό eCognition 8.7 έχουμε τέσσερις αλγόριθμους ταξινόμησης : α) τον αλγόριθμο ταξινόμησης “ Assign Class”, ο οποίος χρησιμοποιείται σε απλές εφαρμογές, χρησιμοποιεί μια μόνο τιμή και το αντικείμενο εντάσσεται στην κλάση όταν υπερβεί αυτή την τιμή, β) τον αλγόριθμο “ Classification”, ο οποίος χρησιμοποιείται στις συναρτήσεις συμμετοχής όταν απαιτείται η χρήση της ασαφούς λογικής ή όταν απαιτείται ο συνδυασμός συνθηκών για

τον ορισμό μίας κλάσης, γ) τον αλγόριθμο “Hierarchical Classification”, ο οποίος χρησιμοποιείται όταν πραγματοποιείται ταξινόμηση αντικειμένων που βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα κατάτμησης και δ) τον αλγόριθμο “Advanced Classification”, ο οποίος εφαρμόζει τις ίδιες παραμέτρους με αυτές του αλγορίθμου “Classification”, αλλά και επιπρόσθετες ειδικές παραμέτρους.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης το λογισμικό eCognition 8.7 μας παρέχει 4 αλγόριθμους : α) τον αλγόριθμο «Classification Stability» που εκφράζει την επί % διαφορά της τιμής συμμετοχής του αντικειμένου στην πρώτη κλάση που έχει ταξινομηθεί από την δεύτερη καλύτερη κλάση που συμμετέχει, β) τον αλγόριθμο «Best Classification Result», εμφανίζει στατιστικά μεγέθη (αριθμός αντικειμένων, μέση τιμή, τυπική απόκλιση, μέγιστη και ελάχιστη τιμή), τα οποία και υπολογίζονται για τους μέγιστους βαθμούς συμμετοχής με τους οποίους ταξινομήθηκαν τα αντικείμενα στην εκάστοτε κλάση-κατηγορία, γ) τον αλγόριθμο «Error Matrix based on TTA Mask», ο οποίος συγκρίνει τα αποτελέσματα της ταξινόμησης με τιμές αναφοράς που αναφέρονται σε δεδομένες περιοχές ελέγχου (τις οποίες ορίζουμε εμείς) και έχουν ως αναφορά τη οντότητα των εικονοστοιχείων (γεωαναφερόμενα εικονοστοιχεία) και δ) τον αλγόριθμο “Error Matrix based on Samples” ο οποίος συγκρίνει τα αποτελέσματα της ταξινόμησης με δείγματα (και όχι εικονοστοιχεία) που εμείς ορίζουμε.

2.5 Στόχος της εργασίας: Καταγραφή πλημμύρας στον ποταμό Έβρο με τηλεπισκόπηση και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.

Στην παραποτάμια περιοχή του ποταμού Έβρου έχουμε την μεγαλύτερη συχνότητα πλημμυρικών φαινομένων, με την μεγαλύτερη ένταση, από όλο τον ελληνικό χώρο. Πλημμύρες στον Έβρο έχουμε σχεδόν κάθε χρόνο και καθ’ όλη την διάρκεια του έτους. Όπως μάλιστα αναφέρεται από σχεδόν όλες τις διαθέσιμες πηγές, η συχνότητα των πλημμυρών την τελευταία δεκαετία εμφανίζεται αυξημένη, ενώ υπάρχει και αυξητική τάση της έντασης των φαινομένων. Εκτός από τις μεγάλες καταστροφές στην γεωργική παραγωγή (γεωργία, κτηνοτροφία) καθώς κάθε χρόνο πλημμυρίζουν δεκάδες χιλιάδες στρέμματα καλλιεργήσιμης γης, με άμεσο επακόλουθο την καταβολή υψηλών αποζημιώσεων από τον ΕΛ.Γ.Α, τα πλημμυρικά φαινόμενα προκαλούν εκτεταμένες ζημιές στον αστικό ιστό και σε κατοικίες των παρέβριων οικισμών. Οι πλημμύρες προκαλούν επίσης και πλήθος άλλων επιπτώσεων, όπως παρεμπόδιση της κυκλοφορίας για αρκετές ημέρες, κατάκλιση προστατευόμενων περιβαλλοντικά περιοχών και καταστροφές σε υποδομές (αναχώματα, αρδευτικά αντλιοστάσια, κλπ.). Στην μελέτη αυτή θα ασχοληθούμε με την τελευταία πλημμύρα που έπληξε την περιοχή τον Φεβρουάριο του 2015, στην περιοχή Σουφλίου, Διδυμοτειχίου, Ορεστιάδας, Τυχερού κ.α. Η έκταση που πλημμύρισε καταγράφηκε από τον καινούργιο ευρωπαϊκό δορυφόρο Sentinel 1. Ακόμη με προγενέστερες της ζημιάς δορυφορικές εικόνες θα χαρτογραφήσουμε τις καλλιέργειες που υπήρχαν στην περιοχή, μέσω των μεθόδων και τεχνικών κατάτμησης και ταξινόμησης εικόνας. Με αυτόν τον τρόπο θα αποδειχθεί η συνεισφορά της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (G.I.S) στην εκτίμηση ζημιών στις γεωργικές καλλιέργειες από πλημμύρα.

Σύμφωνα με τον κανονισμό ασφάλισης φυτικής παραγωγής από τον ΕΛ.Γ.Α πλημμύρα θεωρείται η εξαιτίας βροχοπτώσεων ή τήξης χιονιού εισροή και παραμονή στις καλλιέργειες νερού προερχομένου από ξεχείλισμα ή ρήγμα των φυσικών ή τεχνητών ορίων ρεύματος ή άλλου όγκου γλυκού νερού, με αποτέλεσμα ζημιά στη φυτική παραγωγή λόγω διάβρωσης του εδάφους, επιχωμάτωσης του αγροτεμαχίου ή κατάκλισης των καλλιεργειών. Στην ανωτέρω έννοια της πλημμύρας δεν υπάγεται η εισροή και παραμονή νερού σε καλλιέργειες, που οφείλεται σε αμέλεια, παραλείψεις ή άλλα τεχνητά αίτια.

Η πλημμύρα καλύφθηκε σαν ζημιολόγο αίτιο το 1978 από τον τότε Ο.Γ.Α και μετά από την ίδρυση του ΕΛ.Γ.Α (1988), η πλημμύρα ήταν ένα από τα αρχικώς καλυπτόμενα ζημιολόγο αίτια. Στον νομό Έβρου δόθηκαν οι μεγαλύτερες αποζημιώσεις από τον ΕΛ.Γ.Α τα έτη (1990-2010) ποσοστό 30% περίπου, ενώ οι νομοί Φθιώτιδας και Καρδίτσας που ακολουθούν έχουν ποσοστό μικρότερο από 10%. Οι μεγαλύτερες ζημιές από πλημμύρα και οι μεγαλύτερες αποζημιώσεις που δόθηκαν, σύμφωνα με στοιχεία του ΕΛ.Γ.Α, έγιναν το 1998 που πλημμύρισαν στην περιοχή του Έβρου 137.865 στρέμματα και δόθηκαν αποζημιώσεις 8.247.224,95 ευρώ (ποσό χωρίς αναπροσαρμογή) και το 2006 που πλημμύρισαν 149.984 στρέμματα και δόθηκαν αποζημιώσεις 12.926.210,27 ευρώ.

Παρακάτω παραθέτουμε τα στοιχεία από τις πλημμύρες και τις αποζημιώσεις που δόθηκαν από τον ΕΛ.Γ.Α την δεκαετία 2002-2012. Φέτος με τις τελευταίες πλημμύρες Δεκεμβρίου 2014-Φεβρουαρίου 2015 και σύμφωνα με τα στοιχεία από το υποκατάστημα από τον ΕΛ.Γ.Α Αλεξανδρούπολης, πλημμύρισαν 50.000 στρέμματα με Φθινοπωρινά σιτηρά, 2.500 στρέμματα με σπαράγγια και 1.500 στρέμματα με σκόρδα. Οι ζημιές αυτές καλύπτονται από τον ΕΛ.Γ.Α και θα ανέλθουν στο ποσό των 2.850.000 Ευρώ. Είχαμε όμως και έμμεσες ζημιές καθώς υπήρξαν πολύ μεγάλες καθυστερήσεις στις εαρινές σπορές, μέχρι να αποστραγγιστούν οι τεράστιοι όγκοι νερού, που έπρεπε να γίνουν τον Απρίλη, όπως καλαμπόκια, βαμβάκια και τεύτλα, καθώς και ζημιές σε δενδρώδεις καλλιέργειες αφού εκατοντάδες στρέμματα με ροδάκινα βρίσκονταν κάτω από το νερό, ζημιές σε ακτινίδια, στο ζωικό κεφάλαιο, στον πάγιο εξοπλισμό και στα αποθηκευμένα προϊόντα των αγροτών. Αυτές οι ζημιές καλύπτονται από τις Κ.Ο.Ε και αναμένεται να ξεπεράσουν τα 2.200.000 ευρώ.

Πίνακας 7. Αποζημιώσεις από τον ΕΛ.Γ.Α για ζημιές από πλημμύρα στον Έβρο τα έτη 2002-2012.

ΖΗΜΙΕΣ ΑΠΟ ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΕΒΡΟΥ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2002-2012				
ΕΤΟΣ	ΠΛΗΓΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ ΣΕ ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΠΡΟΣ ΕΠΑΝΑΣΠΟΡΑ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΑΣ ΠΛΗΓΕΙΣΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	ΥΨΟΣ ΚΑΤΑΒΛΗΘΕΙΣΩΝ ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΕΩΝ ΣΕ €
2002	6.904	1.699	56%	208.389
2003	35.866	1.335	62%	873.166
2004	1.473	76	55%	23.358
2005	64.385	1.556	53%	3.869.263
2006	149.984	258	64%	12.926.210
2007	38.142	21.222	48%	948.101
2008	7.737	1.769	43%	156.610
2009	22.925	61	90%	819.985

2010	98.298	35	51%	8.274.464
2011	1.473	498	38%	28.125
2012	24.143	7.179	68%	532.854
ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΤΕΚΑΕΤΙΑΣ	451.329	35.688	58%	28.660.525

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η παραποτάμια περιοχή του Έβρου έχει ιδιαίτερη σημασία για τον ΕΛ.Γ.Α, καθώς σχεδόν κάθε χρόνο έχουμε πλημμύρες στον Έβρο και δίνονται πολύ υψηλές αποζημιώσεις στους παραγωγούς.

Στην παραποτάμια περιοχή που έχει έκταση 1.047.566.2 στρέμματα έχουμε ευρύ φάσμα καλλιεργειών και δυναμικές καλλιέργειες με μεγάλο οικονομικό αντίκρυσμα. Κυριαρχούν οι ενεργειακές καλλιέργειες με 176.430 στρέμματα (κυρίως ηλίανθος και πολύ λίγα στρέμματα ελαιοκράμβη), βαμβάκια με 112.563 στρέμματα, λοιπά σιτηρά με 92. 217 στρέμματα, καλαμπόκια με 55.492 στρέμματα κ.α . Στην βόρεια περιοχή της παραποτάμιας περιοχής του τριγώνου του Έβρου, στα χωριά Δίκαια, Μαράσιο, Αρζός, Ορμένιο, Ριζά και Καστανιές καλλιεργείται ηλίανθος (για βιοντήζελ) 50%, καλαμπόκι 25% και βαμβάκι 25% και λίγα χειμερινά σιτηρά (σιτάρια, κριθάρια, βρώμες). Στην περιοχή έχουμε πρόβλημα με πλημμύρες λόγω του φράγματος Ιβαϊλογκράντ στην Βουλγαρία. Η περιοχή έχει υψηλό υδατικό ισοζύγιο και έχει ανέβει η στάθμη του ποταμού.

Στην κεντρική περιοχή του Έβρου (Ν. Βύσσα, Ορεσιτιάδα, Διδυμότειχο, Λάβαρα, Αμόριο) έχουμε 3.500 στρέμματα σκόρδα στην Νέα Βύσσα, από Νοέμβριο έως Ιούνιο και μετά καλλιεργούνται επίσης επίσπορο καλαμπόκι ή φθινοπωρινή πατάτα. Άλλες καλλιέργειες στην περιοχή είναι τεύτλα και κολοκυθόσπορος. Στα Μπαϊρία (Υψώματα) καλλιεργούνται κηπευτικά. Δεν καλλιεργείται βαμβάκι στην περιοχή. Το ποτάμι βρίσκεται στην Τουρκία και τα εδάφη είναι πολύ ελαφριά λόγω επιχωματώσεων. Στην Ορεσιτιάδα καλλιεργείται κολοκυθόσπορος (40%) καλαμπόκι (30%), βαμβάκι (25%), ηλιόσπορος, κηπευτικά. οι πεδινές εκτάσεις που βρίσκονται δίπλα στον Έβρο ποταμό ευνοούν την πολυκαλλιέργεια. Στην περιοχή του Διδυμοτείχου έχουμε βαμβάκι, καλαμπόκι, τεύτλα και κολοκυθόσπορο, ενώ στην περιοχή των Λαβάρων, Αμορίου καλλιεργούνται κυρίως βαμβάκι, καλαμπόκι, κολοκυθόσπορος, κρεμμύδι, ηλίανθος και θερινές πατάτες.

Στην νότια ζώνη στην περιοχή του Τυχερού, δίπλα στο ποτάμι, καλλιεργούνται ηλιόσπορος, κολοκυθόσπορος, βαμβάκι, τεύτλα. Στην περιοχή καλλιεργούνται επίσης 1000 στρέμματα σπαραγγιού, 30.000 δένδρα ροδάκινα, άλλες δενδρώδεις καλλιέργειες (αχλάδια, δαμάσκηνα, νεκταρίνια, κυδώνια) και 20 στρ. βατόμουρο. Η περιοχή είναι ακατάλληλη για δενδροκαλλιέργεια με τις συνεχόμενες πλημμύρες. Στην περιοχή Πέπλου, Φερών βασική καλλιέργεια είναι ο ηλίανθος, ακόμα καλλιεργείται κολοκυθόσπορος, πεπόνια και λίγα χειμερινά σιτηρά.

Στην παραποτάμια περιοχή σε όλο το μήκος έχει ξεκινήσει η καλλιέργεια ρυζιού που καλλιεργείται και στην ανατολική πλευρά του ποταμού στην Τουρκία με συντριπτική υπεροχή, στην πορεία που ακολουθεί ο Έβρος από τα βόρεια σύνορα έως τις εκβολές του ποταμού στο Αιγαίο. Ακόμη επανέρχεται η καλλιέργεια καπνού, κρεμμυδιού (κοκκάρι) ενώ ευνοϊκές είναι οι προοπτικές για φασόλι. Η αμειψισπορά με σιτηρά ή όσπρια είναι πολύ διαδεδομένη. Το σιτάρι που διαδέχεται τον ηλίανθο ευνοείται τα μέγιστα σε αποδόσεις. Η αμειψισπορά είναι απαραίτητη για τον ηλίανθο με κύριο στόχο την αποφυγή ανάπτυξης του παρασίτου της οροβάγχης, αλλά και κάποιων σοβαρών ασθενειών όπως αυτής του περονόσπορου.

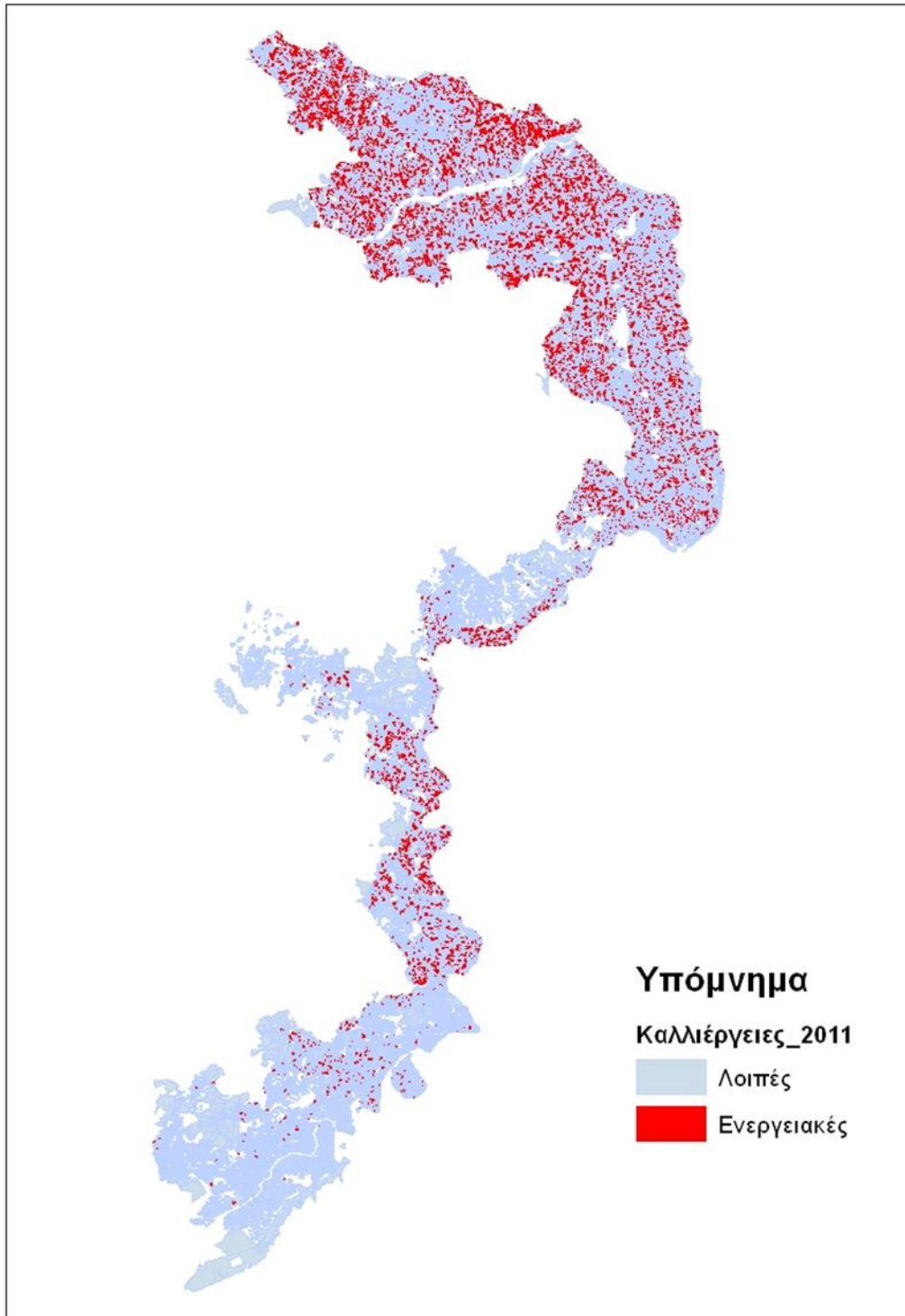
Τα βαμβάκια σε όλη την περιοχή του Έβρου φυτεύονται τους μήνες Απρίλιο-Μάιο, λίγα τον Ιούνιο και συγκομίζονται το Νοέμβριο. Τα καλαμπόκια φυτεύονται Απρίλιο και συγκομίζονται Αύγουστο – Σεπτέμβριο ανάλογα με το υβρίδιο. Ο Ηλίανθος φυτεύεται είτε τον Απρίλιο-Μάιο και συγκομίζεται Ιούλιο- Αύγουστο ή τον Ιούνιο μετά τα σάρια και συγκομίζεται τον Οκτώβριο. Τα σκόρδα φυτεύονται Οκτώβριο-Νοέμβριο και ο βολβός είναι έτοιμος να συγκομιστεί 6-8 μήνες μετά την φύτευση. Τα τεύτλα φυτεύονται Απρίλιο-Μάιο το αργότερο έως 15/5 και συγκομίζονται Οκτώβριο. Τις ίδιες ημερομηνίες και ο κολοκυθόσπορος. Τα σανοδοτικά φυτά (κυρίως μηδική), καλλιεργούνται από Απρίλιο έως Οκτώβριο. Οι θερινές πατάτες στην Νέα Βύσσα, Ορεστιάδα καλλιεργούνται από Απρίλιο - Οκτώβριο και οι Φθινοπωρινές καλλιεργούνται από Ιούλιο-Αύγουστο ως τον Νοέμβριο.

Η εκτίμηση ζημιάς από πλημμύρα στις γεωργικές καλλιέργειες γίνεται με επιτόπιους ελέγχους των γεωπόνων του ΕΛ.Γ.Α, όταν αποσυρθούν τα νερά. Είναι μια διαδικασία χρονοβόρα που εμπεριέχει τον κίνδυνο λάθους (χέρσα χωράφια) και με σημαντικό κόστος για τον ΕΛ.Γ.Α. Οι ζημιές είναι ολοκληρωτικές σε κάποιες περιοχές σε άλλες όχι, είναι άμεσες, όταν υπάρχουν οι καλλιέργειες στο χωράφι, η έμμεσες όταν τα χωράφια είναι πλημμυρισμένα και δεν μπορούν να φυτευτούν. Επίσης ζημιές έχουμε στο ζωικό κεφάλαιο, στον πάγιο εξοπλισμό και στα αποθηκευμένα. Φέτος οι εκτιμήσεις ξεκίνησαν τον Ιούνιο 4 μήνες μετά την πλημμύρα και ολοκληρώθηκαν τέλη Ιουλίου που κλείσανε τα ρήγματα.

Το 1998 που είχαμε μια από τις μεγαλύτερες πλημμύρες έγινε καταγραφή της πλημμυρισμένης έκτασης από τον ΕΛ.Γ.Α με δορυφορική εικόνα από τον SPOT, η οποία ελήφθη στις 21-2-98., όπως είδαμε στο σχετικό κεφάλαιο. Όπως είδαμε με την τηλεπισκόπηση μπορεί να γίνει ακριβής οριοθέτηση της πλημμυρισμένης έκτασης και να παρακολουθήσουμε την εξέλιξη της πλημμύρας, εκμεταλλευόμενη την δυνατότητα των δορυφόρων να λαμβάνουν εικόνα της ίδιας περιοχής κάθε 15 περίπου ημέρες. Με προγενέστερες δορυφορικές εικόνες της ζημιάς μπορούμε να διαπιστώσουμε ποια χωράφια ήταν καλλιεργημένα και ποια όχι και να έχουμε μια εικόνα για τις καλλιέργειες που υπήρχαν στην πλημμυρισμένη έκταση. Η καταγραφή της πλημμυρισμένης έκτασης μπορεί να γίνει γρήγορα, χωρίς μεγάλο κόστος και αξιόπιστα, με αποτελέσματα που δεν μπορούν να αμφισβητηθούν. Υπάρχει δυνατότητα διαχρονικής καταγραφής και ελέγχου των αποτελεσμάτων. Φυσικά δεν καταργείται η φυσική παρουσία των γεωπόνων του ΕΛ.Γ.Α που η γνώση τους και η εμπειρία τους, πάνω στις καλλιέργειες της περιοχής, είναι απαραίτητη για την εκτίμηση ζημιάς. Αλλά ο συνδυασμός των τηλεπισκοπικών δεδομένων με την εμπειρία των γεωπόνων μπορεί να φέρει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Γι' αυτούς τους λόγους η τηλεπισκόπηση για την εκτίμηση ζημιάς από πλημμύρα αποτελεί δυναμικό και όχι βοηθητικό εργαλείο.

Όπως είδαμε με την τηλεπισκόπηση μπορούμε να οριοθετήσουμε ακριβώς την πλημμυρισμένη περιοχή. Πιο δύσκολη είναι η διάκριση των καλλιεργειών για τους λόγους που αναλύσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σε γενικές γραμμές υπάρχει η δυνατότητα διάκρισης των διαφορετικών τύπων καλλιεργειών στη βάση της φασματικής υπογραφής τους, ήτοι του ιδιαίτερου τρόπου με τον οποίο ανακλούν την εκπεμπόμενη ΗΜΑ. Τα σύγχρονα λογισμικά τηλεπισκόπησης και επεξεργασίας εικόνας παρέχουν αυτή τη δυνατότητα, η οποία ολοκληρώνεται μέσα από τεχνικές και διαδικασίες ταξινόμησης.

Στην εργασία θα χρησιμοποιήσουμε την αντικειμενοστρεφή ανάλυση απεικονίσεων (OBIA).



Εικόνα 27. Η παραποτάμια περιοχή του Έβρου. Καλλιεργήσιμα στρέμματα 1.047.566,2 στρέμματα. Κυριαρχούν οι ενεργειακές καλλιέργειες με 176.430 στρέμματα (κυρίως ηλιάνθος).

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Περιοχή μελέτης

3.1.1 Η ευρύτερη περιοχή του Έβρου. Γενικά στοιχεία.

Ο νομός Έβρου είναι πεδινός με ομαλό ανάγλυφο. Έχει έκταση 4.242 Km², από τα οποία 2.578 Km² (60,8%) είναι πεδινά, 1.240 Km² (29,2%) είναι ημιορεινά και τα 424 Km² (10%) είναι ορεινά. Η περιοχή της κοιλάδας του Έβρου είναι πεδινή ενώ ορεινή είναι η δυτική περιοχή του νομού στα σύνορα με τον νομό Ροδόπης. Υψηλότερες κορυφές είναι το Σίλο (1065 m) και η Σάπκα (1044 m). Στην ανατολική περιοχή έχουμε την κορυφή Αντάς (654 m) στην περιοχή του Σουφλίου, νοτιότερα το Κάψαλο (618 m) και η κορυφή Τσοπάν (628 m). Η ορεινή περιοχή του νομού αποτελείται από παλαιοζωικά πετρώματα, ηφαιστειακούς σχηματισμούς, ηωκαινικά ιζήματα, θαλάσσια ιζήματα του νεογενούς και ποτάμια αποθέματα του τεταρτογενούς. Το βόρειο και ανατολικό τμήμα του νομού είναι πεδινό από τον Βορρά, που έχουμε τις πεδιάδες του Διδυμοτείχου και της Ορεστιάδας, μέχρι τις εκβολές του ποταμού στο Αιγαίο που σχηματίζεται το Δέλτα του ποταμού. Τα κύρια μεταλλεύματα που υπάρχουν στον νομό είναι χρωμίτες, μαγγάνια και μεικτά θειούχα (μολύβδου, Ψευδαργύρου και σιδήρου).

Το κλίμα του νομού Έβρου είναι ηπειρωτικό και χαρακτηρίζεται από μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας ανάμεσα στο καλοκαίρι και το χειμώνα. Οι χειμώνες είναι δριμείς και η θερμοκρασία μπορεί να κατέβει τους -10° C στις παράκτιες περιοχές και στους -15 έως -20° C στις βόρειες περιοχές. Έχουμε αρκετές μέρες με χιονόπτωση και συχνούς παγετούς. Τα καλοκαίρια είναι θερμά και οι θερμοκρασίες υπερβαίνουν πολλές φορές τους 40° C στις βόρειες περιοχές ενώ στις παράκτιες περιοχές, λόγω της θάλασσας, δεν σημειώνονται υψηλές θερμοκρασίες. Δεν έχουμε μεγάλο ύψος βροχόπτωσης και οι βροχοπτώσεις κατανέμονται ομοιόμορφα κατά την διάρκεια του έτους. Μερικές φορές έχουμε και θερμικές καταιγίδες.

Όσον αφορά την οικονομική δραστηριότητα του νομού ο τριτογενής τομέας υπερτερεί με ποσοστό (53%), ενώ πολύ αναπτυγμένος είναι και ο πρωτογενής τομέας (γεωργία, κτηνοτροφία, αλιεία) με ποσοστό (27,6 %). Ο δευτερογενής τομέας με ποσοστό (16,9%) έχει αναπτυχθεί μετά το 1990. Σημαντική είναι η σηροτροφία στην περιοχή Σουφλίου που παράγονται τα περίφημα μεταξωτά. (<http://www.peevrou.eu>).

Ο ποταμός Έβρος

Ο Έβρος, γνωστός και ως Μαρίτσα, (Βουλγαρικά: Марица, Τουρκικά: Meriç Nehri) είναι ο δεύτερος σε μέγεθος ποταμός της ΝΑ Ευρώπης (μετά τον Δούναβη), και ο κυριότερος ποταμός της Βαλκανικής Χερσονήσου, με συνολικό μήκος περίπου 528 km, από τα οποία τα 310 km ανήκουν στην Βουλγαρία, ενώ 208 km καθορίζουν τα σύνορα της Ελλάδας με τη Βουλγαρία και την Τουρκία. Ο Έβρος αποτελεί το φυσικό σύνορο της Ελλάδας με την Τουρκία στα ανατολικά και την Βουλγαρία στα βόρεια. Κυριότεροι παραπόταμοι του Έβρου είναι ο Άρδας, ο Τούντζας και ο Εργίνης. Στο ελληνικό τμήμα κυριότεροι παραπόταμοι είναι ο Άρδας και ο Ερυθροπόταμος.

Ο Έβρος χαρακτηρίζεται για τις φερτές ύλες που μεταφέρει και αποθέτει ανάμεσα στην Αλεξανδρούπολη και στην Αίνο, δημιουργώντας τη Δελταϊκή πεδιάδα. Το Δέλτα του Έβρου έχει έκταση 111.937 τετραγωνικά χιλιόμετρα και έχει αναγνωρισθεί ως διεθνής υδροβιότοπος που προστατεύεται από την συνθήκη Ramsar (1971), αφού στην περιοχή ζουν πολλά σπάνια ή απειλούμενα είδη. Έχουν καταγραφεί 46 είδη ψαριών, 7 είδη αμφιβίων, 21 είδη ερπετών και περισσότερα από 40 είδη θηλαστικών. Σημαντικότερη όμως είναι και η πλούσια ορνιθοπανίδα, η οποία συναντιέται εις την περιοχή, καθώς έχουν παρατηρηθεί 304 είδη πουλιών, από τα 422 του ελλαδικού χώρου. Η περιοχή βρίσκεται στον άξονα μετανάστευσης των πουλιών και πολλές περιοχές ήταν δυσπρόσιτες και απομονωμένες από τον άνθρωπο. Σήμερα, η επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας

στην ισορροπία του υδροβιοτόπου του Έβρου έχει δημιουργήσει σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα. Πλούσια είναι και η χλωρίδα της περιοχής καθώς στην περιοχή υπάρχουν περίπου 350 φυτικά είδη. Στο βόρειο ανατολικό τμήμα του δέλτα, γνωστό και ως "πλημμυρούσα ζώνη", έχουμε πυκνές συστάδες θάμνων με αρμυρίκια, ενώ κατά μήκος του ποταμού υπάρχουν πυκνά δάση με λεύκες, ιτιές, σκλήθρα, φτελιές και αναρριχητικά φυτά. Πιο νότια στην λίμνη Νυμφών και στις άλλες λίμνες γλυκού νερού, όπως το Τσεκούρι, η Σκέπη, τα Σπίτια, κλπ δεν υπάρχουν δάση αλλά πυκνοί καλαμιώνες.

3.1.2 Η λεκάνη απορροής του Έβρου

Η διασυνοριακή υδρολογική λεκάνη του π. Έβρου, συνολικής έκτασης 53.000 km², καταλαμβάνει τμήμα της ανατολικής Βαλκανικής Χερσονήσου και μοιράζεται ανάμεσα στην Βουλγαρία, την Τουρκία και την Ελλάδα. Βόρεια και δυτικά η λεκάνη αναπτύσσεται επί Βουλγαρικού εδάφους, στα νοτιοανατολικά κυρίως επί Τουρκικού εδάφους και στα νοτιοδυτικά επί Ελληνικού εδάφους. Η λεκάνη απορροής του ποταμού μοιράζεται ανάμεσα στα τρία κράτη που διασχίζει ως εξής:

- τα 35.085 km² (66,2%) ανήκουν στην Βουλγαρία,
- τα 14.575 km² (27,5%) ανήκουν στην Τουρκία και
- τα 3.340 km² (6,3%) ανήκουν στην Ελλάδα.

Η συνολική λεκάνη του απορροής του π. Έβρου με τα σύνορα των κρατών που διασχίζει φαίνεται στον παρακάτω Χάρτη.



Εικόνα 28. Η λεκάνη απορροής του Έβρου

3.1.3 Αίτια των πλημμυρών

Οι πλημμύρες στον Έβρο δεν οφείλονται μόνο στα καιρικά φαινόμενα αλλά και σε ανθρωπογενείς παράγοντες. Η αντιμετώπιση των πλημμυρικών προβλημάτων στον Έβρο δυσχεραίνεται από τον διασυνοριακό χαρακτήρα του ποταμού και την έλλειψη συντονισμού μεταξύ των χωρών που εμπλέκονται καθώς, η κάθε μια από τις τρεις εμπλεκόμενες χώρες λειτουργεί μονομερώς. Στον Έβρο υπάρχουν πολλά φράγματα και

ταμειυτήρες που χρησιμοποιούνται για άρδευση στο Ελληνικό και Τουρκικό τμήμα και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, άρδευση και βιομηχανική υδροδότηση στο Βουλγαρικό τμήμα. Στο Βουλγαρικό τμήμα η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται χρησιμοποιείται όχι μόνο για την εγχώρια κατανάλωση, αλλά ένα μέρος αυτής εξάγεται στην Ελλάδα και στην Τουρκία. Γι' αυτό η Βουλγαρία αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες νερού στα φράγματα της με σκοπό την παραγωγή όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας ενέργειας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εισρέουν μεγάλες ποσότητες νερού στην Ελληνική πλευρά, όταν αποδεσμεύονται από τα Βουλγαρικά φράγματα για την ομαλή τους λειτουργία, που αν αθροιστούν με τα νερά των βροχοπτώσεων και τα νερά που προέρχονται από την τήξη του χιονιού των βουνών της Βουλγαρίας δημιουργούν πλημμυρικά φαινόμενα. Δεν υπάρχουν πληροφορίες από την πλευρά της Βουλγαρίας σχετικά με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και τον τρόπο λειτουργίας των φραγμάτων, με αποτέλεσμα να συρρέουν ταυτόχρονα και να αθροίζονται οι αιχμές των υδρογραφημάτων και με αυτόν τον τρόπο να έχουμε πολλά πλημμυρικά φαινόμενα, από τα οποία πολλά θα μπορούσαν να έχουν αποφευχθεί με την σταδιακή απελευθέρωση νερών από τα φράγματα.

Άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων είναι η έλλειψη καθαρισμού της κοίτης του ποταμού από φερτές ύλες και χωμάτινες νησίδες που σχηματίζονται και δυσχεραίνουν την ομαλή ροή του ποταμού, η έντονη γεωργική εκμετάλλευση της περιοχής στην Ελληνική πλευρά όπου οι καλλιέργειες φθάνουν μέχρι τον ποταμό, περιορίζοντας την ευρύτερη κοίτη του, η παρουσία στρατιωτικών δυνάμεων και οχυρωματικών έργων στην περιοχή και το σύνθετο και ασαφές νομοθετικό πλαίσιο που καθορίζει τις υποχρεώσεις και τα δικαιώματα των εμπλεκόμενων χωρών.

3.1.4 Σύντομο ιστορικό των πλημμυρών.

Όπως έχουμε αναφέρει στη λεκάνη απορροής του ποταμού Έβρου παρατηρούνται πλημμυρικά φαινόμενα, μικρής ή μεγάλης έκτασης, σχεδόν κάθε έτος και οποιονδήποτε μήνα αυτού. Κατά τα τελευταία 100 χρόνια οι πιο μεγάλες πλημμύρες του Έβρου συνέβησαν: τον Απρίλιο του 1929, τον Μάρτιο του 1936, τον Δεκέμβριο του 1940, τον Φεβρουάριο του 1956 και το Φεβρουάριο του 1963, όταν κινδύνευσε η γέφυρα των Κήπων. Από το 1986 έως το 2012 (περίοδο κατά την οποία ήταν εφικτή η καταγραφή) καταγράφηκαν 374 ιστορικά πλημμυρικά συμβάντα. Από αυτά τα 47 μπορούν να αξιολογηθούν ως σημαντικές ιστορικές πλημμύρες. Λόγω όμως του τρόπου γένεσης πλημμυρών στον Έβρο, πολλές φορές τα συμβάντα συνδέονται μεταξύ τους, καθώς έχουμε μια εκτεταμένη φυσική πλημμύρα η οποία μετακινείται από ανάντη προς κατόντη σε χρονικό ορίζοντα έως και μερικών εβδομάδων. Σημειώνονται έτσι πολλαπλά πλημμυρικά συμβάντα σε τοποθεσίες κατά μήκος του ποταμού και σε γειτονικές ημερομηνίες. Έτσι τα 47 σημαντικά συμβάντα αντιστοιχούν τελικά σε 19 ιστορικά πλημμυρικά επεισόδια. Τα τελευταία χρόνια μεγάλες πλημμύρες είχαμε τα έτη 1996, 1997, 1998, 2005, 2006, 2010. Τέλος πολύ μεγάλες πλημμύρες είχαμε τον Δεκέμβριο του 2014 και τον Φεβρουάριο του 2015.

Παρακάτω παραθέτουμε στοιχεία για τις τρεις μεγαλύτερες πλημμύρες του 1998, 2006 και 2010.

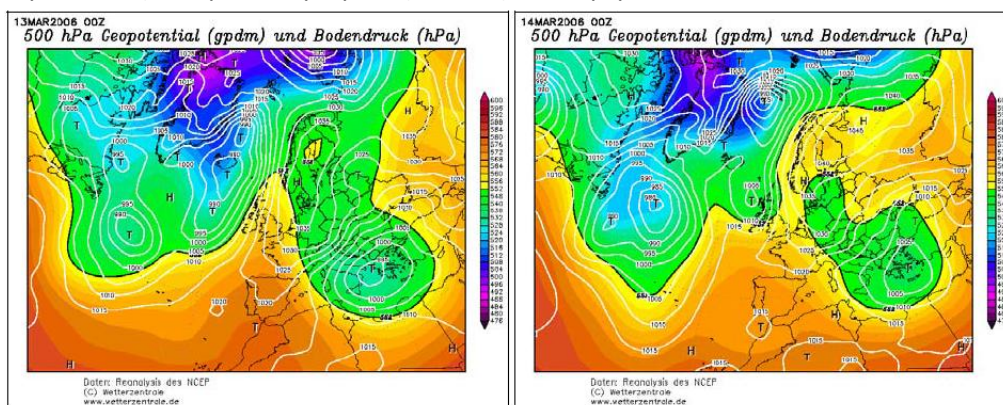
ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΣΤΟΝ ΕΒΡΟ: ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ ΜΑΙΟΣ 1998

Τον Μάιο του 1998 είχαμε μεγάλη πλημμύρα στον Έβρο. Πλημμύρησαν περίπου 140.000 στρέμματα (κυρίως βιομηχανικά φυτά) και δόθηκαν αποζημιώσεις 8,2 περίπου εκατομμύρια Ευρώ που αποτελούν αναλογικά τις μεγαλύτερες αποζημιώσεις με αναπροσαρμοσμένη τιμή. Οι πλημμύρες ήταν έντονες από τις αρχές του έτους και τότε έγινε και η πρώτη καταγραφή πλημμύρας από τον ΕΛ.Γ.Α με δορυφορική εικόνα από τον SPOT στις 21/2/1998. Δεν υπάρχουν μετεωρολογικοί χάρτες γι' αυτό το συμβάν.

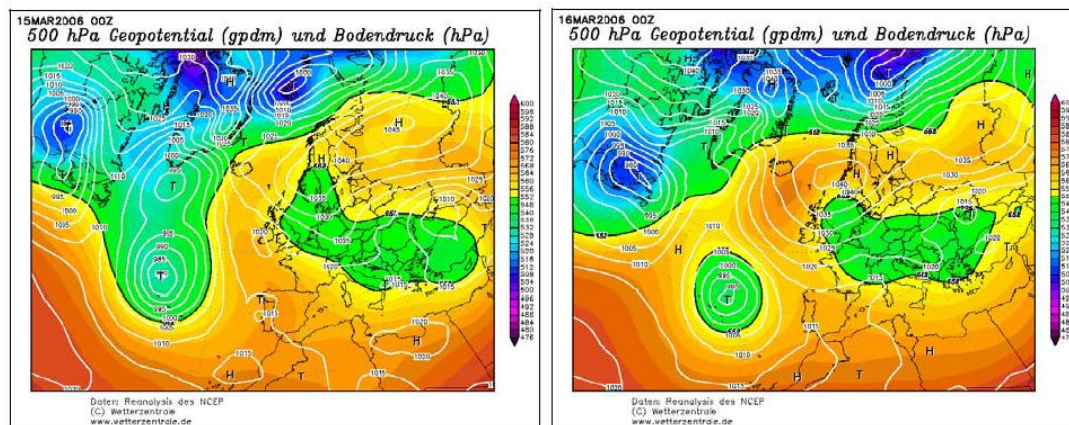
ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΣΤΟΝ ΕΒΡΟ: ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ 13-17 ΜΑΡΤΙΟΥ 2006

Το πρώτο εξάμηνο του 2006 είχαμε έντονα πλημμυρικά φαινόμενα στον Έβρο και οι πλημμυρισμένες εκτάσεις ανήλθαν σε περίπου 200.000 στρέμματα. Οι καταστροφές στην γεωργία και κτηνοτροφία υπήρξαν τεράστιες και δόθηκαν αποζημιώσεις 12.926.210 εκατομμυρίων Ευρώ από τον ΕΛ.Γ.Α. Μεγάλες ζημιές από τις πλημμύρες έπαθε και η Τουρκία, καθώς στην Ανατολική Θράκη πλημμύρισαν περίπου 300.000 στρέμματα. Τα πλημμυρικά επεισόδια είχαν αυξημένη σφοδρότητα λόγω μεγάλης εισροής νερών από την Βουλγαρία στην Ελληνική πλευρά, συνέπεια των πολλών βροχοπτώσεων.

Οι μετεωρολογικοί χάρτες (Σχήματα 1, 2) απεικονίζουν την συνοπτική καιρική κατάσταση αυτού του συμβάντος. Στην ισοβαρική στάθμη των 500 hPa βλέπουμε ότι η βαλκανική χερσόνησος συμπεριλαμβανομένης και της χώρας στις 13-14 Μαρτίου 2006 επηρεάστηκε από βαθύτατο βαρομετρικό χαμηλό με ισχυρή μετωπική δραστηριότητα. Στις 15-16 Μαρτίου τα φαινόμενα περιορίστηκαν στην Βουλγαρία.



Σχήμα 6: Χάρτες της ισοβαρικής στάθμης των 500 hPa (έγχρωμη σκίαση, ανά 80 gpm) και της μέσης στάθμης θάλασσας (άσπρες καμπύλες, ανά 5 hPa) ισχύος 00.00 UTC (αριστερά) 13-3-2006, (δεξιά) 14-3-2006



Σχήμα 2: Χάρτες της ισοβαρικής στάθμης των 500 hPa (έγχρωμη σκίαση, ανά 80 gpm) και της μέσης στάθμης θάλασσας (άσπρες καμπύλες, ανά 5 hPa) ισχύος 00.00 UTC (αριστερά) 15-3-2006, (δεξιά) 16-3-2006 (Πηγή : Πρόγραμμα Reanalysis του NCEP).

ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΣΤΟΝ ΕΒΡΟ: ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2010.

Τον Φεβρουάριο του 2010 είχαμε έντονα πλημμυρικά φαινόμενα, που διήρκησαν 3 βδομάδες (9/2-25/2). Την 1^η βδομάδα οι πλημμυρισμένες εκτάσεις ήταν περίπου 150.000 στρέμματα, ενώ την 2^η και 3^η βδομάδα οι πλημμυρισμένες εκτάσεις έφθασαν τα 250.000 στρέμματα και ο νομός κηρύχθηκε σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης πολιτικής προστασίας, ενώ υπήρξε οργανωμένη απομάκρυνση κατοίκων στον οικισμό Πόρου του Δήμου Φερών και στο Δ.Δ Λαβάρων του Δήμου Ορφέα. Οι καταστροφές στην γεωργία, κτηνοτροφία υπήρξαν πολύ μεγάλες και δόθηκαν αποζημιώσεις 8.274.464 εκ ευρώ από τον ΕΛ.Γ.Α.

ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΣΤΟΝ ΕΒΡΟ: ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2015.

Τον Φεβρουάριο του 2015 είχαμε μεγάλες πλημμύρες στον Έβρο. Πλημμύρισαν 50.000 στρέμματα καλλιεργήσιμα στα χωριά Πόρο, Γεμιστή, Τυχερό, Φυλακτό, Λαγανό, Λυκόφι, Σουφλί, Μάνδρα, Λάβαρα, Αμόριο, Διδυμότειχο, Φρυγή, Πύθιο, και σε όλο το δήμο Ορεσιτιάδος. Οι καλλιέργειες που ζημιώθηκαν ήταν χειμερινά σιτηρά, μηδική, καλαμπόκια, σπαράγγια και σκόρδα. Επίσης είχαμε απώλειες στις εαρινές σπορές βαμβακιού, σε μερικές περιπτώσεις 80-100%, καθώς οι παραγωγοί δεν μπόρεσαν να σπείρουν τα χωράφια. Πλημμύρες είχαμε και τον Δεκέμβριο στο Ορμένιο (ερυθροπόταμος) όπου πλημμύρησαν 15.000 στρέμματα. Οι αποζημιώσεις για τις ζημιές του 2015 (ΕΛ.Γ.Α και Κ.Ο.Ε) αναμένεται να ξεπεράσουν τα 5 εκ. ευρώ. Πιο αναλυτικά θα αναφερθούμε στην πρακτική εφαρμογή. (<http://www.newsbeast.gr>).

3.1.5 Αντιπλημμυρικά Μέτρα.

Στην Ελληνική πλευρά του Έβρου έχουν κατασκευαστεί πολλά αναχώματα σαν βασικά αντιπλημμυρικά έργα. Υπάρχουν 3 κατηγορίες αναχωμάτων : α) Κύρια αναχώματα που έχουν κατασκευαστεί μέχρι το 1963 και είναι αναχώματα αυξημένης διατομής. Βρίσκονται σε απόσταση 600-1000 μ από τον ποταμό και κατασκευάστηκαν για προστασία των οικισμών Φερρών, Πόρου, Λαγηνών, Λυκόφης, Τυχερού, Σουφλίου, Ορεσιτιάδας. β) Δευτερογενή ή υπερβλητά αναχώματα, τα οποία κατασκευάστηκαν μετά το 1963, όταν άρχισε η έντονη γεωργική εκμετάλλευση της περιοχής και οι καλλιέργειες έφθασαν μέχρι την άκρη του ποταμού. Τότε κατασκευάστηκαν για την προστασία των καλλιεργειών από μικρά πλημμυρικά φαινόμενα μικρού ύψους αναχώματα. Σήμερα τα αναχώματα αυτά έχουν βελτιωθεί και έφθασαν τα τρία μέτρα ύψους προστατεύοντας όλες τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις δίπλα στον Έβρο. Τέλος γ) τριτεύοντα, που είναι περιορισμένου ύψους μέχρι ένα μέτρο και προστατεύουν μικρές σχετικά εκτάσεις από μικρές πλημμύρες, εξυπηρετώντας την διακίνηση κατά μήκος της παραποτάμιας περιοχής. Παρακάτω παραθέτουμε τα υπερβλητά αναχώματα και τις εκτάσεις που προστατεύουν.

Πίνακας 8. Υπερβλητά αναχώματα Ν. Έβρου (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ 2007)

Ανάχωμα	Μήκος	Προστ. Έκταση
Πέταλο-Πέπλος	10.500 μ.	7.500 στρ.
Γέφ. Κήπων-Πέπλου-Πόρου	12.500 μ.	9.500 στρ.
Γεμιστή	3.500 μ.	3.000 στρ.
Τυχερό	8.500 μ.	8.000 στρ.
Λυκόφη-Λαγηνά	10.000 μ.	9.000 στρ.
Κορνοφωλιά	4.500 μ.	3.000 στρ.
Σουφλί	6.500 μ.	6.000 στρ.
Μάνδρα	2.000 μ.	1.000 στρ.
Αμόριο- Λάβαρα	14.500 μ.	13.500 στρ.
Ψαθάδες	2.500 μ.	2.000 στρ.
Διδυμότειχο-Πραγγί-	12.000 μ	10.000 στρ.

Πετράδες		
Πύθιο-Ρήγιο	20.000 μ	17.000 στρ.
Πύθιο-Θούριο-Ορεστιάδα	12.500 μ.	12.000 στρ.

3.2 Δεδομένα

Στην παρούσα εργασία για την καταγραφή της πλημμύρας του Φεβρουαρίου 2015 στον Έβρο και την εκτίμηση των ζημιών των γεωργικών καλλιεργειών με τηλεπισκόπηση και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, επιλέχθηκαν δύο δορυφορικές εικόνες Sentinel-1A για την καταγραφή της πλημμυρισμένης έκτασης, έξι πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες Landsat 5 TM 2010 και 2011 και μία πολυφασματική εικόνα από τον Landsat 8 OLI, με σκοπό να ανιχνευθεί η παρουσία ή απουσία βλάστησης σε διαφορετικές εποχές του έτους και με αυτό τον τρόπο να χαρτογραφηθούν οι γεωργικές καλλιέργειες της περιοχής. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε και τα διανυσματικά δεδομένα (shapefiles – shp) σχετικά με τα αγροτεμάχια με τις καλλιέργειες της περιοχής και το υπόμνημα όπως μας δόθηκαν από τον ΟΠΕΚΕΠΕ και το γεωργικό ημερολόγιο σχετικά με τον κύκλο ανάπτυξης των καλλιεργειών της περιοχής, που μας έδωσαν οι συνάδελφοι γεωπόνοι του ΕΛ.Γ.Α Αλεξανδρούπολης.

Τέλος χρησιμοποιήσαμε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) για την μοντελοποίηση πλημμύρας με υδρολογικά εργαλεία του ArcMap, για συγκεκριμένο ύψος νερού 6m (μέχρι 6,25 m έφθασε η πλημμύρα σε ορισμένες περιοχές με όριο συναγερμού τα 5,70 m).

Για την απόκτηση των δορυφορικών εικόνων Sentinel-1 χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα Eolisa της ESA, ενώ τις δορυφορικές εικόνες Landsat προμηθεύτηκαμε από την Επιστημονική Υπηρεσία της Κυβέρνησης των Ηνωμένων Πολιτειών «United States Geological Survey» (USGS), ύστερα από εγγραφή στην υπηρεσία GLOVIS (Global Visualization Viewer) του οργανισμού USGS.

Πίνακας 9. Πίνακας με τις δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν

Δορυφόρος	Ημ. Λήψης	Δέκτης
Landsat 5	1/5/2010	TM
Landsat 5	4/7/2010	TM
Landsat 5	22/9/2010	TM
Landsat 5	21/6/2011	TM
Landsat 5	8/8/2011	TM
Landsat 5	25/9/2011	TM
Landsat 8	15/5/2015	OLI
Sentinel-1A	5/4/2015	Interferometric Wide Swath Mode (IW)
Sentinel-1A	6/4/2015	Interferometric Wide Swath Mode (IW)

Ο Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε (Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων) είναι ο Ελληνικός Οργανισμός καταβολής των κοινοτικών ενισχύσεων στους Έλληνες αγρότες και λειτουργεί από το 2001. Κάθε χρόνο οι παραγωγοί υποβάλουν την Ενιαία αίτηση ενίσχυσης (ΕΑΕ) στον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε (ΕΑΕ) με την οποία δηλώνουν τα αγροτεμάχια που καλλιεργούν, την καλλιέργεια, το ζωικό τους κεφάλαιο, τον πάγιο εξοπλισμό κ.α και ο Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε, βάσει αυτής της αίτησης τους καταβάλλει τις επιδοτήσεις. Στα αγροτεμάχια γίνεται ακριβής καταγραφή, αποτύπωση στο χάρτη και ψηφιοποίηση με το εργαλείο ψηφιοποίησης WEBGIS. Το εργαλείο ψηφιοποίησης παρέχει την δυνατότητα εισαγωγής αρχείων SHP (shapfiles) μέσω της οθόνης. Στα shapfiles έχουμε εισάγει διάφορες πληροφορίες (ΑΦΜ, Όνομα, Επώνυμο, Πατρώνυμο, κ.α) των παραγωγών και την ακριβή έκταση των αγροτεμαχίων.

Τα shapfiles με τα αγροτεμάχια μας τα έδωσε ο Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε, μετά από αίτηση μας, μαζί με το υπόμνημα με τις καλλιέργειες της παραποτάμιας περιοχής Έβρου που επιδοτούνται από τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε.

Πίνακας 10. Υπόμνημα με τις καλλιέργειες της περιοχής Έβρου

1.1	ΣΙΤΑΡΙ ΣΚΛΗΡΟ
1.2	ΣΙΤΑΡΙ ΣΚΛΗΡΟ ΠΟΙΟΤΙΚΟ
2	ΛΟΙΠΑ ΣΙΤΗΡΑ
3.1	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ ΠΟΤΙΣΤΙΚΟΣ
3.2	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ ΕΝΣΙΡΩΣΗΣ
4	ΕΛΑΙΟΥΧΟΙ ΣΠΟΡΟΙ
5	ΠΡΩΤΕΙΝΟΥΧΟΙ ΣΠΟΡΟΙ
6	ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΑΓΡΑΝΑΠΑΥΣΗΣ
7	ΡΥΖΙ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΓΙΑ ΕΙΔΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ
7.1	ΡΥΖΙ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ - ΟΧΙ ΓΙΑ ΕΙΔΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ
8	ΖΩΟΤΡΟΦΕΣ
9	ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ
10	ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΑ
11	ΟΣΠΡΙΟΕΙΔΗ
12	ΒΑΜΒΑΚΙ
13	ΛΙΝΟΣ ΜΗ ΚΛΩΣΤΙΚΟΣ
14	ΛΙΝΟΣ ΚΛΩΣΤΙΚΟΣ
15.1	ΕΛΑΙΩΝΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ
15.2	ΕΛΑΙΩΝΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑ
15.3	ΕΛΑΙΩΝΕΣ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ
16	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
17	ΚΑΠΝΟΣ
18	ΝΤΟΜΑΤΕΣ ΠΡΟΣ ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ
19	ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ ΠΡΟΣ ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ
20	ΡΟΔΑΚΙΝΑ ΚΑΙ ΑΧΛΑΔΙΑ ΠΡΟΣ ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ
21	ΚΑΡΠΟΙ ΜΕ ΚΕΛΥΦΟΣ
22	ΕΠΙΣΠΟΡΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΨΥΧΑΝΘΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ
23	ΚΥΡΙΑ ΨΥΧΑΝΘΗ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΚΤΟΣ ΟΣΠΡΙΟΕΙΔΩΝ
24	ΓΕΩΜΥΛΑ ΑΜΥΛΟΠΟΙΙΑΣ

25.1	ΣΠΟΡΟΙ ΣΠΟΡΑΣ (ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ-ΕΛΑΙΟΥΧΟΙ)
25.2	ΣΠΟΡΟΙ ΣΠΟΡΑΣ (ΛΟΙΠΟΙ ΠΟΥ ΠΡΟΣΜΕΤΡΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΕΚΤΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ)
25.3	ΣΠΟΡΟΙ ΣΠΟΡΑΣ (ΛΟΙΠΟΙ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΡΟΣΜΕΤΡΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΕΚΤΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ)
26	ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΑΛΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΟΥ ΠΡΟΣΜΕΤΡΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΕΚΤΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ
27	ΞΗΡΑ ΜΗ ΜΕΤΑΠΟΙΗΜΕΝΑ ΣΥΚΑ ΚΑΙ ΔΑΜΑΣΚΗΝΑ
28.1	ΣΤΑΦΙΔΕΣ
28.2	ΣΤΑΦΙΔΕΣ-ΑΝΑΜΠΕΛΩΣΗ ΛΟΓΩ ΦΥΛΛΟΞΗΡΑΣ
29	ΜΠΑΝΑΝΕΣ
30	ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΙ ΕΛΑΙΩΝΕΣ ΣΤΑ ΜΙΚΡΑ ΝΗΣΙΑ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ
31	ΠΑΤΑΤΑ ΣΤΑ ΜΙΚΡΑ ΝΗΣΙΑ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ
32	ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΙΝΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ (VQPRD) ΣΤΑ ΜΙΚΡΑ ΝΗΣΙΑ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ ΠΕΛΑΓΟΥΣ
33	ΛΥΚΙΣΚΟΣ
34	ΜΕΤΑΞΟΣΚΩΛΗΚΕΣ-ΜΟΥΡΙΕΣ ΓΙΑ ΣΗΡΟΤΡΟΦΙΑ
35	ΜΕΛΙ-ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΜΕ ΜΕΛΙΣΣΙΑ
36.1	ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ-ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ
36.2	ΛΟΙΠΟΙ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΙΝΟΥ
36.3	ΛΟΙΠΟΙ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑ ΧΡΗΣΗ
37	ΛΟΙΠΑ ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ
38.1	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ
38.2	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ
39	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ ΥΠΟ ΚΑΛΥΨΗ
40	ΑΝΘΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
41	ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΦΥΤΑ
42	ΓΗ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΝΤΑΣΣΕΤΑΙ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ
43	ΑΠΟΞΗΡΑΜΕΝΕΣ ΧΟΡΤΟΝΟΜΕΣ
44	ΜΕΛΙ ΣΤΑ ΜΙΚΡΑ ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ ΠΕΛΑΓΟΥΣ
45.1	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
45.2	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ - ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ
46.1	ΛΟΙΠΑ ΜΕΤΡΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΤΑ ΜΙΚΡΑ ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ ΠΕΛΑΓΟΥΣ
46.2	ΛΟΙΠΑ ΜΕΤΡΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΤΑ ΜΙΚΡΑ ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ ΠΕΛΑΓΟΥΣ-ΔΕΝΔΡΩΝΕΣ
46.3	ΛΟΙΠΑ ΜΕΤΡΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΤΑ ΜΙΚΡΑ ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ ΠΕΛΑΓΟΥΣ-ΜΑΣΤΙΧΑ

Για το γεωργικό ημερολόγιο με τον κύκλο ανάπτυξης των καλλιεργειών στον Έβρο έχουμε αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.

3.3 Προεπεξεργασία δεδομένων

Οι δορυφορικές εικόνες Landsat είναι ορθοεικόνες, έχουν υποστεί ορθοαναγωγή, γι αυτό δεν κάναμε περαιτέρω επεξεργασία, δεν πραγματοποιήθηκε ατμοσφαιρική διόρθωση για να αφαιρεθεί η επίδραση των ατμοσφαιρικών συνθηκών.

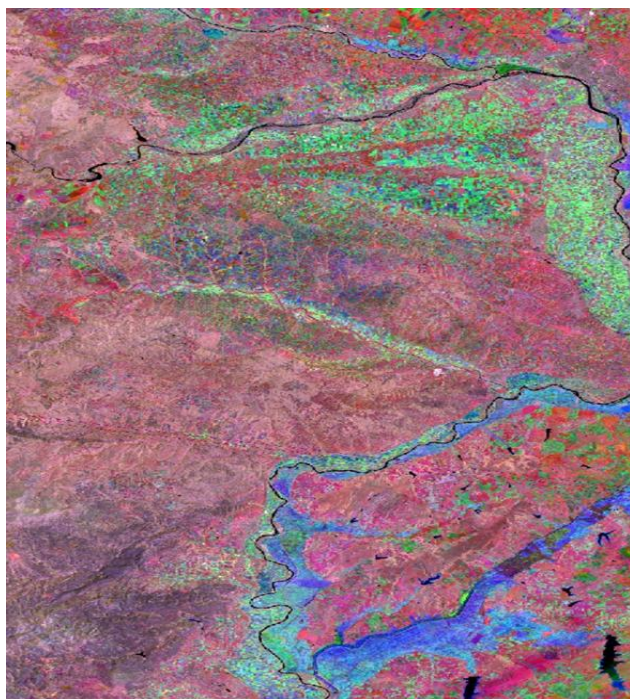
Για την καταγραφή της πλημμυρισμένης έκτασης λάβαμε με το πρόγραμμα Eolisa της ESA δυο δορυφορικές εικόνες Sentinel-1 (Grid Product) με ημερομηνίες λήψης 5 και 6 Απριλίου 2015, μεσημεριανές-απογευματινές ώρες. Με το Sentinel-1 Toolbox πραγματοποιήθηκε ραδιομετρική βαθμονόμηση-διόρθωση, απομάκρυνση θερμικού θορύβου (Thermal noise

removal), απομάκρυνση θορύβου (despeckle) με εφαρμογή refined Lee sigma φίλτρου Threshold και γεωμετρική διόρθωση (geometric terrain correction, Range Doppler).

3.4 Αντικειμενοστρεφείς ταξινομήσεις Landsat TM απεικονίσεων

Το διαχρονικό (multitemporal) έγχρωμο σύνθετο αποτελεί μια έγχρωμη απεικόνιση που προκύπτει με υπέρθεση τριών μονόχρωμων απεικονίσεων, του ίδιου φασματικού καναλιού ενός δορυφόρου σε δύο ή τρεις διαφορετικές εποχές.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα διαχρονικό έγχρωμο σύνθετο που δημιουργήσαμε με σκοπό να διακρίνουμε τις καλλιεργούμενες εκτάσεις που είναι πολύχρωμες, από τις υπόλοιπες κατηγορίες βλάστησης που δεν μεταβάλλονται και παραμένουν ίδιες καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Η δημιουργία έγινε με χρήση του καναλιού 4 και χρησιμοποιήθηκαν οι δορυφορικές εικόνες του 2010. Η εικόνα αυτή είναι εξαιρετικά χρήσιμη για τη φωτοερμηνεία των διαφορετικών τύπων καλλιεργειών και είναι αυτή που κυρίως χρησιμοποιήθηκε στο project του προγράμματος eCognition.



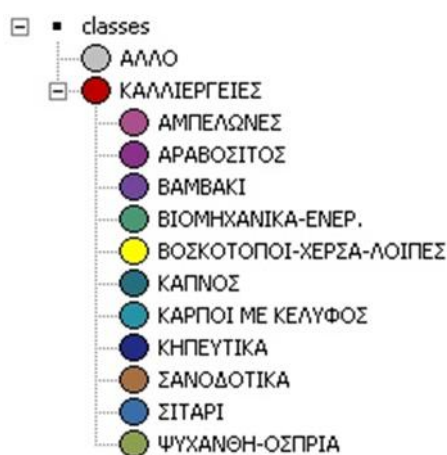
Εικόνα 29. Διαχρονικό έγχρωμο σύνθετο της περιοχής μελέτης. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις εμφανίζονται πολύχρωμες σε σχέση με την υπόλοιπη βλάστηση.

Για να γίνει μέσω φωτοερμηνείας των δορυφορικών εικόνων Landsat η ταξινόμηση των καλλιεργειών της παραποτάμιας περιοχής Έβρου χρησιμοποιήσαμε αρχικά τα χαρτογραφικά δεδομένα από τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε (shapfiles) (2010) με τα αγροτεμάχια με τις γεωργικές καλλιέργειες και τα όρια τους. Τα shapfiles τα επεξεργαστήκαμε στο ArcG.I.S ώστε να περιοριστεί η αρχική έκταση μόνο στην καλλιεργούμενη περιοχή, αποκλείοντας τις υπόλοιπες χρήσεις γης (οικισμούς, δρόμους, νερό, άλλη βλάστηση, κ.α). Αξίζει να αναφερθεί ότι τα χαρτογραφικά δεδομένα από τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε χρονολογούνται από το 2010 και αφορούν καλλιέργειες στις οποίες έγινε χαρτογράφηση τις προηγούμενες του 2010 χρονιές και επομένως είναι παρακινδυνευμένη η ακριβής αντιστοίχιση των κατηγοριών με τις καλλιέργειες που υπήρχαν στην περιοχή του Έβρου το 2015.

Στην παραποτάμια περιοχή του Έβρου σύμφωνα με τα στοιχεία από τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε, που αναφέρονται στο υπόμνημα, οι καλλιέργειες είναι 60 με μικρή μέση έκταση αγροτεμαχίου (10 στρ). Αυτό δημιουργεί πρόβλημα στην ταξινόμηση και γι' αυτό κρίθηκε σκόπιμο να ομαδοποιηθούν οι καλλιέργειες καθώς πολλές από τις καλλιέργειες είναι παρόμοιες (π.χ σιτάρι-λοιπά σιτηρά), ενώ άλλες συμμετέχουν σε πολλή περιορισμένη έκταση και δεν δημιουργεί πρόβλημα η ένταξη τους σε μεγαλύτερη κατηγορία, όπως στην περίπτωση των ενεργειακών καλλιεργειών που ο ηλίανθος κυριαρχεί σε ποσοστό 90% .

Η ομαδοποίηση έγινε με 15, 12, 9 γενικότερες κατηγορίες και τελικά καταλήξαμε σε 12 κατηγορίες στις παρακάτω 11 και στην κατηγορία Other με τις υπόλοιπες καλλιέργειες. Οι κατηγορίες αυτές καλύπτουν σε σημαντικό βαθμό την υπό μελέτη περιοχή και παρουσιάζουν κατά το δυνατό μεγαλύτερη φασματική διαφοροποίηση.

Στην Εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κατηγορίες που επιλέχτηκαν με την αντίστοιχη χρωματική παλέτα.



Εικόνα 30. Κατηγορίες καλλιεργειών επιβλεπόμενης ταξινόμησης της απεικόνισης του Landsat 5TM και η αντίστοιχη χρωματική παλέτα.

Αφού πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή των δορυφορικών εικόνων στο eCognition, εκτελέστηκε ένα σύνολο δοκιμών κατάτμησης τύπου “multiresolution segmentation” και στη συνέχεια εκτελέστηκε κατάτμηση τύπου “multiresolution segmentation”, με παράμετρο κλίμακας (Scale) 5, και παραμέτρους για σχήμα (Shape) 0.3 , χρώμα (Color) 0,7 και συμπαγότητα (Compactness) 0,1 το ελάχιστο - ομαλότητα (Smoothness) 0,9. Μεγαλύτερη έμφαση δόθηκε στο χρώμα και στο λείο των αντικειμένων αγροτεμαχίων.

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις παράμετρους κατάτμησης

Πίνακας 12. Ρυθμίσεις ταξινόμησης.

Παράμετροι/Κριτήρια Κατάτμησης				
Scale	Color	Shape	Smoothness	Compactness
5	0,7	0,3	0,9	0,1

Στην συνέχεια με χρήση των χαρτογραφικών δεδομένων του ΟΠΕΚΕΠΕ δημιουργήσαμε περιοχές εκπαίδευσης μέσω τυχαίων δειγμάτων-samples (5% της συνολικής έκτασης κάθε τάξης) για τα οποία εφαρμόσαμε τον κανόνα του εγγύτερου γείτονα. Με χρήση των περιοχών αυτών προσδιορίστηκαν οι φασματικές υπογραφές (μέση τιμή ανά κανάλι, ελάχιστη και μέγιστη τιμή, τυπική απόκλιση) κάθε κατηγορίας-καλλιέργειας, που χρειάζονται για την πραγματοποίηση της ταξινόμησης. Η μέση τιμή μιας κατηγορίας

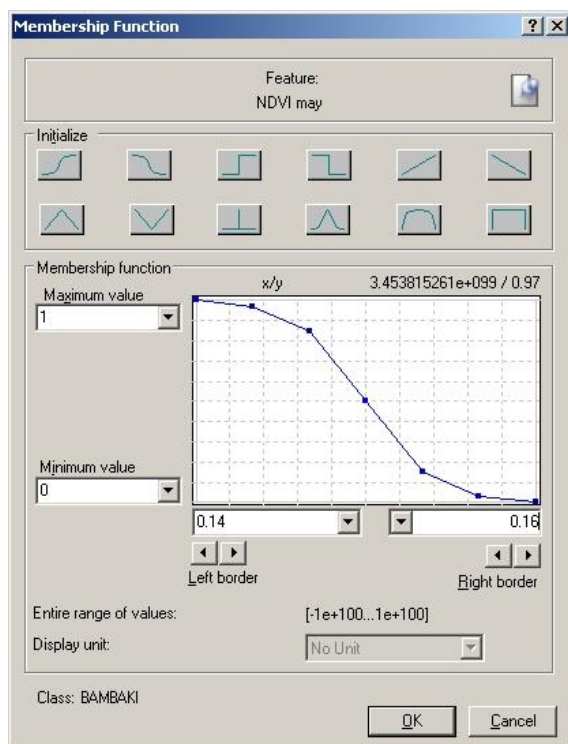
εκφράζει το μέσο όρο της ψηφιακής τιμής για το κάθε κανάλι και η τυπική απόκλιση αποτελεί το εύρος των ψηφιακών τιμών της κάθε κατηγορίας στο κανάλι που αντιστοιχεί.



Εικόνα 31. Τα δείγματα-Samples 5% για την περιοχή μελέτης

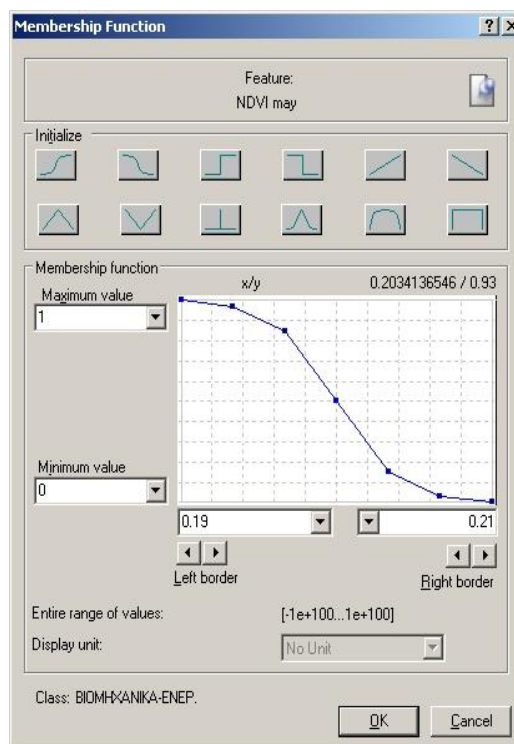
Επιπλέον, για την καλύτερη ταξινόμηση των κλάσεων καλλιεργειών της παραποτάμιας περιοχής Έβρου έγινε χρήση του δείκτη NDVI. Ο δείκτης αξιοποιήθηκε για τον γενικό

διαχωρισμό των καλλιεργειών. Οι καλλιέργειες διαχωρίστηκαν με χρήση κατάλληλων κανόνων και συναρτήσεις συμμετοχής σε συνδυασμό με το γεωργικό ημερολόγιο. Οι κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν για τον NDVI ήταν το πότε δεν υπάρχει βλάστηση ($NDVI < 0.15$, χαμηλός NDVI) ή πότε υπάρχει λίγη βλάστηση ($0.15 < NDVI < 0.2$ Μέσος NDVI) με βάση το γεωργικό ημερολόγιο των καλλιεργειών που αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο που μας προμήθευσε το υπ. ΕΛ.Γ.Α Αλεξανδρούπολης. Έτσι για τα σιτηρά περιμένουμε υψηλό NDVI τον Μάιο και όχι βλάστηση τον Ιούλιο καθώς και το Σεπτέμβριο. Για το βαμβάκι χαμηλό NDVI τον Μάιο, υψηλό NDVI τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο και για το καλαμπόκι χαμηλό NDVI τον Μάιο, υψηλό τον Ιούλιο και όχι βλάστηση τον Σεπτέμβριο, οπότε τα καλαμπόκια σχεδόν έχουν μαζευτεί, ανάλογα με το υβρίδιο. Για τα ενεργειακά μέτριο Μάιο και υψηλό τον Ιούλιο και Σεπτέμβριο.



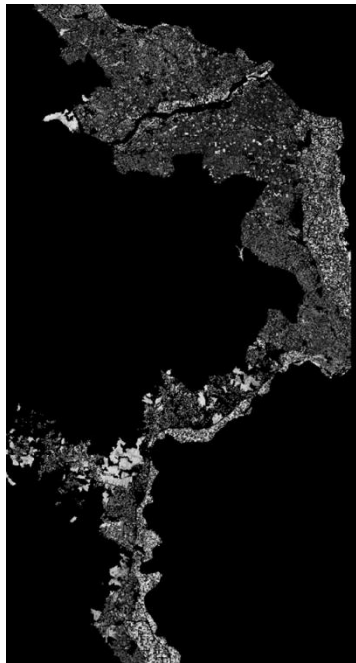
Η συνάρτηση συμμετοχής για χαμηλό NDVI (<0,15) για το βαμβάκι

Εικόνα 32 Ασαφείς συναρτήσεις NDVI

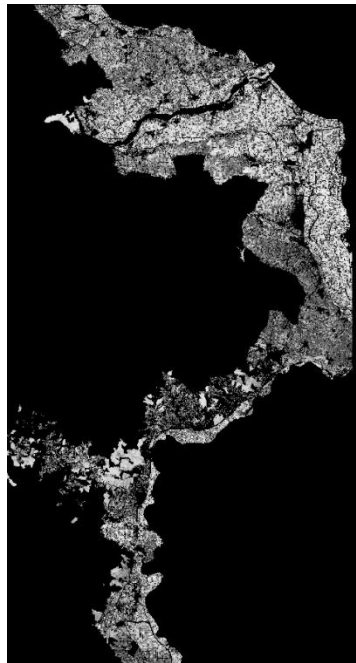


Η συνάρτηση συμμετοχής για μέτριο NDVI (<0,20). για Ενεργειακά φυτά (Ηλίανθος)

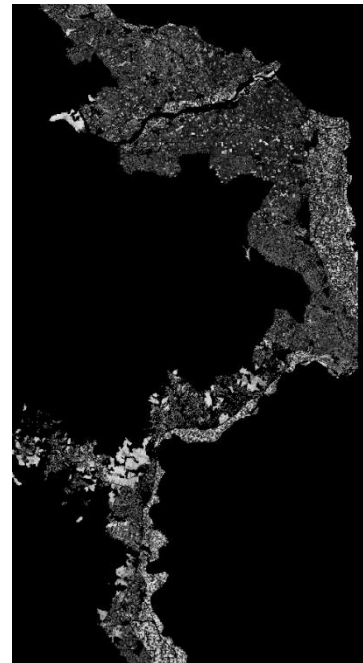
Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι δείκτες NDVI για τους 3 μήνες Μάιο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο του 2010.



NDVI Μαΐου



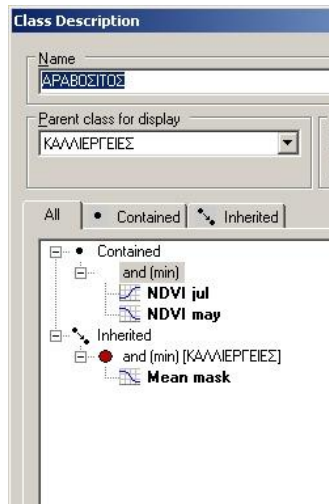
NDVI Ιουλίου



NDVI Σεπτεμβρίου

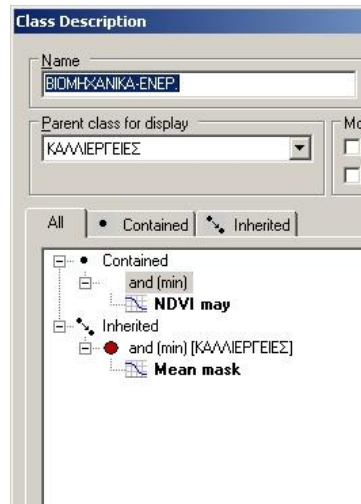
Εικόνα 33 Οι δείκτες NDVI Μαΐου, Ιουλίου και Σεπτεμβρίου

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι κανόνες NDVI που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε καλλιέργεια.

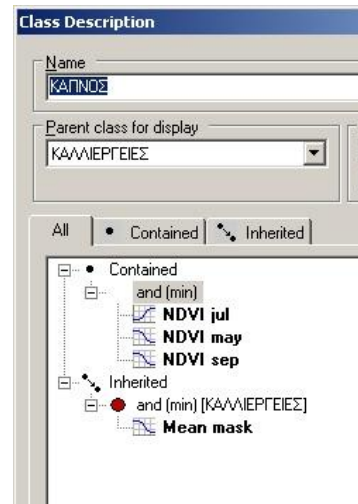


κανόνες NDVI για Αραβόσιτο

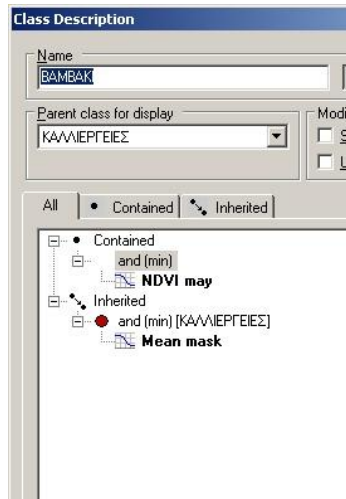
Εικόνα 34. Κανόνες NDVI



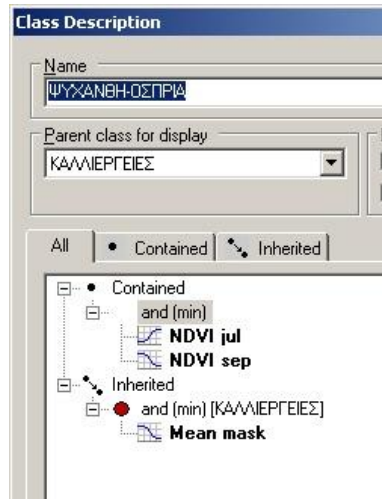
κανόνες NDVI για βιομηχανικά



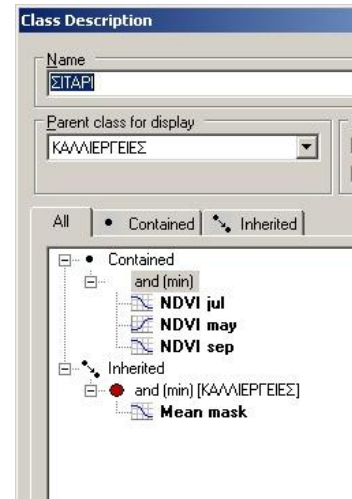
κανόνες NDVI για Καπνό



κανόνας NDVI για Αραβόσιτο
Εικόνα 35.Κανόνες NDVI

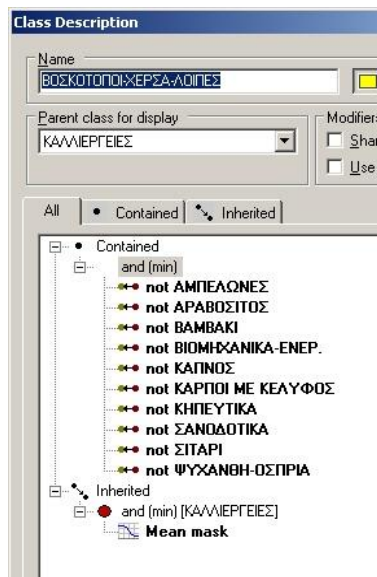


κανόνας NDVI για Ψυχανθή



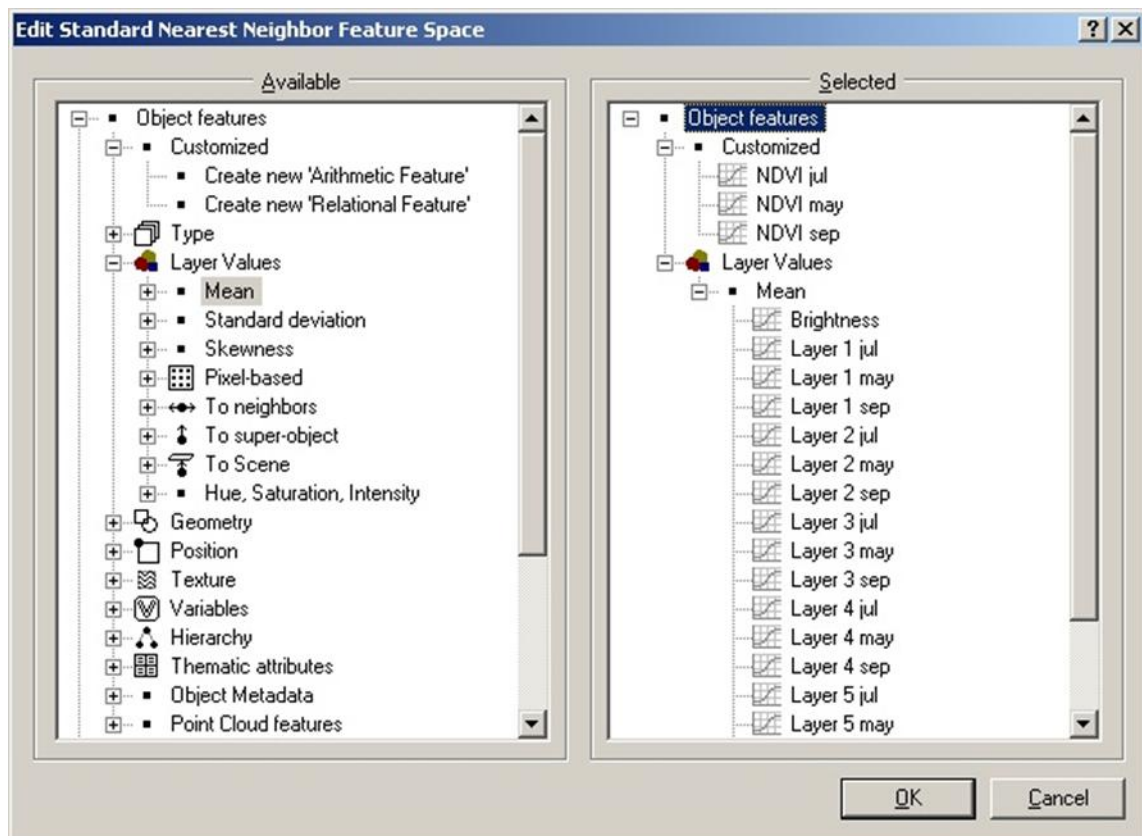
κανόνας NDVI για Σιτάρι

Ειδικά για την κατηγορία «βοσκότοποι-χέρσα-λουιές» χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω κανόνας.

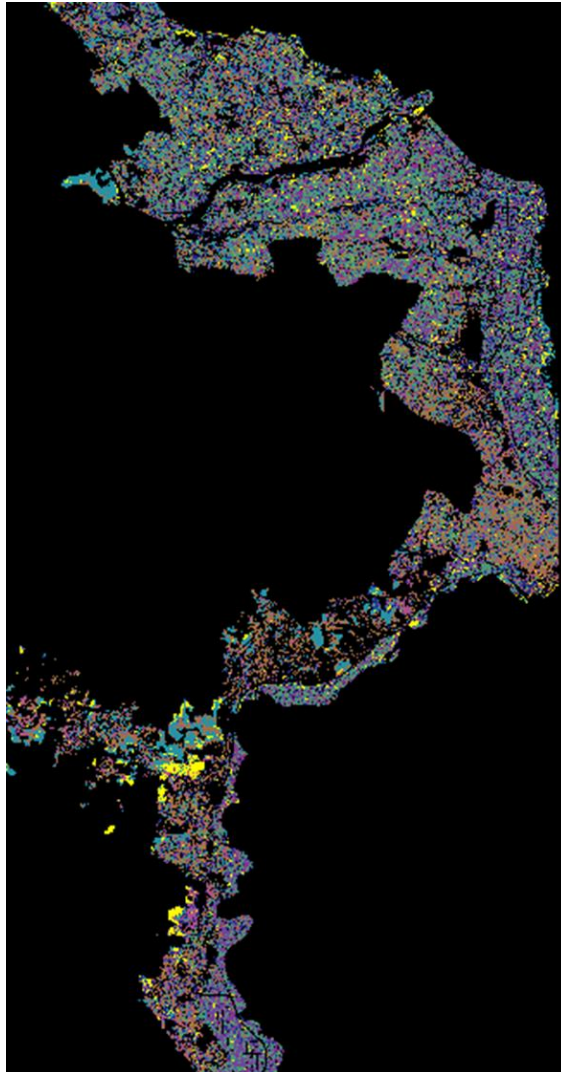


Εικόνα 36 κανόνας για Βοσκότοπους-Χέρσα.

Για την ταξινόμηση χρησιμοποιήσαμε τις φασματικές υπογραφές 21 καναλιών (7 κανάλια ανά εποχή) και τους 3 δείκτες NDVI (για κάθε εποχή).



Εικόνα 37. Φασματο/χρονικός χώρος όπου εφαρμόστηκε ο κανόνας του εγγύτερου γείτονα.



Εικόνα 38. Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης

Παρακάτω ακολουθεί ο Πίνακας αξιολόγησης για τα αποτελέσματα της ταξινόμησης.

Πίνακας 13. Αξιολόγηση ταξινόμησης 2010

User \ Referenc...	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΨΥΧΑΝΘΗ-ΟΣΠ...	ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ-Ε...	ΣΑΝΟΔΟΤΙΚΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΚΑΠΝΟΣ	ΚΑΡΠΟΙ ΜΕ ΚΕΛ...	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	Sum
Confusion Matrix											
ΣΙΤΑΡΙ	294347	74927	11234	791	263148	6004	61402	559	486	9597	722495
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	171275	100152	13860	1293	186243	11654	58387	38	876	20091	563869
ΨΥΧΑΝΘΗ-ΟΣΠΡΙΑ	8362	453	3227	34	6437	1089	2093	0	12	73	21780
ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ	13277	1374	1396	2317	9943	1725	12328	688	353	1239	44640
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ-ΕΝΕΡ.	768375	196925	77667	13473	982330	53521	311360	1087	7039	63523	2475300
ΣΑΝΟΔΟΤΙΚΑ	52987	11694	23078	2096	54436	28518	26974	1008	943	4551	206245
ΒΑΜΒΑΚΙ	209839	53286	23108	5860	256241	21900	220780	5073	3166	30586	829839
ΚΑΠΝΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΚΑΡΠΟΙ ΜΕ ΚΕΛΥ...	16856	3134	4045	277	15291	1703	5772	119	1327	712	49236
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	52280	19040	7931	1469	62199	6171	23489	56	1336	17490	191461
unclassified	101369	25675	10725	3699	107984	9591	41848	1263	1067	11657	314878
Sum	1688967	486660	176271	31269	1944252	141876	764433	9891	16605	159519	
Accuracy											
Producer	0.1742763	0.2057946	0.01830703859	0.07409894784	0.5052483	0.201	0.2888154	0	0.07991568805	0.1096421	
User	0.4074035	0.1776157	0.1481635	0.05190412186	0.3968529	0.1382724	0.266	undefined	0.02695182387	0.09135019665	
Hitden	0.2441233	0.1906697	0.03258756583	0.0610467797	0.4445383	0.1638396	0.277	0	0.04030922981	0.09966379851	
Short	0.139	0.1053813	0.01656366772	0.03148440048	0.2857918	0.08932945029	0.1607436	0	0.02056917878	0.05244535069	
KIA Per Class	0.04726980884	0.1135707	0.01434604948	0.06640937929	0.08932619434	0.1693985	0.1602356	0	0.07148049353	0.0770369821	
Totals											
Overall Accuracy	0.3045325										
KIA	0.08663639229										

Αξιολόγηση αποτελεσμάτων ταξινόμησης.

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι η ταξινόμηση είχε πολύ χαμηλό ποσοστό επιτυχίας (30%) και πάρα πολύ μικρό Kappa Index (0.08). Οι λόγοι της αποτυχίας οφείλονται κυρίως στο χρόνο συλλογής των δεδομένων του Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε, καθώς το αρχείο του Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε δεν ενημερώνεται κάθε χρόνο και τα στοιχεία για τις καλλιέργειες πιθανόν να αφορούν καλλιέργειες των προηγούμενων ετών (2008, 2009) και όχι του 2010.

Άλλος σημαντικός λόγος είναι οι συχνές πλημμύρες στην περιοχή που προκαλούν σημαντικές ζημιές στις καλλιέργειες και εμποδίζουν τους παραγωγούς να τηρήσουν το γεωργικό ημερολόγιο. Το Φεβρουάριο του 2010 είχαμε πολλή μεγάλη πλημμύρα στον Έβρο, όπως ήδη έχουμε αναφερθεί, με αποτέλεσμα τα χειμερινά σιτηρά να έχουν καταστραφεί σχεδόν ολοσχερώς και τα βαμβάκια και τα καλαμπόκια να έχουν φυτευτεί καθυστερημένα τέλος Ιουνίου-αρχές Ιουλίου, αντί του συνηθισμένου, τέλος Απριλίου-αρχές Μαΐου. Γι' αυτούς τους λόγους είναι δύσκολη η ταξινόμηση τους.

Επίσης το μικρό μέγεθος αγροτεμαχίων (συγκριτικά με τη γεωμετρική ανάλυση εικόνων) και οι συχνές εναλλαγές για πολλές καλλιέργειες (π.χ. κηπευτικά) ή πατάτες, μετά από τα σιτηρά στο ίδιο χωράφι, κάνουν πιο δύσκολη την ταξινόμηση των καλλιεργειών της περιοχής.

Λόγω της μη τήρησης του γεωργικού ημερολογίου επαναλήφθηκε η ταξινόμηση χωρίς τους κανόνες για τον NDVI αλλά τα αποτελέσματα ήταν σχεδόν τα ίδια. Η διαδικασία της ταξινόμησης επαναλήφθηκε με τις εικόνες του 2011, με τις οποίες είχαμε σαφώς καλύτερο αποτέλεσμα (50% ακρίβεια) και Kappa Index (0.38), αλλά και πάλι αρκετά χαμηλό.

Πίνακας 14. Αξιολόγηση ταξινόμησης 2011

User \ Referenc.	ΛΟΙΠΕΣ	ΣΙΤΑΡΙ	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	ΨΥΓΑΝΘΗ-ΟΣΠ...	ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙΗ...	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ-Ε...	ΣΑΝΔΩΔΙΚΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΚΑΡΤΟΙ ΜΕ ΚΕΛ...	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	Sum
Confusion Matrix											
ΛΟΙΠΕΣ	482	196	0	21	196	153	27	53	0	30	1158
ΣΙΤΑΡΙ	46	4511	532	187	700	2256	101	604	14	103	9054
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	26	602	995	8	53	594	7	80	0	47	2412
ΨΥΓΑΝΘΗ-ΟΣΠ...	11	253	15	222	105	185	26	92	1	0	910
ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙΗ...	345	885	64	189	6736	790	164	361	55	25	9614
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ-Ε...	114	1962	620	96	797	5298	132	919	14	128	10080
ΣΑΝΔΩΔΙΚΑ	2	57	12	30	33	79	214	9	0	6	442
ΒΑΜΒΑΚΙ	46	416	106	30	180	502	28	1533	6	68	2915
ΚΑΡΤΟΙ ΜΕ ΚΕΛ...	1	58	19	0	26	40	4	15	55	10	228
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	12	130	170	1	16	178	5	108	0	387	1007
unclassified	79	719	170	72	804	740	67	301	16	60	3028
Sum	1164	9789	2703	856	9646	10815	775	4075	161	864	
Accuracy											
Producer	0.414	0.4608234	0.3681095	0.2593458	0.6983205	0.4898752	0.2761290	0.3761963	0.3416149	0.448	
User	0.4162349	0.4982328	0.4125207	0.244	0.7006449	0.5259952	0.4841629	0.526	0.2412281	0.3843098	
Health	0.4151593	0.4787985	0.389	0.2514156	0.6994808	0.5071070	0.3516845	0.4386266	0.2827763	0.4136825	
Short	0.262	0.3147502	0.2415049	0.1437824	0.5378473	0.3396807	0.2133599	0.281	0.1646707	0.2607817	
KIA Per Class	0.397	0.3072817	0.3284561	0.2424698	0.6054619	0.3227516	0.2682106	0.3282595	0.338	0.434	
Totals											
Overall Accuracy	0.5002203										
KIA	0.9852035										

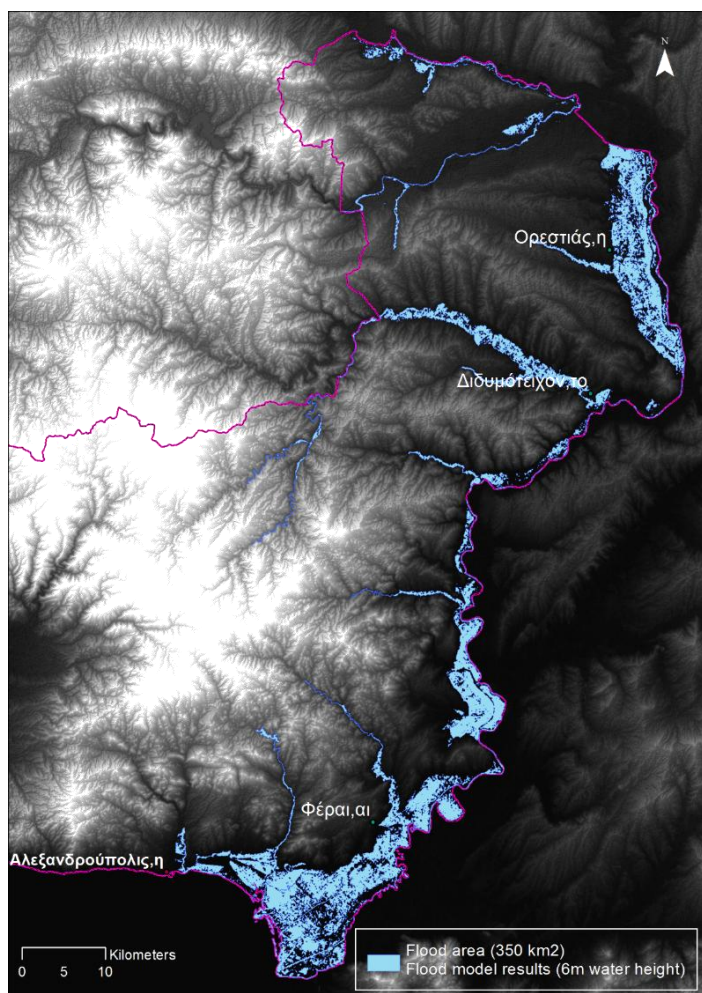
Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητο, για την ορθή και ακριβή ταξινόμηση των καλλιεργειών, να πραγματοποιούνται επίγειοι έλεγχοι, παράλληλα με τη λήψη των απεικονίσεων.

3.5 Εκτίμηση πλημμύρας με χρήση Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

Η μοντελοποίηση πλημμύρας πραγματοποιήθηκε με υδρολογικά εργαλεία του ArcMap για διάφορα ύψη πλημμύρας, χρησιμοποιώντας ως δεδομένα εισόδου το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της ευρύτερης περιοχής του Έβρου. Για ύψος έξι μέτρων (επεισόδιο Φεβρουάριος-Απρίλιος 2015) η πλημμύρα εκτιμήθηκε σε 350.000 στρέμματα. Η πλημμυρισμένη έκταση είναι αρκετά υπερεκτιμημένη σε σχέση με την αρχική εκτίμηση που

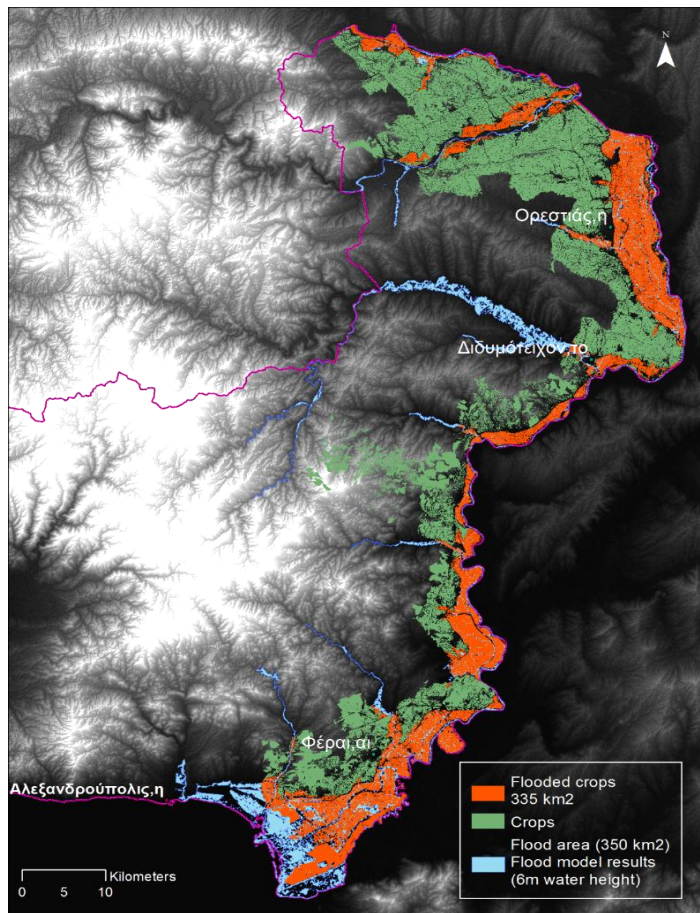
έκανε λόγο για 200.000 στρέμματα και την εκτίμηση με τον Sentinel-1A, όπως θα δούμε πιο κάτω. Η υπερεκτίμηση της πλημμυρισμένης έκτασης οφείλεται κυρίως στους εξής παράγοντες:

- Την σχετικά μικρή ανάλυση του Ψηφιακού μοντέλου εδάφους (27 m).
- Δεν συμπεριλαμβάνονται τα αντιπλημμυρικά έργα (π.χ. αναχώματα).
- Δεν συμπεριλαμβάνεται η στραγγιστική ικανότητα του εδάφους.



Εικόνα 39. Εκτίμηση της πλημμυρισμένης έκτασης με Ψ.Μ.Ε

Κάνοντας υπέρθεση της καλλιεργούμενης έκτασης, σύμφωνα με τα διανυσματικά δεδομένα που μας δόθηκαν από τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε., στην πλημμυρισμένη έκταση, όπως εκτιμήθηκε με το Ψ.Μ.Ε., εκτιμήσαμε την πλημμυρισμένη έκταση σε γεωργικές καλλιέργειες. Υπάρχει σημαντική υπερεκτίμηση για τους ίδιους λόγους, που αναφέραμε πιο πάνω, σχετικά με τις πλημμυρισμένες εκτάσεις με γεωργικές καλλιέργειες που κατέγραψε ο Sentinel-1A και οι γεωπόνοι του ΕΛ.Γ.Α. με επιτόπιους ελέγχους.

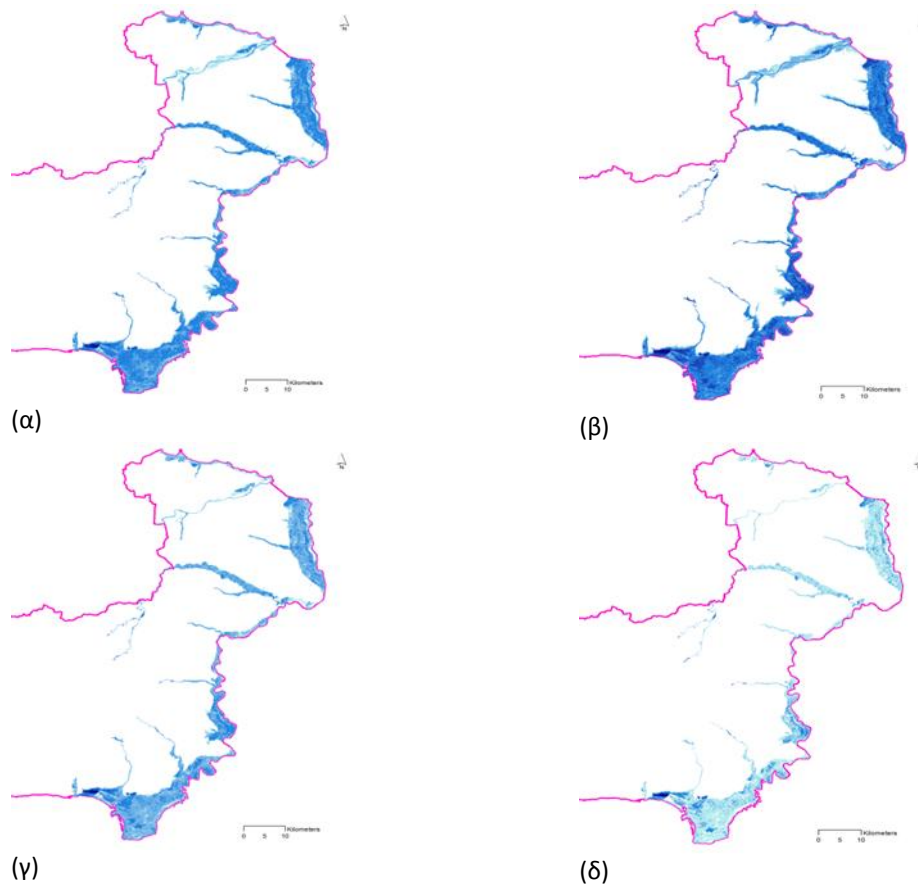


Εικόνα 40. Οι πλημμυρισμένες εκτάσεις με γεωργικές καλλιέργειες όπως εκτιμήθηκαν με Ψ.Μ.Ε

Η συνολική έκταση των ζωνών δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας, ανέρχεται στα 426.470 στρέμματα εκ των οποίων, 369.410 στρέμματα αφορούν στην περιοχή νοτίως της Νέας Βύσσας μέχρι τις εκβολές, 44.440 στρέμματα αφορούν στις περιοχές του βόρειου Έβρου (βορείως της συμβολής του Άρδα) και περίξ του Άρδα ποταμού και 12.160 στρέμματα αφορούν στην παραλιακή περιοχή δυτικά του χειμάρρου Λουτρού.

(<http://floods.ypeka.gr>)

Παρακάτω παραθέτουμε με βάση τα ψηφιακό μοντέλο εδάφους τις δυνητικά πλημμυρισμένες εκτάσεις με ύψος νερού 2, 4, 6 και 10 μέτρα. Δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα αναχώματα που η αντοχή τους ή μη παίζει τον βασικό ρόλο στην έκταση που θα πάρει η πλημμύρα.



Εικόνα 41: Η πλημμυρισμένη έκταση με ύψος νερών 6 m(α), 10 m(β), 4 m(γ) και 2 m(δ).

Οι παραπάνω εκτάσεις αποτελούν περιοχές δυνητικής πλημμύρας και μπορούν να συμβούν σε περίπτωση πτώσης των αναχωμάτων. Το όριο συναγερμού είναι για ύψος νερών 5,7 μέτρα ενώ φέτος η πλημμύρα έφθασε ύψος νερών 6,25 μέτρα και η περιοχή κηρύχτηκε σε κατάσταση συναγερμού .

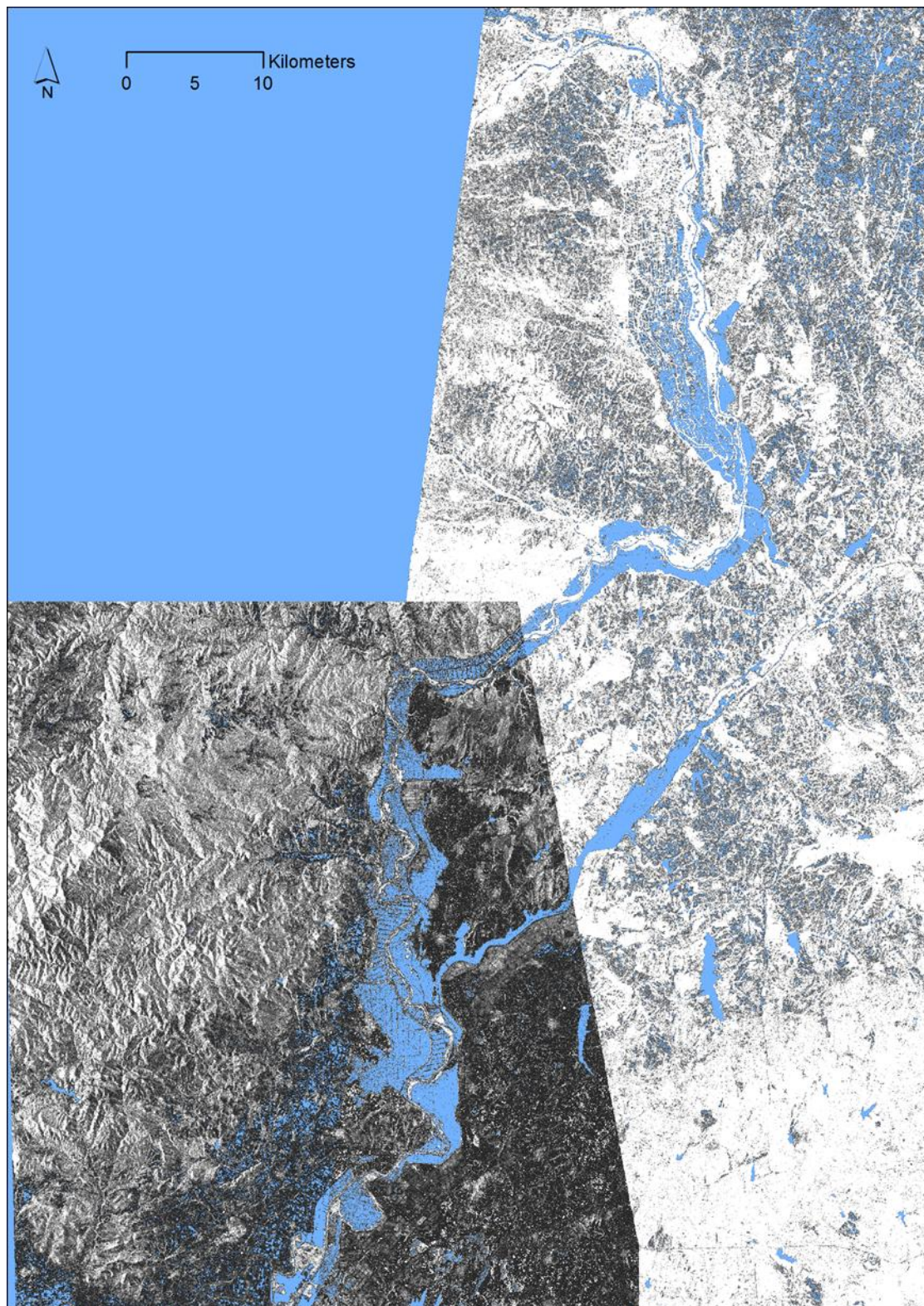
Οι εκτάσεις που αναφέρει η Ειδική Γραμματεία Υδάτων του ΥΠ.Ε.Κ.Α. καθώς και η μοντελοποίηση με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους, είναι υπερεκτιμημένες συγκριτικά με τις εικόνες του δορυφόρου Sentinel-1A και τις μελέτες πεδίου. Οι πολλοί παράγοντες που συμβάλλουν στην τελική εμφάνιση του φαινομένου και οι διάφορες περιπτώσεις ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες, αποτελούν ισχυρά κίνητρα για την αξία και χρήση των δορυφορικών εικόνων ραντάρ στην εκτίμηση των πλημμυρισμένων εκτάσεων.

3.6 Καταγραφή πλημμυρισμένης περιοχής με χρήση radar απεικονίσεων Sentinel-1

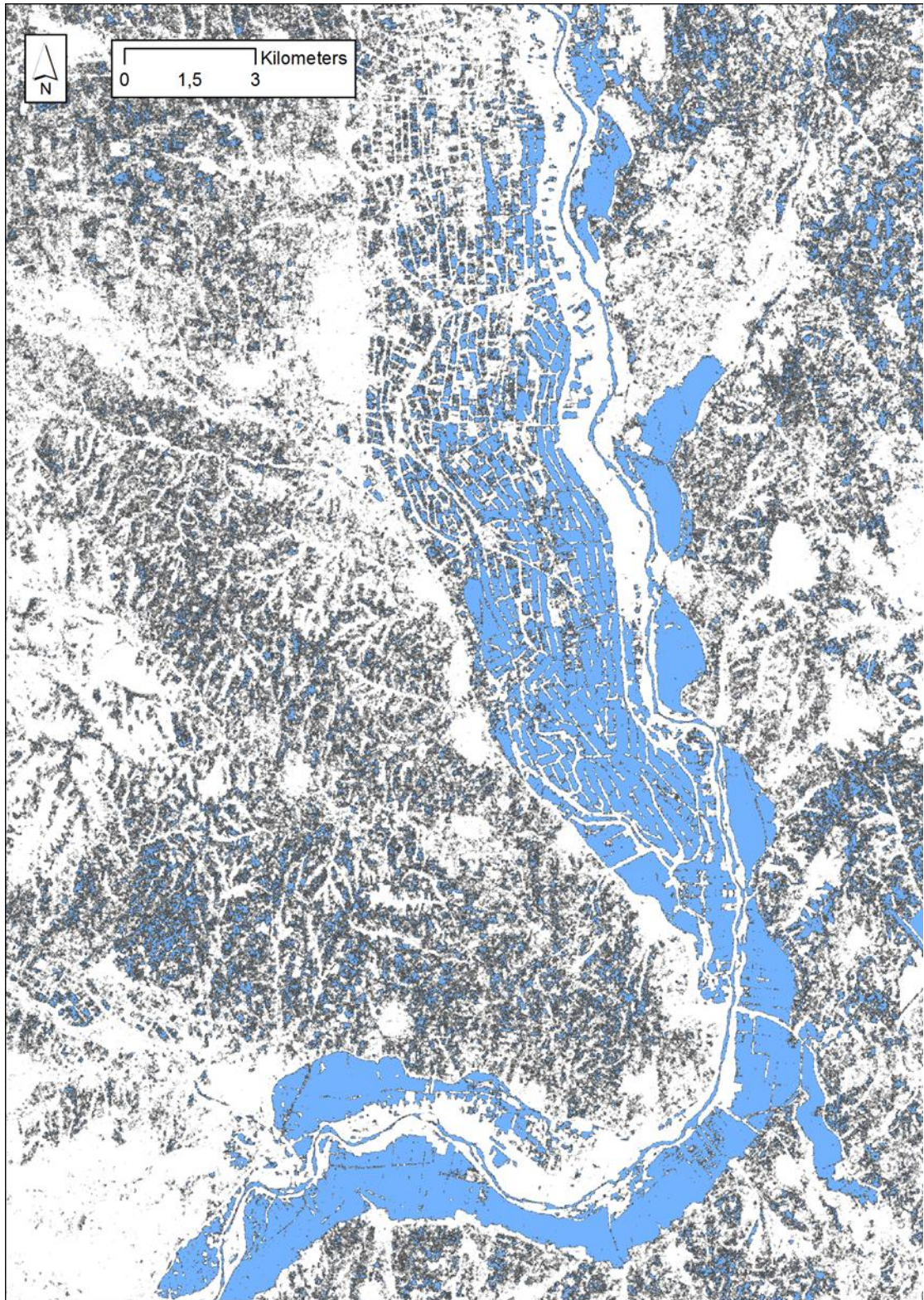
Για την οριοθέτηση της πλημμυρισμένης έκτασης χρησιμοποιήθηκαν εικόνες Sentinel-1 A σε λειτουργία Συμβολομετρίας Μεγάλης Λωρίδας (Interferometric Wide Swath Mode – IW). Η IW αποτελεί την κύρια επιχειρησιακή λειτουργία Sentinel-1 για την οριοθέτηση των πλημμυρισμένων εκτάσεων. Συνδυάζει ένα μεγάλο πλάτος σάρωσης (250 χιλιόμετρα) με μέτρια διακριτική ικανότητα (5 μ έως 20 μ).

Χρησιμοποιήσαμε αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας για την οριοθέτηση της πλημμυρισμένης περιοχής. Αρχικά έγινε κατάτμηση της δορυφορικής εικόνας με κλίμακα παραμέτρου 5 και με παραμέτρους $shape=0,01$ και $compactness=0,5$. Επιλέξαμε δύο τάξεις νερό και άλλο και τα όρια της φασματικής υπογραφής για το νερό είναι από 0 - 0,008. Η πλημμυρισμένη έκταση μετρήθηκε σε 187.000 στρέμματα, πολύ κοντά στις

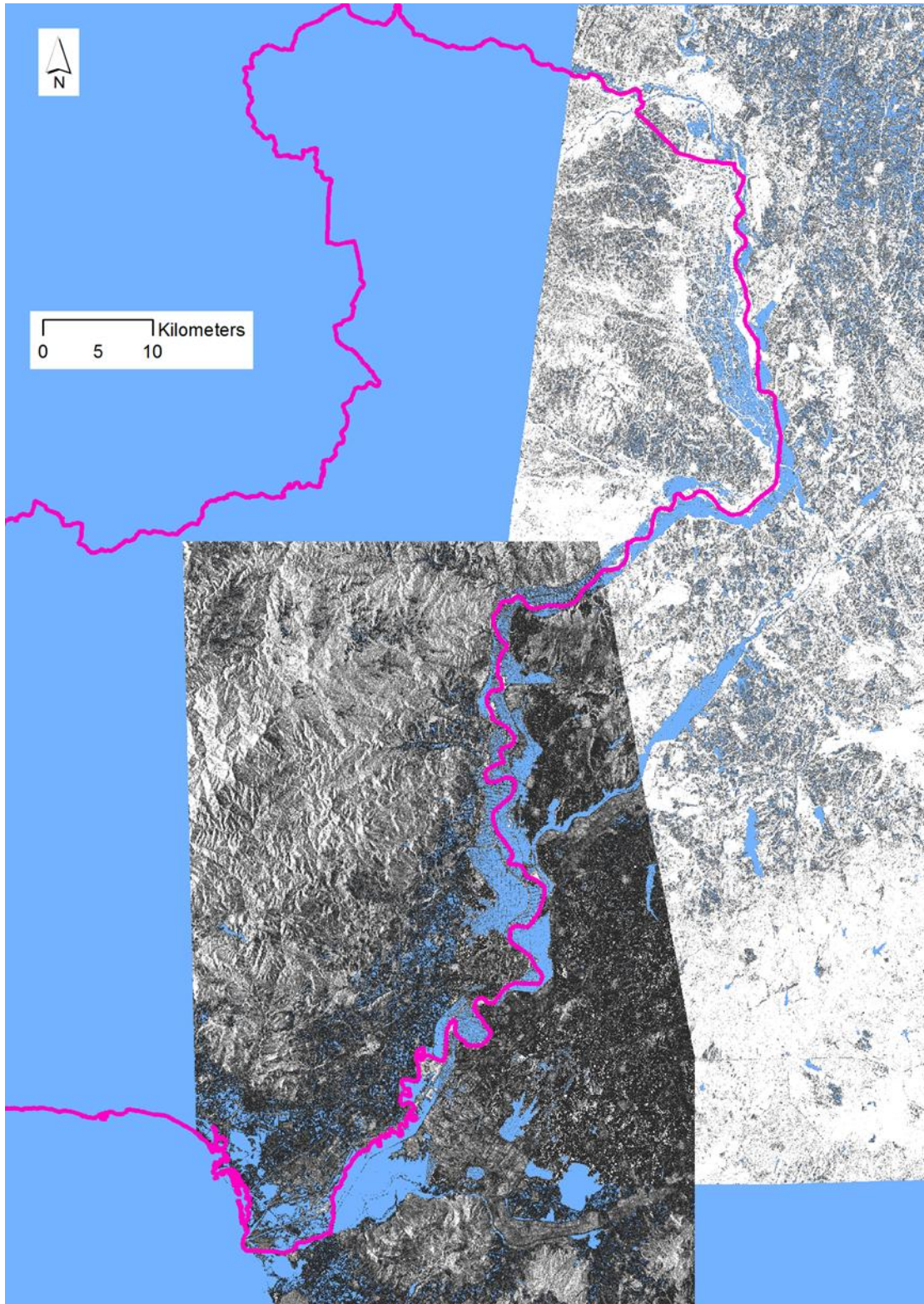
αρχικές εκτιμήσεις που ήταν 200.000 πλημμυρισμένα στρέμματα. Από τις καταγραφές που έγιναν τα πλημμυρισμένα στρέμματα ήταν λίγο λιγότερα.



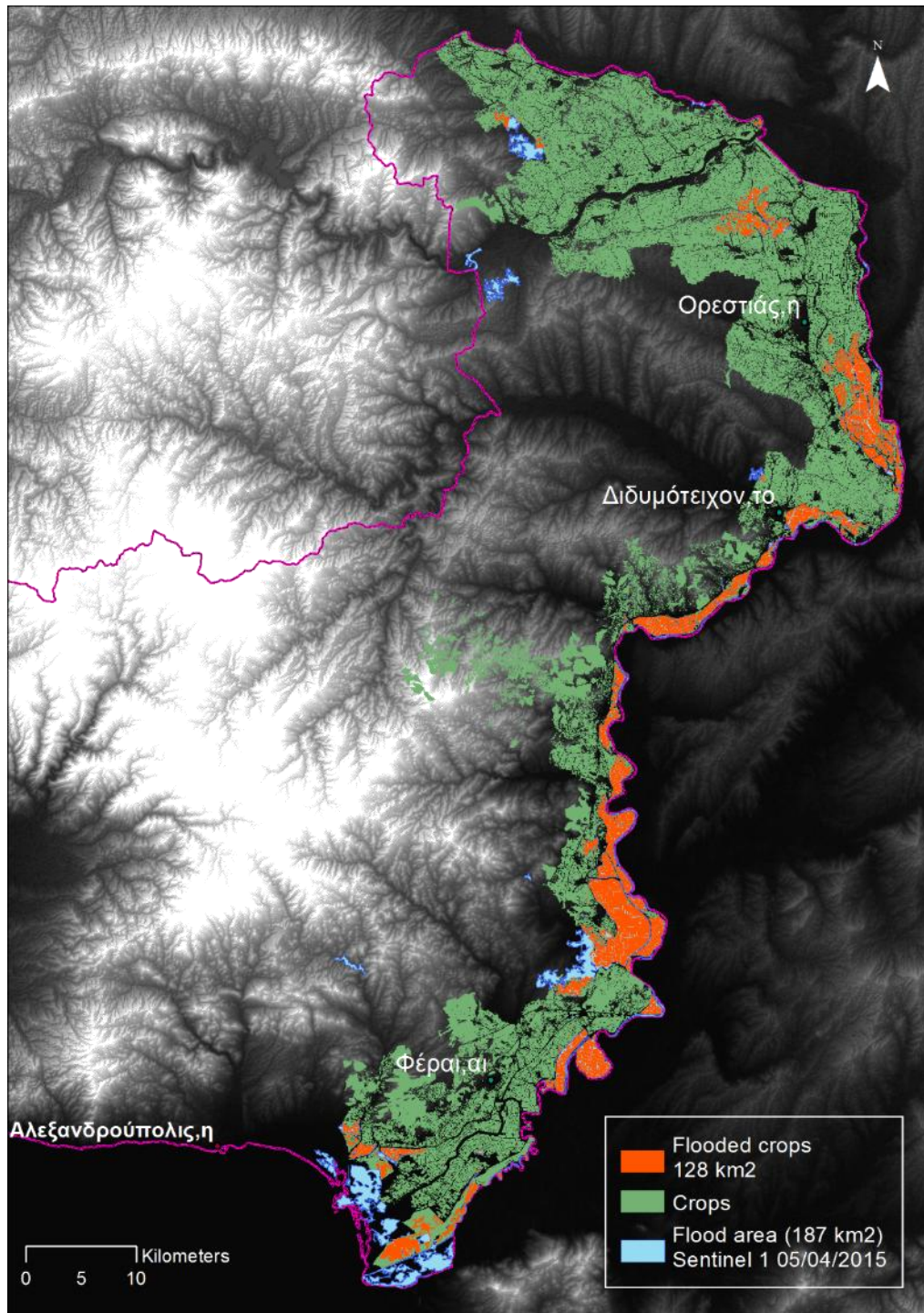
Εικόνα 42. Η πλημμυρισμένη περιοχή όπως καταγράφηκε από τον δορυφόρο Sentinel 1-A με 2 δορυφορικές εικόνες στις 5,6/4 /2015



Εικόνα 43. Λεπτομέρεια της πλημμυρισμένης περιοχής όπως καταγράφηκε από τον δορυφόρο Sentinel 1-A στην οποία διακρίνονται τα πλημμυρισμένα αγροτεμάχια



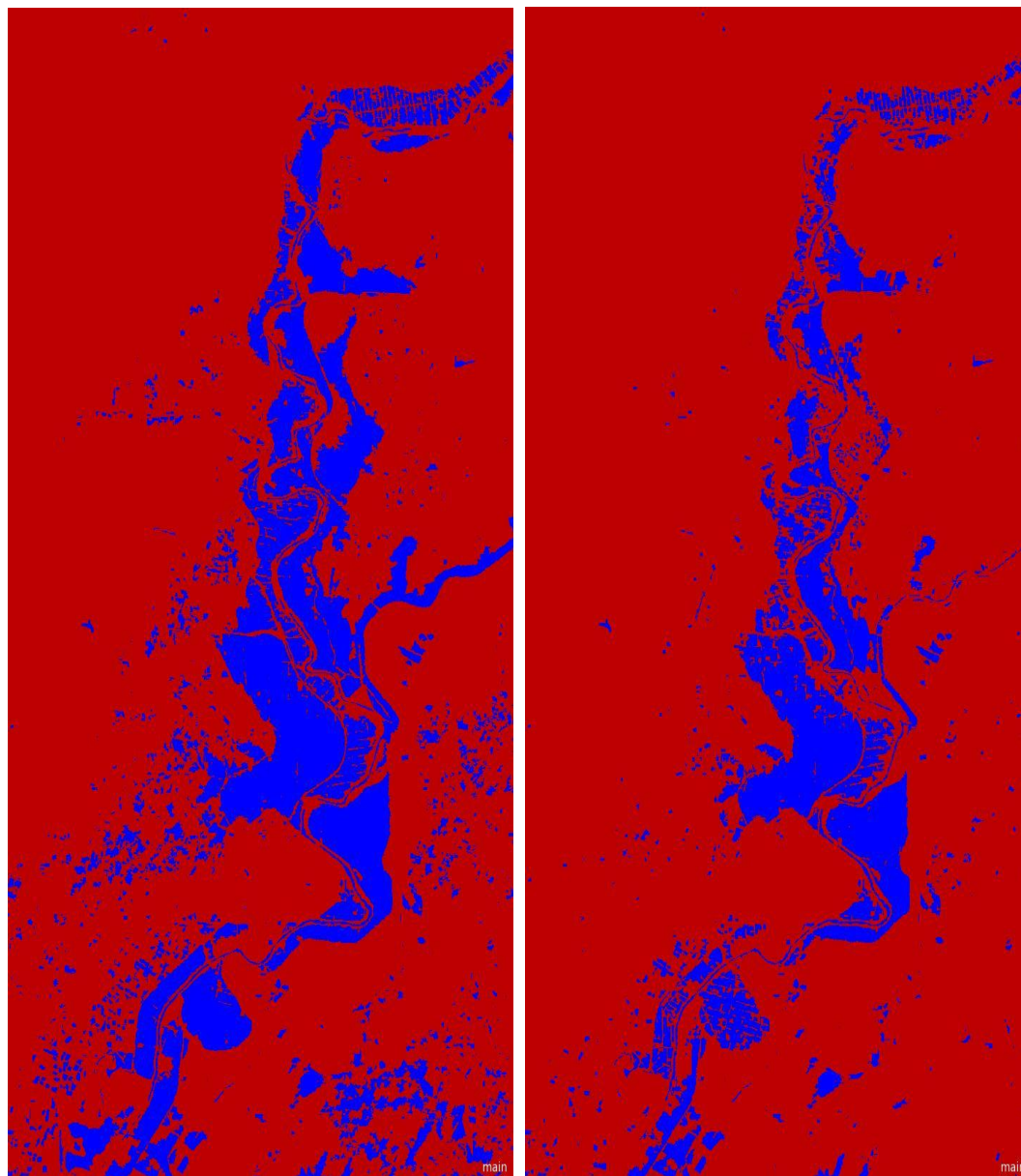
Εικόνα 44. Η πλημμυρισμένη περιοχή όπως καταγράφηκε στα όρια του Ελληνικού χώρου.



Εικόνα 45. Οι πλημμυρισμένες εκτάσεις με γεωργικές καλλιέργειες όπως καταγράφηκαν από τον Sentinel 1-A.

Με υπέρθεση σε περιβάλλον G.I.S της πλημμυρισμένης έκτασης, όπως αυτή αναγνωρίστηκε με την αντικειμενοστρεφή ταξινόμηση των εικόνων Sentinel 1-A, πάνω στα όρια των καλλιεργειών από τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε, οι πλημμυρισμένες εκτάσεις με γεωργικές καλλιέργειες εκτιμήθηκαν σε 128.000 στρέμματα. Υπάρχει μια υπερεκτίμηση σχετικά με τις πλημμυρισμένες γεωργικές καλλιέργειες, οι οποίες σύμφωνα με στοιχεία από τον ΕΛ.Γ.Α

ήταν λίγο πάνω από 100.000 στρέμματα. Η απόκλιση εν μέρει οφείλεται στο ότι υπάρχει χρονική απόσταση από τα αρχεία του Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε (2010) και πολλές καλλιέργειες σήμερα δεν είναι ενεργές. Επιπλέον για πιο ορθή εκτίμηση της πλημμύρας με χρήση εικόνων Sentinel 1-A, απαιτείται να γίνουν επιτόπιες παρατηρήσεις, παράλληλα με τη λήψη των εικόνων, για να επιλεγούν πιο σωστά τα όρια κατωφλίωσης των τιμών της εικόνας.



Εικόνα 46. Ταξινόμηση των καλλιεργειών α) Αριστερά με Sentinel και β) Δεξιά με Sentinel και NDVI.

Επιπρόσθετα, έγινε μια προσπάθεια βελτίωσης της εκτίμησης της έκτασης της πλημμύρας με συνδυαστική χρήση Sentinel 1-A και NDVI υπολογισμένο από το δορυφόρο Landsat 8 OLI. Έγινε συνδυασμός της δορυφορικής εικόνας Sentinel 1-A με τη δορυφορική εικόνα από τον Landsat 8 OLI με ημερομηνία λήψης 15/5/2015 (αρκετό διάστημα μετά την πλημμύρα). Ουσιαστικά, έγινε μια πρώτη κατάτμηση στην πρώτη εικόνα (Sentinel 1-A) με παράμετρο κλίμακας 5 και παράμετρο σχήματος 0,001. Στα αντικείμενα που δημιουργήθηκαν από αυτή την κατάτμηση, έγινε κατάτμηση χαμηλότερου επιπέδου, δηλ. δημιουργήθηκαν υπο-αντικείμενα με βάση τη δεύτερη εικόνα (Landsat 8) με παράμετρο κλίμακας 80 και παράμετρο σχήματος 0,8. Εφαρμόστηκαν δύο κανόνες ταξινόμησης.

Οπρώτος εφαρμόστηκε για την κατάτμηση του ανώτερου επιπέδου στην εικόνα Sentinel 1-A και αξιοποίησε τις φασματικές υπογραφές (τραχύτητα 0 – 0,008), ενώ ο δεύτερος εφαρμόστηκε στην κατάτμηση κατώτερου επιπέδου, για την εικόνα Landsat 8, με χρήση του NDVI ($NDVI < 0,14$). Υστέρα από τη συνδυασμένη αξιοποίηση αυτών των εικόνων, επιπέδων και κανόνων, προέκυψε ότι οι πλημμυρισμένες εκτάσεις γεωργικών καλλιεργειών είναι μικρότερες των 128.000 στρ. οι οποίες είχαν εκτιμηθεί αρχικά από την οριοθέτηση από εικόνα Sentinel 1-A με βάση και τα διανυσματικά αρχεία (καλλιεργειών) από τον ΟΠΕΚΕΠΕ (2010).

4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

4.1 Ταξινομήσεις καλλιεργειών

Εκτίμηση πλημμυρισμένης έκτασης καλλιεργειών

Στην εκτίμηση της πλημμυρισμένης έκτασης, τα αποτελέσματα με τις εικόνες του δορυφόρου Sentinel-1A είχαν μεγαλύτερη επιτυχία σε σχέση με την εκτίμηση της πλημμύρας με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους αλλά, ακόμη και από τους επιτόπιους ελέγχους. Η πλημμυρισμένη έκταση μετρήθηκε με τις δορυφορικές εικόνες Sentinel-1A σε 187.000 στρέμματα, όταν οι αρχικές εκτιμήσεις έκαναν λόγο για πάνω από 200.000 στρέμματα που πλημμύρησαν. Οι τελικές εκτιμήσεις από τον ΕΛ.Γ.Α σε γεωργικές καλλιέργειες και η καταγραφή των αστικών ζημιών έδειξαν ότι η αρχική εκτίμηση ήταν υπερεκτιμημένη και άρα η καταγραφή της πλημμυρισμένης έκτασης από τον Sentinel-1A, ήταν σχετικά ακριβής. Με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους η πλημμυρισμένη έκταση εκτιμήθηκε σε 350.000 στρέμματα. Αυτή η εκτίμηση είναι σημαντικά υπερεκτιμημένη και αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι στην εκτίμηση δεν συμπεριλαμβάνονται υπόψη τα αναχώματα που η αντοχή τους ή μη παίζει τον βασικό ρόλο στην έκταση που θα πάρει η πλημμύρα, η αποστραγγιστική ικανότητα του εδάφους κ.α.

Οι πλημμυρισμένες εκτάσεις για τις γεωργικές καλλιέργειες με τον Sentinel-1A εκτιμήθηκαν σε 128.000 στρέμματα. Υπάρχει μια υπερεκτίμηση σχετικά με τις πλημμυρισμένες γεωργικές καλλιέργειες, οι οποίες σύμφωνα με στοιχεία από τον ΕΛ.Γ.Α ήταν περίπου 100.000 στρέμματα. Η απόκλιση αυτή οφείλεται και εδώ στο ότι τα αρχεία του Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε (2010) δεν ενημερώνονται ανά έτος αλλά ανά τριετία θεωρητικά και ανά πενταετία στην πραγματικότητα και πολλές καλλιέργειες του 2010 σήμερα δεν είναι ενεργές. Αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα στην εκτίμηση ζημιών από τον ΕΛ.Γ.Α επειδή με επιτόπιους ελέγχους θα αποζημιώσει μόνο τις γεωργικές καλλιέργειες που υπάρχουν, εντός της ολικής πλημμυρισμένης έκτασης των 187.000 στρεμμάτων το 2015, μη λαμβάνοντας υπόψη τα αρχεία του Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε για τις καλλιέργειες του 2010.

Μια επιπλέον προσπάθεια, στην οποία έγινε συνδυασμός των δορυφορικών εικόνων του Sentinel 1-A με δείκτη βλάστησης (NDVI) από τη δορυφορική εικόνα Landsat 8 OLI με ημερομηνία λήψης 15/5/2015 (αρκετό διάστημα μετά την πλημμύρα), μας οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι πλημμυρισμένες γεωργικές εκτάσεις ήταν λιγότερες, από αυτές που αρχικά είχαν εκτιμηθεί και με αυτόν τον τρόπο ξεπεράσθηκε το εμπόδιο των ελλειπών στοιχείων του Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε.

Συνεπώς η βέλτιστη εκτίμηση όσον αφορά τις πλημμυρισμένες γεωργικές εκτάσεις ιδανικά, μπορεί να γίνει με χρήση εικόνας ραντάρ (π.χ. Sentinel 1-A) σε συνδυασμό με δείκτη βλάστησης λίγους μήνες μετά το πλημμυρικό φαινόμενο.

4.2 Εκτίμηση πλημμυρισμένης έκτασης καλλιεργειών

Ταξινομήσεις καλλιεργειών

Από τα αποτελέσματα και την αξιολόγηση των ταξινομήσεων του 2010 και 2011 προκύπτει ότι η ταξινόμηση των καλλιεργειών αποτελεί ένα πολύπλοκο πρόβλημα για τον Ελλαδικό χώρο. Ακόμη πιο δύσκολη είναι η ταξινόμηση των καλλιεργειών στην παραποτάμια περιοχή

του Έβρου. Το ποσοστό επιτυχίας για το 2010 ήταν πολύ χαμηλό (30%) και ιδιαίτερα χαμηλός ήταν ο δείκτης Karra (0.08). Οι λόγοι έχουν αναφερθεί επιγραμματικά στο σχετικό κεφάλαιο και έχουν να κάνουν με:

α) Τον χρόνο συλλογής των δεδομένων του Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε. Ο Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε χρειάζεται μια τριετία για να ενημερώσει το αρχείο του για όλη την Ελλάδα χαρτογραφώντας το 1/3 της χώρας κάθε έτος. Όμως το χρονοδιάγραμμα αυτό σπάνια τηρείται λόγω των προβλημάτων και των ιδιαιτεροτήτων της Ελληνικής πραγματικότητας, με αποτέλεσμα να χρειάζεται περίπου μια πενταετία για την πλήρη ενημέρωση του αρχείου. Το τελευταίο αρχείο με το αμέσως προηγούμενο του Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε, έχουν μεγάλες διαφορές ειδικά σε περιοχές όπως του Έβρου που οι καλλιέργειες εκτός από τις δενδρώδεις και τα αμπελοειδή συχνά μεταβάλλονται.

β) Η μεγάλη πλημμύρα του Φεβρουαρίου του 2010 κατά την οποία πλημμύρησαν περίπου 100.000 στρέμματα και προκάλεσε μεγάλες ζημιές στις καλλιέργειες, έμμεσες και άμεσες. Τα χειμερινά σιτηρά και τα κηπευτικά καταστράφηκαν σχεδόν ολοσχερώς από την πλημμύρα (άμεση ζημιά), ενώ οι ανοιξιότικες καλλιέργειες (καλαμπόκι, βαμβάκι κ.α) δεν σπαρθήκαν τέλος Απριλίου, αρχές Μαΐου, όπως προβλέπονταν από το γεωργικό ημερολόγιο, αλλά μετά δύο μήνες τέλη Ιουνίου - αρχές Ιουλίου, η δεν σπάρθηκαν καθόλου σε περιοχές που δεν είχαν στεγνώσει επαρκώς τα χωράφια (έμμεση ζημιά), με αποτέλεσμα να είναι πολύ δύσκολη και προβληματική η ταξινόμηση τους. Σε αυτό συμβάλλει και η έλλειψη δορυφορικών εικόνων από την χειμερινή περίοδο λίγο πριν την πλημμύρα Φεβρουαρίου, λόγω συννεφιάς.

γ) Το μικρό μέγεθος αγροτεμαχίων (συγκριτικά με τη γεωμετρική ανάλυση των εικόνων Landsat), οι διάσπαρτες καλλιέργειες σε όλη την έκταση της παραποτάμιας περιοχής, οι συχνές εναλλαγές για πολλές καλλιέργειες (π.χ. κηπευτικά), οι πατάτες μετά από τα σιτηρά στο ίδιο χωράφι, καθώς και το γεγονός ότι οι εξήντα καλλιέργειες που υπάρχουν στην περιοχή, δεν είναι εντοπισμένες σε συγκεκριμένες περιοχές, αλλά είναι διάσπαρτες σε όλη την έκταση, κάνουν ακόμη πιο δύσκολη την ταξινόμηση των καλλιεργειών της περιοχής.

Την ίδια διαδικασία ακολουθήσαμε και το 2011 με σαφώς καλύτερα αποτελέσματα (50% ακρίβεια) και Karra Index (0.38), αλλά και πάλι τα αποτελέσματα δεν ήταν αποδεκτά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το 2011 δεν είχαμε μεγάλες πλημμύρες (πλημμύρησαν μόνο 1.473 στρέμματα), το γεωργικό ημερολόγιο τηρήθηκε, αλλά οι δύο άλλοι λόγοι που αναφέραμε πιο πάνω εξακολουθούσαν να ισχύουν.

Σαφώς πολύ καλύτερα αποτελέσματα θα είχαμε αν η ταξινόμηση συνοδεύονταν από επιτόπιους ελέγχους καθώς υπάρχει η εμπειρία, η γνώση και οι μεταβολές που γίνονται στις καλλιέργειες της περιοχής από τους γεωπόνους του υπ. ΕΛ.Γ.Α Αλεξανδρούπολης, πράγμα που θα διευκόλυνε την διαδικασία της ταξινόμησης. Επίσης οι δορυφορικές εικόνες από την χειμερινή περίοδο θα βοηθούσαν στο να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα, καθώς θα είχαμε πληροφορίες για τον φαινολογικό κύκλο ανάπτυξης, όλων των καλλιεργειών. Τέλος δορυφορικές πολυφασματικές εικόνες υψηλότερης χωρικής διακριτικής ικανότητας (Landsat 8 OLI ή Sentinel-2) θα είχαν σαν αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλότερης ακρίβειας στις ταξινομήσεις.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την εκτίμηση ζημιάς από πλημμύρα η τηλεπισκόπηση αποτελεί δυναμικό εργαλείο όπως μας δείχνει η διεθνής και η Ελληνική εμπειρία και η συμβολή της στην εκτίμηση ζημιών από πλημμύρα κρίνεται απαραίτητη. Με τις δορυφορικές εικόνες μπορεί να γίνει ακριβής οριοθέτηση της πλημμυρισμένης έκτασης και με προγενέστερες δορυφορικές εικόνες μπορούμε να χαρτογραφήσουμε την πλημμυρισμένη έκταση με τις καλλιέργειες που υπάρχουν σε αυτή και τα στάδια ανάπτυξης τους. Έτσι μπορεί να έχουμε μια γενικά αποδεκτή εικόνα των καλλιεργειών της περιοχής που βοηθάει σε μεγάλο βαθμό την

εκτιμητική διαδικασία. Ακόμη με την Τηλεπισκόπηση μπορεί να μειωθεί το κόστος και ο χρόνος εκτίμησης, που ειδικά για την πλημμύρα έχει βαρύνουσα σημασία και να δοθεί κατ' αυτό τον τρόπο μεγαλύτερη αξιοπιστία στην εκτίμηση ζημιών με πορίσματα που δεν μπορούν να αμφισβητηθούν, τουλάχιστον όσον αφορά την έκταση της πλημμύρας και το αν τα χωράφια ήταν καλλιεργημένα η χέρσα.

Μια σειρά από δυσκολίες που υπάρχουν, όσον αφορά την ακριβή ταξινόμηση των καλλιεργειών ειδικά στον Ελλαδικό χώρο είναι, ο μικρός κλήρος, ο πολυτεμαχισμός, οι πολυκαλλιέργειες, η συχνή συγκαλλιέργεια, οι παρόμοιες φασματικές υπογραφές διαφορετικών καλλιεργειών, αλλά και οι κλιματικές συνθήκες εξαιτίας των οποίων δε μπορούμε να έχουμε δορυφορικές εικόνες στις καταλληλότερες εποχές κυρίως για τις καλλιέργειες που καλλιεργούνται τον χειμώνα (χειμερινά σιτηρά, κηπευτικά, δενδρώδεις καλλιέργειες). Οι ιδιαιτερότητες της περιοχής του Έβρου, όπου τα στοιχεία του Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε πολλές φορές δεν είναι ακριβή και το γεωργικό ημερολόγιο σχετικά με τον κύκλο ανάπτυξης των καλλιεργειών δεν τηρείται, εξαιτίας των συνεχόμενων πλημμυρών και της αδυναμίας των παραγωγών να καλλιεργήσουν τα χωράφια τους, δυσχεραίνουν ακόμα περισσότερο τη διαδικασία των ταξινομήσεων. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να αντιμετωπισθούν σε μεγάλο βαθμό με τους καινούργιους δορυφόρους Sentinel- 1A ,Sentinel- 1B, που έχουν την δυνατότητα να δουλεύουν και με νεφοκάλυψη, καθώς και των Sentinel-2 και και Landsat-8, οι οποίοι έχουν καλύτερη χωρική διακριτική ικανότητα από τον Landsat 5, εικόνες του οποίου χρησιμοποιήθηκαν στη διπλωματική αυτή.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. A. Apan¹, O. Chandler², F. Young¹, and T. Maraseni¹ 2004 «Opportunities and limitations of remote sensing for crop loss (Hail damage). Assessment in the insurance industry». Freemans Australia, Claims and Insurance Services, Toowoomba 4350 QLD Australia.
2. Baatz M and Schäpe A (2000) Multiresolution Segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII*, Strobl J, Blaschke T, Griesebner G (eds), Wichmann, Heidelberg, Germany, pp 12-23.
3. Baatz M., Benz U., Dehghani S., Heynen M., Höltje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck G. (2001), “Definiens Imaging eCognition User Guide”, München, Germany.
4. Bailey, G. T. (1994). A Review of Statistical Spatial Analysis in Geographical Information Systems. In *Spatial Analysis and GIS*, Forthringham, S. and Rogerson, P. (eds.) p.15. Hong Kong: Taylor and Francis.
 - a. Barret, E. C. and Curtis, L. F. (OBE) (1982). *Introduction to Environmental Science* (4th edition). UK: Stanley Thorm
5. Blaschke, 2010, Object based image analysis for remote sensing *ISPRS journal photogrammetry and remote sensing* 65(1) 2-16).
6. Frohn, R. C., 1998, *Remote Sensing for Landscape Ecology*, Boca Raton: Lewis, 99 p.
7. Gercek D. (2010) , “Object Based classification of landforms based on their local geometry and geomorphometric context”, A thesis Submitted, Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
8. Hay, G.J., and G.C. Castilla, 2006. Object-Based Image Analysis: Strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT), *Proceedings from Bridging Remote Sensing and GIS: International Symposium on Object-based Image Analysis*, 04–05 July, Salzburg, Center for Geoin-formatics
9. Hess, L. L., Melack, J. M. and Simonett, D. S. (1990). Radar Detection of Flooding Beneath the Forest Canopy: A Review. *Int. J. Remote Sensing* 11(7), 1313-25.
10. Huete, A. R. and C. Justice, 1999, MODIS Vegetation Index (MOD 13) Algorithm Theoretical Basis Document, Greenbelt: NASA Goddard Space Flight Center, <http://modarch.gsfc.nasa.gov/MODIS/LAND/#vegetation-indices>, 129 p.
11. Huete, A. R., 1988, “A Soil-adjusted Vegetation Index (SAVI),” *Remote Sensing of Environment*, 25:295-309.
12. Indices,” *Remote Sensing of Environment*, 14:169-182.
13. Jensen John 2000. «Remote Sensing of the Environment». Prentice Hal (2000).
14. Jones, K. B., Ritters, K. H., Wickham, J. D., Tankersley, R. D., O'Neill, R. V., Chaloud, D. J., Smith, E. R. and A. C. Neale, 1998, *Ecological Assessment of the United States: Mid-Atlantic Region*, Washington: EPA, 103 p.
15. Jurgens, C., 1997, The Modified Normalized Difference Vegetation Index (mNDVI)—a new index in determining frost damages in agriculture based on Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 3583–3594.
16. Jurgens, C., and Fander, M., 1993, Soil erosion assessment and simulation by means of SGEOS and ancillary digital data. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 2847–2855.
17. MARACCI Giancarlo; AIFADOPOULOU D. Multitemporal Remote Sensing Study of Spectral Signatures of Crop in the Thessaloniki Test Site.
18. Perry, C. R. and L. F. Lautenschlager, 1984, “Functional Equivalence of Spectral Vegetation.

19. Qi, J., Cabot, F., Moran, M. S. and G. Dedieu, 1995, "Biophysical Parameter Estimations Using Multidirectional Spectral Measurements," *Remote Sensing of Environment*, 54:71-83.
20. Quarmby, N. A., Townshend, J. R. C., White, K., Milnes, M., Hindle, T., and Silleos, N., 1990, *Agricultural monitoring and prediction: Greece now, Europe tomorrow. Proceedings of 16th Annual Conference of the Remote Sensing Society: Remote Sensing and Global Changes*, Swansea, England, 19–21 September 1990 (Nottingham: Remote Sensing Society)
21. Quarmby, N. A., Milnes, M., Hindle, T. L., and Silleos, N., 1993, The use of multi-temporal NDVI measurements from AVHRR data for crop yield estimation and prediction. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 199–210.
22. Running, S. W., Justice, C. O., Solomonson, V., Hall, D., Barker, J., Kaufmann, Y. J., J. A. H. J. A. H., Huete, A. R., Muller, J. P., Vanderbilt, V., Wan, Z. M., Teillet, P. and D. Carneggie, 1994, "Terrestrial Remote Sensing Science and Algorithms Planned for EOS/MODIS," *Intl. Journal of Remote Sensing*, 15(17):3587-3620.
23. Schlerf, M. and Atzberger C., 2001, "Imaging Spectrometry and Vegetation Science," in *Imaging Spectrometry: Basic Principles and Perspective Applications*, F. van der Meer and S. de Jong, Eds., Dordrecht: Kluwer, 111-155.
24. Wooldridge, S. W. and East, W. G. (1952). *The Spirit and Purpose of Geography*. London: Hutchinson's University Press.

6.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Agropole Ε.Π.Ε Μάιος 2004. «Συνολική διαχείριση του Μήλου και παραγωγή νέων προϊόντων» Αναπτυξιακή Δυτ. Μακεδονίας.
2. N. SILLEOS K. PERAKIS G. PETSANIS 2000 «Assessment of crop damage using space remote sensing and GIS».
3. Αλεξανδρίδης Θ , Ζαλίδης «Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στην Γεωργία.» Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ Γεωπονική Σχολή ΑΠΘ.
4. Αλεξιάδου Αλεξάνδρα 2010 «Η καλλιέργεια του φασολιού στον νομό Καστοριάς» ΣΤΕΓ Θεσσαλονίκη
5. Ανθούλα Γκιούρου, 2007. Μηχανικός ορυκτών πόρων . «Εφαρμογή τηλεπισκόπησης στην κατανάλωσης του αρδευτικού νερού στον κάμπο Χανίων».
6. Αργιαλάς 1. (1998), "Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση", Ε.Μ.Π., Αθήνα.
7. Αργιαλάς Δ. 1999. «Φωτοερμηνεία- Τηλεπισκόπηση», Ε.Μ.Π, Αθήνα.
8. Βατούγιου Στέλλα 2014. «Συγκριτική διερεύνηση φασματικών χαρακτηριστικών του Landsat 5 TM ΚΑΙ Landsat 8 OLI/TIRS με επιβλεπόμενη και αντικειμενοστρεφή ταξινόμηση» Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο .Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Αθήνα.
9. Γεωργιάδης Ν 2003. Πολιτικές διαχείρισης αγροτικών κινδύνων, Παρελθόν-Παρόν-Μέλλον. Εκδόσεις Α.Α Λιβάνη, ISBN 960-14068-9.
10. ΕΛ.Γ.Α 2004. «Annex 12. Fact Sheet Greece» Αθήνα.
11. ΕΛ.Γ.Α 1997 «Ζημιές από παγετό και χαλάζι στα χειμερινά σιτηρά» Αθήνα
12. ΕΛ.Γ.Α 2003 «Εγχειρίδιο εκτιμητικής για αμπελοειδή» Αθήνα
13. ΕΛ.Γ.Α 2003 «Εγχειρίδιο εκτιμητικής για μηλοειδή» Αθήνα.
14. ΕΛ.Γ.Α 2003 «Εγχειρίδιο εκτιμητικής για πατάτα» Αθήνα
15. Καραγιάννη Ζωή 2013 « Η Αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων με τη χρήση της τηλεπισκόπησης : Η περίπτωση του Νομού Έβρου ». Μεταπτυχιακή εργασία . Γεωπονικό Πανεπιστήμιο. Αθήνα.
16. Καράλη Ο. Θ, Γεωγράφος Χαροκοπέιου Πανεπιστημίου Βλαχάκη, Π. Η Φοιτήτρια Πολιτικός Μηχανικός Δ.Π.Θ, Δημοσθένους, Χ. Ε Τουρατζίδου, Ξ. Ν. Φοιτήτρια

- Πολιτικός Μηχανικός, Καράλης Θ. Κ. Πολιτικός Μηχανικός, Καθηγητής, Δ.Π.Θ. ,Οι Πλημμύρες του Έβρου».
17. Καρτέρης Μ.Α., 2004. Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογία και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Διαχείρισης και Τηλεπισκόπησης.
 18. Καρύδας ΧΡ 2006 « Εντοπισμένη διαχείριση σε Μεσογειακό γεωργικό σύστημα με ανάλυση φασματικών και τοπογραφικών δεδομένων» Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Τμήμα Γεωπονίας. Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής.
 19. Κοντός Σπ.2011 «Λόγοι καναλιών πολυφασματικών εικόνων τηλεπισκόπησης και θεματικές εφαρμογές τους στον Ελλαδικό χώρο. Ανάπτυξη σε περιβάλλον Wiki» Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
 20. Κουτσόπουλος Κ,1990: Γεωγραφία: Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
 21. Λιάκος Β. Γ Νάνος Σπ. Φουντάς, Θ. Γέμος Α. 2014 «Γεωργία ακριβείας σε καλλιέργεια μήλων. Μύθος η πραγματικότητα η εφαρμογή της στην Ελλάδα
 22. Μάριος Αρτέμης. «Η Εφαρμογή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στη Γεωργική Εκτιμητική και τα πλεονεκτήματα τους Λειτουργός Γεωργικής Ασφάλισης Α΄».
 23. Μισθός Μωυσής-Λουκάς 2009. «Η συμβολή της τηλεπισκόπησης και των ΓΣΠ στην ολοκληρωμένη διαχείριση φυσικών καταστροφών. Μελέτη περίπτωσης : Η τεχνική της ανίχνευσης μεταβολών στον εντοπισμό κατακλυσμένων εκτάσεων από ποτάμια πλημμύρα». Μεταπτυχιακή εργασία Ε.Μ.Π, Αθήνα.
 24. Πατεράκης Περικλής 2010. «Ανίχνευση και εξαγωγή του οδικού δικτύου με αντικειμενοστραφή ανάλυση πολυφασματικών απεικονίσεων quickbird». Μεταπτυχιακή εργασία Ε.Μ.Π, Αθήνα.
 25. Ρόκος Δ Κλ 2000. «Φωτοερμηνεία και Τηλεπισκόπηση» Ε.Μ.Π, Αθήνα
 26. Ρούσκας Δ. 2013. «Η Καρυδιά (Juglans regia L.) και η καλλιέργεια της»
 27. Συλλαίος Ν. Ιανουάριος 1999 « Ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση ζημιών γεωργικών καλλιεργειών με τη χρήση δορυφορικών εικόνων και G .I.S τελική έκθεση ΕΛ.Γ.Α Αθήνα».
 28. Συλλαίος Ν, Γεώργιος Πετσάνης 2001 «Εκτίμηση των ζημιών των σιτηρών από ξηρασία στο Νομό Λάρισας με τη χρήση τηλεπισκόπησης και GIS» Γεωπονική Σχολή ΑΠΘ.
 29. Φανουρίου Ελπίδα 2012 «Διερεύνηση διαχρονικής χρήσης γης σε συγκεκριμένη έκταση της κοινότητας Μάνεση του Δήμου Ναυπλίου». Μεταπτυχιακή εργασία Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
 30. Φραγγούλη Παρασκευή 2007 «Ο κίνδυνος στην γεωργική παραγωγή από ακραία καιρικά φαινόμενα. Στατιστική των αποζημιώσεων του ΕΛ.Γ.Α στις αγροτικές καλλιέργειες». Μεταπτυχιακή εργασία Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
 31. Χήρας Σωτήρης 2007, Ημερίδα για τον ΕΛ.Γ.Α. Το παρόν και το Μέλλον του Γεωργοασφαλιστικού συστήματος, Αθήνα.

6.3 ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

www.Geodata.Com

www.geomatica.com

http://www.geovar.com/landsat_slc.htm

<http://mycourses.ntua.gr/courses/SURVEY1011/document/TM.pdf>

<https://sentinel.esa.int>. Sentinel-1 User Handbook

<http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c01-p04.gr.html>

URL:(<http://www.commission4.isprs.org/obia06/> (last date accessed: 02 December 2009).
http://www.geography.wisc.edu/sco/aerial_sat/remote.html
www.elga.gr.
www.opekepe.gr
<http://www.peevrou.eu>
ph338.edu.physics.uoc.gr/Unit3.pdf
<http://floods.ypeka.gr/index.php/13-ydatika-diamerismata/lekanes-aporrois/13-lekani-aporrois-evroy>
<https://earth.esa.int/.../EOLISA-UserGuide>
www.glovis.usgs.gov
<http://www.enet.gr>
www.agrotypos.gr/index.asp?mod=articles&id=70800
www.minagric.gr
geoponiko-parko.gr/menu-agriculture-patates

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: κατανομή αποζημιώσεων από τον ΕΛ.Γ.Α στις ορεινές περιοχές.

Κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα των Ορεινών περιοχών είναι τα μεγάλα υψόμετρα και οι απότομες κλίσεις, που αποτελούν και τα κύρια φυσικά μειονεκτήματα των περιοχών αυτών. Οι γεωργοί που κατοικούν στις ορεινές ή στις μειονεκτικές περιοχές και καθημερινά έχουν να αντιμετωπίσουν τις παραπάνω αντίξοες συνθήκες, οι οποίες επιδρούν αρνητικά στο εισόδημά τους, εμφανίζουν έντονα την τάση της εγκατάλειψης αυτών καθώς και της εγκατάλειψης της καλλιέργειας αυτών. Στην Ελλάδα ειδικά μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο και τον εμφύλιο που ακολούθησε, υπήρξε απότομη μείωση του πληθυσμού των ορεινών περιοχών με άμεση συνέπεια την μείωση της γεωργικής δραστηριότητας, η οποία βασιζόταν προπολεμικά στα εκτεταμένα βοσκοτόπια σε λοφώδεις περιοχές για κτηνοτροφία, στην καλλιέργεια σε αναβαθμίδες και στην εκμετάλλευση των δασών. Ο πληθυσμός των ορεινών περιοχών που στη συντριπτική του πλειοψηφία ασχολούνταν με την γεωργία και την κτηνοτροφία ακολούθησε σε ότι αφορά την απασχόληση, τη πτωτική πορεία της απασχόλησης στον πρωτογενή τομέα που παρατηρήθηκε σε επίπεδο χώρας και σήμερα είναι περίπου στο 20 % ή και λιγότερο του επιπέδου που ήταν το 1950. Η μείωση αυτή όμως στις ορεινές περιοχές αυτοτροφοδοτήθηκε καθώς οι μικρές ορεινές κοινωνίες δεν μπόρεσαν να καλύψουν τις ανάγκες και τις απαιτήσεις των νέων οι οποίοι αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν τον τόπο τους, με άμεσο αποτέλεσμα την συρρίκνωση του πληθυσμού των ορεινών όγκων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω της Κοινής αγροτικής πολιτικής (Κ.Α.Π), αν και γενικά ήταν προσανατολισμένη κυρίως στις παραγωγικές καλλιέργειες των πεδινών περιοχών, με την οδηγία 85/148/ΕΟΚ του Συμβουλίου, πήρε μέτρα όπως αυτό των εξισωτικών αποζημιώσεων για να αντισταθμιστεί το εισόδημα των παραγωγών λόγω των φυσικών μειονεκτημάτων των ορεινών περιοχών (μέτρα 211 και 212).

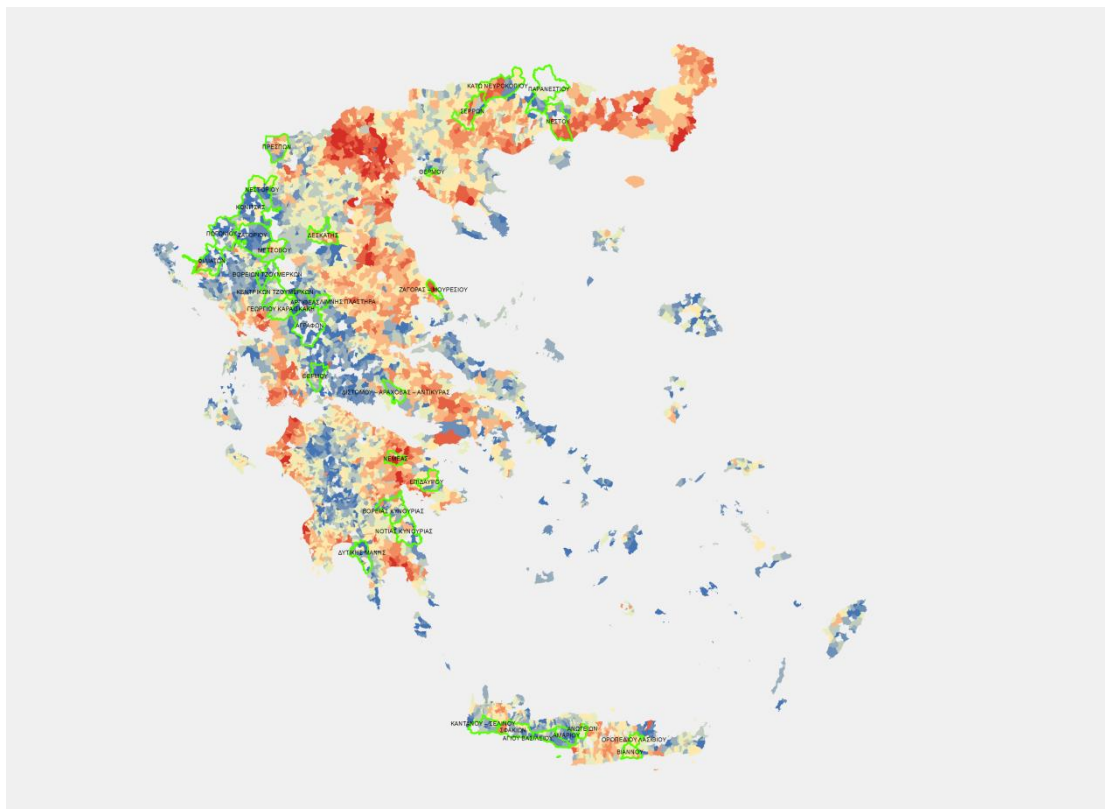
Σκοπός των μέτρων ήταν να αντισταθμιστεί η απώλεια εισοδήματος και το πρόσθετο κόστος, απόρροια των φυσικών μειονεκτημάτων και να ενθαρρυνθεί η συνέχιση της γεωργικής δραστηριότητας στις ορεινές, μειονεκτικές και με ειδικά προβλήματα περιοχές με στόχους:

- 1) Να προστατευθεί το περιβάλλον μέσω α) της διατήρησης του αγροτικού τοπίου και των χαρακτηριστικών του και β) της διατήρησης και παραγωγής αειφορικών συστημάτων.
- 2) Να διατηρηθεί, σε συνδυασμό και με άλλα μέτρα, ένα ελάχιστο όριο πληθυσμού στις ορεινές, μειονεκτικές και με ειδικά προβλήματα περιοχές, ώστε να αξιοποιηθούν οι φυσικοί πόροι των περιοχών αυτών.

Όμως παρά τα μέτρα και τις αυξημένες επιδοτήσεις που λαμβάνουν οι κατά κύριο επάγγελμα αγρότες (κτηνοτρόφοι-γεωργοί), που δηλώνουν μόνιμοι κάτοικοι ορεινής ή ημιορεινής περιοχής, τα διαρθρωτικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η γεωργία στις ορεινές περιοχές (μικρός κλήρος, υψηλός δείκτης γήρανσης, δυσκολία εκμηχάνισης, υψηλό κόστος καλλιέργειας κλπ.) δεν μπόρεσαν να αντιμετωπιστούν με αποτέλεσμα την περαιτέρω μείωση της αγροτικής παραγωγής των ορεινών περιοχών.

Η φθίνουσα πορεία της γεωργίας των ορεινών περιοχών αποτυπώνεται και στις αποζημιώσεις του ΕΛ.Γ.Α. Αν και εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι οι πεδινές περιοχές στις οποίες υπάρχουν δυναμικές καλλιέργειες, μεγάλες εκτάσεις, μεγάλες παραγωγές και σημαντική εξειδίκευση, δικαιωματικά παίρνουν μεγαλύτερες αποζημιώσεις από τον ΕΛ.Γ.Α σε σχέση με τις ορεινές περιοχές, που ενώ έχουμε ποικιλία καλλιεργειών δεν υπάρχουν μεγάλες εκτάσεις και ιδιαίτερη εξειδίκευση εκτός λίγων περιπτώσεων που αναφέρουμε πιο κάτω. Παρόλα αυτά η εγκατάλειψη εκτάσεων που καλλιεργούνταν στο παρελθόν, η δραματική μείωση του αριθμού των κτηνοτροφικών ζώων και η εγκατάλειψη των ορεινών βοσκοτόπων, με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, είναι ενδεικτική της ύφεσης της γεωργικής δραστηριότητας στις ορεινές περιοχές.

Όπως φαίνεται και από τον χάρτη με τις αποζημιώσεις του ΕΛ.Γ.Α και τον χάρτη των Κρατικών Οικονομικών Ενισχύσεων (Κ.Ο.Ε) που έγινε με τη χρήση G.I.S για την περίοδο (1999-2010) οι υψηλές αποζημιώσεις από τον ΕΛ.Γ.Α και οι Κ.Ο.Ε (κόκκινο χρώμα) δόθηκαν σε πολύ μεγάλο ποσοστό στις πεδινές περιοχές και πρωτίστως στις πεδινές περιοχές με δυναμικές καλλιέργειες και μεγάλους κλήρους, όπως είναι η Κεντρική Μακεδονία, η περιοχή του Έβρου που εξετάζουμε σ' αυτή την μελέτη, ο Θεσσαλικός κάμπος ο Ηλειακός κάμπος, η Αν. Μακεδονία, η Θράκη κ.α.



Εικόνα 47. Χάρτης με τις αποζημιώσεις του ΕΛ.Γ.Α (1999-2010). Με κόκκινο χρώμα οι περιοχές με τις υψηλές αποζημιώσεις. Τα όρια των ορεινών Καλλικρατικών Δήμων είναι με πράσινο χρώμα.

Οι καθαρά ορεινές περιοχές με μεγάλες αποζημιώσεις είναι οι ορεινές περιοχές της Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας (Βίτσι, Πρέσπες, Βέρμιο, Βόρας), Νευροκόπι, Βροντού στην Ανατ. Μακεδονία, Πήλιο, ορεινή Κορινθία και Χρυσοβίτσα στην Ήπειρο.

Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι δεν υπολογίσαμε σαν ορεινές περιοχές, τις πεδινές περιοχές που εντάχθηκαν σε ορεινούς δήμους με την διοικητική μεταρρύθμιση «Καλλικράτης» όπως, η περιοχή της Χρυσούπολης στον Ορεινό δήμο Νέστου, που είναι ένας από τους πιο εύφορους κάμπους της Ελλάδας, η περιοχή του κάμπου των Σερρών, η περιοχή της Σαγιάδας στον ορεινό δήμο Φιλιατών και του Δήμου Επιδαύρου και αυτό γιατί τα συμπεράσματα για την πορεία της ορεινής γεωργίας και που θα πρέπει να εστιαστεί η ανάπτυξη της ορεινής γεωργίας, θα ήταν τελείως διαφορετικά από την πραγματικότητα.

Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι η συνένωση ορεινών περιοχών με πεδινές και ενίοτε με καθαρά αστικές περιοχές που έγινε με τον «Καλλικράτη», θα οδηγήσει με μαθηματική ακρίβεια, σε περαιτέρω περιθωριοποίηση και μαρασμό των ορεινών περιοχών. Τα προβλήματα και οι ανάγκες των ορεινών περιοχών δεν θα βρίσκονται στις προτεραιότητες των "πεδινών" προϋπολογισμών, ειδικά σε συνθήκες κρίσης. Επίσης πάρα πολλές ορεινές περιοχές όπως το Καρπενήσι, η Δίρφυς, το Αμύνταιο, τα Καλάβρυτα, η Δημητσάνα, η Μάνη, το Μπέλες, ο Χολομώντας, το Πάικο, το Βέρμιο, τα Πιέρια, ο Κίσαβος, το Φεγγάρι της Σαμοθράκης, το Υψάριο της Θάσου, ακόμη και ο Όλυμπος εξαφανίστηκαν διοικητικά με τον

«Καλλικράτη» με σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις. Για τους εξαιρετικά ευάλωτους οικονομικά ορεινούς δήμους, το ζήτημα της πρόσβασης ακόμη και σε αυτά τα αδύναμα μέτρα στήριξης των ορεινών περιοχών είναι ζωτικής σημασίας. (Καλιαμπάκος enet.26/5/2011).

Ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο, που πρέπει να τονιστεί, είναι ότι στην οροσειρά της Πίνδου και συγκεκριμένα στους Ορεινούς Δήμους Κόνιτσας, Ζαγορίου, Πωγωνίου, Φιλιατών, Βορείων Τζουμέρκων, Κεντρικών Τζουμέρκων, Αργιθέας, Αγράφων, υπάρχουν μεγάλες περιοχές που δεν έχουμε καθόλου αποζημιώσεις από τον ΕΛ.Γ.Α την περίοδο 1999-2010 ούτε στο ζωικό ούτε στο φυτικό κεφάλαιο, παρά τα ακραία καιρικά φαινόμενα, τους πολλούς κινδύνους που αντιμετωπίζουν οι καλλιέργειες και η κτηνοτροφία στις ορεινές περιοχές και τις πολύ υψηλές αποζημιώσεις που δόθηκαν συνολικά από τον ΕΛ.Γ.Α την συγκεκριμένη χρονική περίοδο σε επίπεδο χώρας. Οι Δήμοι αυτοί της οροσειράς της Πίνδου είχαν πολύ αναπτυγμένη κτηνοτροφία την δεκαετία του 1950-60 και σημαντική γεωργία στη λογική της αυτάρκειας και συμπληρωματική της κτηνοτροφίας, που σήμερα έχει εγκαταλειφθεί λόγω ερήμωσης πολλών ορεινών οικισμών και υποχώρησης του πρωτογενούς τομέα σε σχέση με τον τριτογενή που αναπτύσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια σε κάποιους άλλους.

Οι αποζημιώσεις από τον ΕΛ.Γ.Α αφορούν ζημιές στο ζωικό κεφάλαιο και στο φυτικό κεφάλαιο.

Στο ζωικό κεφάλαιο ο ΕΛ.Γ.Α καλύπτει ζημιές που οφείλονται: α) σε φυσικούς κινδύνους χαλάζι, υπερβολικό ψύχος, χιόνι, ανεμοθύελλα, πλημμύρα, καύσωνας, κεραυνός, κατασπαράξεις από άγρια ζώα (λύκος, αρκούδα, άγρια αδέσποτα σκυλιά), σεισμός, κατολίθωση, καθίζηση, πυρκαγιά από ανωτέρα βία και β) ασθένειες-παθήσεις όπως, παθολογικές καταστάσεις τοκετού βοοειδών, γαγγραινώδη μαστίτιδα, παραφυματίωση κ.α. Στο φυτικό κεφάλαιο ο ΕΛ.Γ.Α καλύπτει ζημιές στην παραγωγή των συστηματικών καλλιεργειών που οφείλονται σε: α) φυσικούς κινδύνους, Χαλάζι, παγετός, ανεμοθύελλα, πλημμύρα, καύσωνας και ηλιακή ακτινοβολία, υπερβολικές ή άκαιρες βροχοπτώσεις, χιόνι και θάλασσα και β) άγρια ζώα όπως, αρκούδα, αγριογούρουνα (στις περιοχές που προστατεύονται από την συνθήκη RAMSAR) και άγρια κουνέλια- *Oryctolagus cuniculus*- (στη φυτική παραγωγή της νήσου Λήμνου).

Στο ζωικό κεφάλαιο, σύμφωνα με στοιχεία του ΕΛ.Γ.Α, οι αποζημιώσεις τα τρία τελευταία χρόνια με την εφαρμογή της δήλωσης καλλιέργειας εκτροφής κυμαίνονται στα 3-5 εκ Ευρώ τον χρόνο, περίπου το 5% των συνολικών αποζημιώσεων του ΕΛ.Γ.Α. Οι Ορεινές περιοχές παίρνουν περίπου το 60% και οι πεδινές το 40%. Ο δείκτης ανταποδοτικότητας είναι σχετικά ισοσκελισμένος. Στις ορεινές περιοχές οι ζημιές οφείλονται κυρίως σε κατασπαράξεις από άγρια ζώα και φυσικούς κινδύνους και στις πεδινές περιοχές οι ζημιές οφείλονται κυρίως σε παθολογικές καταστάσεις τοκετού και διάφορες ασθένειες. Στην περιοχή του υποκαταστήματος ΕΛ.Γ.Α Πάτρας που περιλαμβάνει τον κάμπο της Ηλείας, αλλά και ορεινές περιοχές, οι ζημιές από ασθένειες και παθολογικές καταστάσεις τοκετού ανέρχονται στο 70% και από φυσικούς κινδύνους και κατασπαράξεις το 30%. Στις περιοχές των υποκαταστημάτων ΕΛ.Γ.Α Ιωαννίνων και Κοζάνης, που είναι κυρίως ορεινές, οι ζημιές αφορούν κυρίως φυσικούς κινδύνους και κατασπαράξεις και λιγότερο ασθένειες. Στις ορεινές περιοχές το μεγαλύτερο πρόβλημα εντοπίζεται στους ορεινούς Δήμους Μετσόβου, Κόνιτσας και Ζαγορίου της Π.Ε Ιωαννίνων, Φιλιατών της Π.Ε Θεσπρωτίας και Δεσκάτης της Π.Ε Γρεβενών. Στους Δήμους Κόνιτσας, Ζαγορίου και Φιλιατών έχουμε κατασπαράξεις από λύκους και αρκούδες και στους Δήμους Μετσόβου και Δεσκάτης κυρίως από αρκούδες. Στις ορεινές περιοχές επιβάλλεται η προστασία των κοπαδιών με την παρουσία συνοδού την ημέρα και την νύχτα η φύλαξη τους σε περιφραγμένους χώρους.

Όσον αφορά το φυτικό κεφάλαιο στις ορεινές περιοχές οι δυναμικές καλλιέργειες με το μεγαλύτερο οικονομικό ενδιαφέρον και μεγάλες αποζημιώσεις είναι: α) μήλα στο Πήλιο (Δήμος Ζαγοράς Μουρσειού), στη Δυτική και Κεντρική Μακεδονία (Καστοριά, Αρνισσα,

Ροδοχώρι Ημαθίας), οροπέδιο Τεγέας κ.α, β) κεράσια στις ορεινές περιοχές Πέλλας και Ημαθίας, γ) αμπελοειδή και συγκεκριμένα επιτραπέζια σταφύλια στο Ν. Κορινθίας σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές με μεγάλη κλίση (Σουλτανίνα Στιμάγκας, Ζεμενού κ.α) και αμπέλια (Αγιοργήτικο στο Δήμο Νεμέας, Μοσχοφίλερο στην Μαντινεία κ.α), δ) πατάτες στα οροπέδια Κ. Νευροκοπίου, Χρυσοβίτσας (Οροπέδιο Πολίτσες), Αρχάγγελου Πέλλας, Πολύμυλος, Τεγέας, Βούρβουρα κ.α, ε) φασόλια στους Δήμους Πρεσπών Π.Ε Φλώρινας, Νεστορίου Π.Ε Καστοριάς στ) καρύδια μια καλλιέργεια των ορεινών και ημιορεινών περιοχών που επιστρέφει δυναμικά στο προσκήνιο και που έχουμε σημαντικές ζημιές από παγετούς ανοίξεως.

Α) Μήλα

Η μηλοκαλλιέργεια ήταν ανέκαθεν η πιο σημαντική καλλιέργεια των ορεινών περιοχών. Οι παραδοσιακές ορεινές και ημιορεινές περιοχές των νομών Ημαθίας, Πέλλας, Καστοριάς, Μαγνησίας, Αρκαδίας και Λάρισας αποτελούν τις κυριότερες περιοχές καλλιέργειας της Μηλιάς στην χώρα μας, που καταλαμβάνει σύμφωνα με στοιχεία του Υπ.Α.Α.Τ. εκτάσεις 124.700 στρέμματα, ενώ η παραγωγή του 2012-13 ανέρχεται σε 251.070 τόνους (Μέση απόδοση 2,01 τόνοι/στρέμμα). Η παραγωγή των μήλων γίνεται σε ορεινές, ημιορεινές και πεδινές περιοχές με την έξης αναλογία :

Ορεινές 31%, ημιορεινές 34% και πεδινές 35%. Την τελευταία δεκαετία γίνεται προσπάθεια επέκτασης της καλλιέργειας και σε άλλες περιοχές κυρίως ορεινές (Θράκη, Α. Μακεδονία, Στερεά Ελλάδα κ.α).



Εικόνα 48 Η καλλιέργεια του Μήλου στην Ελλάδα σε ορεινές, ημιορεινές και πεδινές περιοχές (Στοιχεία Υπ.ΑΑΤ2004).

Η μηλιά είναι δέντρο που απαιτεί δροσερό καλοκαίρι για παραγωγή μήλων υψηλής ποιότητας (η θερμοκρασία του καλοκαιριού επηρεάζει την εμφάνιση του κόκκινου χρώματος) και αντέχει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη διακοπή του λήθαργου των οφθαλμών της (όπου οι χειμώνες είναι θερμοί δημιουργούνται προβλήματα όπως για παράδειγμα, πολλοί οφθαλμοί δεν εκπτύσσονται, η βλάστηση είναι αδύνατη, η άνθηση χρονικά ανώμαλη, η καρποφορία περιορισμένη και η ωρίμανση των καρπών ασύγχρονη). Πρόβλημα μπορεί να υπάρξει μόνο αν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους -25 0C και αν η πτώση αυτή είναι απότομη.

Παρόλα αυτά κατά την περίοδο της ανθοφορίας κινδυνεύει από παγετούς. Παραθαλάσσιες και παραλίμνιες περιοχές (Πήλιο, Καστοριά) ευνοούν την καλλιέργεια της μηλιάς επειδή ο κίνδυνος πρόκλησης ζημιών από παγετούς Ανοίξεως μειώνεται σημαντικά, λόγω της

υδάτινης επιφάνειας που συντελεί στη διατήρηση της θερμοκρασίας σε επιθυμητά επίπεδα. Σε ανεμόπληκτες παραθαλάσσιες περιοχές μπορεί να προκληθούν ζημιές από τα σταγονίδια της θάλασσας στα φύλλα και τους καρπούς .

Για τους παραπάνω λόγους η καλύτερη ποιότητα Μήλων παράγεται στις ημιορεινές και ορεινές περιοχές (πιο ευνοϊκό κλίμα), ενώ οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται στις πεδινές περιοχές, όπου υπάρχει η δυνατότητα εντατικής εκμετάλλευσης.

Η Ελλάδα έχει πετύχει την κατοχύρωση τριών ονομάτων ΠΟΠ για τα μήλα (Μήλα Πιλαφά Τριπόλεως, Μήλα Ζαγοράς Πηλίου, Φιρίκι Πηλίου) και ενός ΠΓΕ (Μήλα Καστοριάς) ενώ προσπάθειες γίνονται για να κατοχυρωθούν σαν ΠΓΕ τα μήλα Πύργων Κοζάνης. Όλες οι περιοχές ΠΟΠ και ΠΓΕ βρίσκονται σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές.

Στις ορεινές περιοχές έχουμε ζημιές στα μήλα από χαλάζι, ανεμοθύελλα από παγετούς ανοίξεως (παγετοί ακτινοβολίας) στο στάδιο της ρόδινης κορυφής ή στο στάδιο του καρπιδίου και σπάνια παγετούς σε πολύ ορεινές περιοχές και σε όψιμες ποικιλίες όπως π.χ η γκράννυ σμιθ, που παθαίνει ζημιές στο στάδιο της φυσικής ωρίμανσης (Οκτώβριο- αρχές Νοεμβρίου). Οι ζημιές από Καύσωνα σε ορεινές περιοχές είναι σπάνιες αν και τα μήλα είναι ευαίσθητα στον Καύσωνα, αφού είναι σπάνιο η θερμοκρασία στις ορεινές περιοχές να φθάσει στους 40 ο C ώστε να στοιχειοθετηθεί καύσωνας. Κάποια προβλήματα με ηλιοεγκαύματα και κακό χρωματισμό των μήλων έχουμε τα τελευταία χρόνια στο Πήλιο εξαιτίας, της έντονης ηλιοφάνειας και των ξηροθερμικών συνθηκών κατά την διάρκεια της συγκομιδής συνέπεια της κλιματικής αλλαγής. Σπάνιες είναι και οι ζημιές από πλημμύρα, χιόνι κ.λ.π. Όσον αφορά τις κρατικές οικονομικές ενισχύσεις (Κ.Ο.Ε) έχουν δοθεί αποζημιώσεις για ακαρπία, μικροκαρπία, Φουζικλάδιο μέσω των Κ.Ο.Ε. Ειδικά για τον μύκητα Φουζικλάδιο οι ζημιές που προκαλεί είναι πιο έντονες στις ορεινές περιοχές λόγω του υγρού και ψυχρού κλίματος που επικρατεί την άνοιξη και το καλοκαίρι.

Όπως τονίστηκε η μηλοκαλλιέργεια αποτελεί δυναμική καλλιέργεια για τις ορεινές περιοχές με προοπτικές ακόμα μεγαλύτερης ανάπτυξης, αφού από το 2010 παρατηρείται απότομη αύξηση εξαγωγών (Γ. Πολυχρονάκης, Σύνδεσμος Εξαγωγών Φρούτων) αλλά αντιμετωπίζει και σημαντικά προβλήματα λόγω καιρικών συνθηκών, όπως φαίνεται από τις υψηλές αποζημιώσεις από τον ΕΛ.Γ.Α σε όλες τις ορεινές περιοχές και προβλήματα καλλιέργειας και εμπορίας.

Οι κυριότερες ορεινές μηλοπαραγωγικές περιοχές είναι:

1) Πήλιο με έκταση 14.000 στρέμματα (Ζαγορά 9000 στρ., Μακρυρράχη 3000 στρ, Πουρί 2000 στρ). Η παραγωγή ανέρχεται σε (10.000 – 15.000 τόνους ετησίως). Τα μήλα του Πηλίου θεωρούνται από τα καλύτερα στον κόσμο λόγω της τοποθεσίας της περιοχής που συνδυάζει το βουνό με την θάλασσα δημιουργώντας το κατάλληλο μικροκλίμα που κάνει τα μήλα εύγευστα και ποιοτικά. Κύριες ποικιλίες οι Starking delicious, Golden delicious, Reinette de Canada και το φιρίκι Πηλίου.

Οι ζημιές στις καλλιέργειες μήλων οφείλονται σε χαλάζι και ανεμοθύελλα. Λόγω γειννίας με τη θάλασσα δεν έχουμε παγετούς. Ακόμη ζημιές είχαμε λόγω μικροκαρπίας (κυρίως στα ελεύθερα σχήματα) και είχαν δοθεί αποζημιώσεις μέσω των Κ.Ο.Ε ήμε κατ' εξαίρεση κάλυψη.

Χαρακτηριστικά της καλλιεργούμενης έκτασης είναι η ανομοιομορφία του εδάφους και το επικλινές αυτού με αποτέλεσμα η καλλιέργεια της μηλιάς να γίνεται σε αναβαθμίδες και να είναι αδύνατη η χρήση μηχανικών μέσων. Δεν μπορούν να τοποθετηθούν αντιχαλαζικά δίχτυα λόγω ορεινού ανάγλυφου και επειδή το 90% των καλλιεργειών είναι ελεύθερα και μόνο το 10% σε παλμέττες.

Στην περιοχή έχουν τοποθετηθεί 14 ασύρματοι μετεωρολογικοί σταθμοί που, εκτός από τα μετεωρολογικά δεδομένα, με την βοήθεια ειδικών προγραμμάτων δίνουν προειδοποιήσεις σχετικά με την επικινδυνότητα σοβαρών ασθενειών, όπως του φουζικλαδίου και του ιωδίου και ακόμα έχουν τη δυνατότητα να μετρούν ημεροβαθμούς.

2) Δυτικό Βέρμιο με έκταση 7.500 στρέμματα (5.700 στους Πύργους και 1800 στο Μεσόβουνο). Η παραγωγή ανέρχεται σε 15.000 τόνους. Το υψόμετρο και το μικροκλίμα της περιοχής Βερμίου δημιουργούν τις ειδικές συνθήκες κάτω από τις οποίες καλλιεργούνται τα μήλα Βερμίου. Κυριαρχούν οι κόκκινες ποικιλίες Super Chief, Scarlet, Red Cup και Starking delicious. Λιγότερο καλλιεργούνται οι Golden delicious και Fuji. Τα φυρίκια έχουν σχεδόν εγκαταλειφθεί. Η περιοχή πλήττεται από ακραία καιρικά φαινόμενα και οι ζημιές στις καλλιέργειες μήλων οφείλονται κυρίως σε χαλάζι και παγετούς ανοίξεως (παγετοί ακτινοβολίας), στο στάδιο της ρόδινης κορυφής ή στο στάδιο του καρπιδίου. Στην ποικιλία Fuji, που συγκομίζεται στα μέσα Νοεμβρίου, έχουμε και ζημιές από τους πρώτους παγετούς. Η μηλιά παθαίνει ζημιά από παγετό στους $-3,9^{\circ}\text{C}$ στο στάδιο της ρόδινης κορυφής, στους $-3,9^{\circ}\text{C}$ στο στάδιο της πλήρους άνθησης και στους $-3,5^{\circ}\text{C}$ στο στάδιο της καρπόδεσης. Οι παραγωγοί της περιοχής δίνουν μεγάλη σημασία στην μηλοκαλλιέργεια αφού στους Πύργους έχουν υλοποιηθεί τα σημαντικότερα στη χώρα μας σχέδια βελτίωσης για αυτή την καλλιέργεια με την εφαρμογή σύγχρονων συστημάτων υπέρπυκνης φύτευσης αλλά και με τους πρώτους μηλεώνες πανελλαδικά που έχουν εγκατασταθεί αντιχαλαζικά δίκτυα. Από τα 800.000 ευρώ που αξιοποιήθηκαν σε αντιχαλαζικά προγράμματα στη Δυτική Μακεδονία, τα επτακόσιες χιλιάδες δόθηκαν στον δήμο Βερμίου. Σήμερα περίπου το 40% των καλλιεργειών είναι σκεπασμένο με αντιχαλαζικά δίκτυα και αυτό είναι το μεγαλύτερο ποσοστό στην Ευρώπη. Παρόλα αυτά θα πρέπει να επεκταθεί η κάλυψη των καλλιεργειών με αντιχαλαζικά δίκτυα λόγω πολύ συχνών χαλαζοπτώσεων, όμως το κόστος εγκατάστασης είναι πολύ υψηλό 2.500 Ευρώ/στρέμμα και ο ΕΛ.Γ.Α επιδοτεί το 60%. Θα πρέπει επίσης να προχωρήσει το πρόγραμμα «βομβαρδισμού» των σύννεφων με κανόνια αντιχαλαζικής προστασίας προκειμένου να αποτρέπεται η χαλαζόπτωση. Η ολοκλήρωση του φράγματος του Μεσοβούνου, η κατασκευή ενός ακόμη μικρότερου φράγματος στους Πύργους ή μιας λιμνοδεξαμενής και ένας νέος αναδασμός στο τοπικό διαμέρισμα Πύργων θα βοηθήσει την ανάπτυξη της μηλοκαλλιέργειας στην περιοχή.

3) Μήλα Βόρα. Τα μήλα στην ορεινή Πέλλα είναι 18.500 στρέμματα κυρίως στα Δ.Δ Άρνισσας, Παναγίτσας, Νησιού, Κορυφής και Περαιάς. Η παραγωγή ανέρχεται σε 35 -40.000 τόνους. Ονομαστά είναι τα μήλα που διακινεί ο Α.Σ Άρνισσας με την ονομασία «μήλα Βόρα». Η μηλοκαλλιέργεια στην περιοχή καταλαμβάνει έκταση 7.500 στρέμματα και η παραγωγή ανέρχεται στους 15.000 τόνους. Κύριο χαρακτηριστικό της περιοχής οι πολλές ποικιλίες που υπάρχουν και σε συνδυασμό με την ποιότητα της παραγωγής ικανοποιούν οποιαδήποτε πελατειακή απαίτηση. Gala, Scarlet, Red Chief, Super Chief, Red Cup, Red Can, Jeromine, Red Velox, Starking delicious, Double Red, Golden, Jonna, φυρίκια, Fuji, Granny Smith, Black Davis και Mutsu.

Ο Α.Σ Άρνισσας εφαρμόζει καινοτόμες τεχνικές για την συντήρηση των μήλων, σε ψυκτικούς θαλάμους για μεγάλο χρονικό διάστημα, όπως το Smart fresh. Παράλληλα εφαρμογές αγροχημικών όπως Neotopsin, Bellis, Luna Geoxe, εξασφαλίζουν μακροβιότερη μετασυλλεκτική ζωή των προϊόντων στα ράφια των Super Market. Σε επίπεδο τυποποίησης ο Α.Σ Άρνισσας έχει φροντίσει να εκσυγχρονιστεί με συσκευαστικό μηχάνημα τυποποίησης μήλων ρομποτικού τύπου. Το συσκευαστήριο είναι ηλεκτρονικό και με την χρήση καμερών γίνεται η ταξινόμηση των μήλων κατά μέγεθος και χρώμα. Γίνονται προσπάθειες για να αντικατασταθούν τα δέντρα των παλιών κτημάτων, που είναι σε ελεύθερη ανάπτυξη, με νέα σε διαμόρφωση γραμμικών σχημάτων (παλμεττών).

Οι ζημιές και εδώ οφείλονται κυρίως στο χαλάζι και λιγότερο σε παγετούς. Δεν έχει προχωρήσει επαρκώς στην περιοχή το πρόγραμμα τοποθέτησης δικτύων αντιχαλαζικής προστασίας, ούτε ο «βομβαρδισμός» των χαλαζοφόρων νεφών από ειδικά αεροπλάνα του ΕΛΓΑ.

4) Μήλα Καστοριάς. Η συνολική έκταση με μήλα στον Νομό Καστοριάς ανέρχεται περίπου σε 20.000 στρ. Η δε παραγωγή κυμαίνεται από 60.000 έως 90.000 τόνους.

Το υψόμετρο της ζώνης του μήλου κατά κύριο όγκο είναι στα 630-670 μέτρα. Η καλλιέργεια της μηλιάς στο Νομό Καστοριάς ξεκινάει τουλάχιστον από τις αρχές του 20ου αιώνα με πρώτους θύλακες τα χωριά των Κορεσטיών στην ΒΑ πλευρά του όρους Βιτσιού και τα χωριά ανατολικά του ορεινού συγκροτήματος Γράμμου.

Κατά τη διάρκεια του μεσοπολέμου (1930- 40) επεκτείνεται και εδραιώνεται στην παραλίμνια περιοχή όπου σήμερα παράγεται το 95% της παραγωγής στα χωριά Τοιχίο, Μεταμόρφωση, Φωτεινή, Πορεία, Βυσσινιά, Πολύκαρπη, Μαυροχώρι των δημοτικών ενοτήτων Βίτσιου και Μακεδνών. Κύριες ποικιλίες είναι οι κόκκινες Red Chief, Super Chief, Starkinson, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 90% της συνολικής παραγωγής. Καθώς επίσης οι Scarlet, Jeromine και οι ανοιχτόχρωμες ποικιλίες Golden, Jonna Gold, Fuji, Galaxy, Jonnagored, Granny smith. Ζημιές και εδώ έχουμε κυρίως από χαλαζοπτώσεις και σπανιότερα από παγετό. Η σημερινή διάρθρωση της μηλοκαλλιέργειας (κυρίως μετά το 1965) περιλαμβάνει οπωρώνες σε ελεύθερο ή γραμμικό σχήμα, σε κλωνικά υποκείμενα (MM 106, EM-9, M-26). Στις καλλιέργειες σε γραμμικά σχήματα τοποθετούνται αντιχαλαζικά δίχτυα. Και εδώ πρέπει να επεκταθεί το δίκτυο αντιχαλαζικής προστασίας.



Εικόνα 49. Αντιχαλαζικά σε Μήλα στην Πορεία Καστοριάς Χρήστου Κοσμίδη

5) Ανατολικό Βέρμιο. Με έκταση περίπου 4.000 στρέμματα (2.300 Ροδοχώρι, 1300 Νάουσα). Και εδώ οι ζημιές οφείλονται κυρίως στο χαλάζι. Οι χαλαζοπτώσεις και εδώ είναι πολύ έντονες και πολλές φορές έχουμε και ακαρπία λόγω καταστροφής των 'ματιών' των δέντρων. Μεγάλες ζημιές έχουμε και από τον μύκητα Φουζικλάδιο.

Άλλες ορεινές μηλοπαραγωγικές περιοχές με παρόμοιες ζημιές είναι η Αρκαδία, με περίπου 9.000 στρέμματα, από τα οποία τα 1500 αφορούν τα Μήλα Delicius Πιλαφά που καλλιεργούνται μόνο στην Τρίπολη και η Ένωση Γεωργικών Συνεταιρισμών Αρκαδίας κατοχύρωσε ως προϊόν ΠΟΠ, η ορεινή Κορινθία (3.000 στρ) και τα Τρίκαλα (3.000 στρ).

Β) Κεράσια

Τα κεράσια αποτελούν μετά από τα μήλα την καλλιέργεια που μπορεί να συμβάλει στην αξιοποίηση ορεινών εκτάσεων, αφού μπορεί να ευδοκιμήσει σε αυτές. Θεωρείται από τις αναπτυσσόμενες καλλιέργειες στην Ορεινή Ελλάδα αφού είναι η πιο προσοδοφόρα καλλιέργεια. Τα ελληνικά κεράσια είναι από τα καλύτερα στον κόσμο. Έχουν δε και το πλεονέκτημα ότι ωριμάζουν νωρίτερα από τις άλλες ανταγωνιστικές χώρες. Σήμερα η

καλλιέργεια κερασιάς καλύπτει εκτάσεις περίπου 100.000 στρέμματα σε όλη την Ελλάδα. Οι περισσότερες εκτάσεις βρίσκονται στη Μακεδονία περίπου το 80% των εκτάσεων και κυρίως στους νομούς Πέλλας (45.000 στρέμματα) και Ημαθίας (20.000 στρέμματα). Και εδώ η παραγωγή σε ορεινές, ημιορεινές και πεδινές περιοχές είναι στο 1/3. Στην περιοχή της Πέλλας και συγκεκριμένα στα 14 ορεινά κερασο-χώρια του νομού καλλιεργούνται πάνω από 12.000 στρέμματα κεράσια, ενώ στην ορεινή Ημαθία καλλιεργούνται περίπου 6.000 στρέμματα. Τα 6.000 στρέμματα στην ορεινή Πέλλα (120.000 δέντρα) βρίσκονται στον Αρχάγγελο Αλμωπίας, κυρίως τραγανά και γαλανά κεράσια καθώς και ποικιλίες μεγαλόκαρπων κερασιών. Άλλα ορεινά χωριά με σημαντική παραγωγή κερασιού είναι, ο Αγ. Αθανάσιος, το Γραμματικό, η Σαρακηνή, η Περαιά, η Κερασιά, η Καρυδιά, η Ζερβή και οι Λύκοι. Στην ορεινή Ημαθία το κεράσι καλλιεργείται κυρίως στα χωριά, Ροδοχώρι, Νάουσα, Αρκοχώρι και Στενήμαχο.

Η παραγωγή κερασιών ξεπερνά τις 65.000 τόνους, με μέση στρεμματική απόδοση σε ευνοϊκές συνθήκες τα 1300 κιλά και η τιμή για τον παραγωγό φτάνει τα 1,5 ευρώ/κιλό (το μεγαλύτερο ποσό για οπορωφόρα δέντρα).

Οι ιδανικές περιοχές για την κερασοκαλλιέργεια είναι ορεινές, μέχρι υψόμετρο 800 μέτρων (μπορεί να καλλιεργηθεί και στα 1250 μέτρα όπως στον Αρχάγγελο Αλμωπίας), ημιορεινές, λοφώδεις και πεδινές. Όλες αυτές οι περιοχές δεν πρέπει να αντιμετωπίζουν προβλήματα παγετών, να μην έχουν υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία κατά την περίοδο της άνθησης και να μη σημειώνονται συχνά βροχοπτώσεις κατά την περίοδο της άνθισης και της ωρίμασης του καρπού. Επίσης θα πρέπει να αποφεύγονται οι περιοχές με βορινή έκθεση και να προτιμώνται οι ευάερες και ηλιόλουστες περιοχές με μεσημβρινή έκθεση.

Οι ζημιές στα κεράσια που καλύπτει ο ΕΛ.Γ.Α είναι κυρίως οι βροχοπτώσεις που προκαλούν σχίσσιμο του καρπού του κερασιού, όταν αυτός είναι ώριμος, τα χαλάζια, οι εαρινοί παγετοί και ανεμοθύελλες. Η κερασιά παθαίνει ζημιά από παγετό στους -4° C στο στάδιο της ρόδινης κορυφής, στους $-3,9^{\circ}$ C στο στάδιο της πλήρους άνθησης και στους $-3,5^{\circ}$ C στο στάδιο της καρπόδεσης.

Μεγάλο πρόβλημα έχουμε στις ορεινές περιοχές από τις βροχοπτώσεις. Οι υπερβολικές και άκαιρες βροχοπτώσεις καλύπτονται από τον κανονισμό ασφάλισης φυτικής παραγωγής του ΕΛ.Γ.Α από 15/5 έως 30/11, εκτός από τα κεράσια και τα μούσμουλα που καλύπτονται από την περίοδο ωρίμανσης του καρπού (νωρίτερα από τις 15/5 στις πρώιμες ποικιλίες). Γι' αυτό, εκτός από τα μέτρα ενεργητικής προστασίας, αντιχαλαζικά δίχτυα και αντιβρόχινες μεμβράνες, συνιστώνται ποικιλίες κατάλληλες για ορεινές περιοχές, όπως τα τραγανά Εδέσσης που είναι κατάλληλα και για υψόμετρο μεγαλύτερο των 1000 μέτρων, τα Μπακιρτζέικα (όψιμα τραγανά εδέσσης) που είναι πολύ ανθεκτικά στο σχίσσιμο, η Germersdorfer και η Larian.



Εικόνα 50. Αντιβρόχνη μεμβράνη με αντιχαλαζικά δίκτυα σε καλλιέργεια κερασιών.

Γ) Αμπελοειδή

Η τεράστια συμβολή της αμπελοκαλλιέργειας τόσο στην οικονομική, πολιτισμική και κοινωνική ανάπτυξη της χώρας μας, όσο και στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος της, είναι διαχρονικά αναγνωρισμένη. Ιδιαίτερα μάλιστα η συμβολή των προϊόντων της (κρασί, σταφίδα, επιτραπέζια σταφύλια) στην επιβίωση και ανάπτυξη των ορεινών περιοχών της χώρας, είναι αδιαμφισβήτητη.

Σήμερα η καλλιεργούμενη με αμπέλια έκταση στην Ελλάδα είναι περίπου 1.320.000 στρέμματα από τα οποία 146.453 είναι επιτραπέζια σταφύλια, 368.398 είναι σταφίδες και 696.482 οινοποιήσιμες ποικιλίες. Αντίστοιχα η παραγωγή, 216.561 τόνοι επιτραπέζια σταφύλια, 84.833 τόνοι σταφίδα και 398.700 τόνοι οινοποιήσιμα (2011).

Οι ορεινοί και ημιορεινοί αμπελώνες είναι πολύ διαδεδομένοι στην Ελλάδα και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των αμπελοκαλλιεργούμενων εκτάσεων. Όσον αφορά την ποιότητα, σχεδόν το σύνολο των ελληνικών περιοχών παραγωγής οίνων με ονομασία προέλευσης (οίνοι ΠΟΠ) βρίσκεται σε ημιορεινές και ορεινές περιοχές, άλλοτε σε ομαλό ανάγλυφο και γόνιμα εδάφη (οροπέδια) και άλλοτε σε επικλινή και άγονα εδάφη.

Η Νεμέα αποτελεί την μεγαλύτερη ενιαία άμπελο-παραγωγική περιοχή της Ελλάδας, καλύπτοντας μία έκταση περίπου 23.000 στρεμμάτων με οινοποιήσιμες ποικιλίες (20.000 στρέμματα είναι Αγιωργήτικο) και άλλα 8.000 στρέμματα με κορινθιακές σταφίδες σε υψόμετρα που ποικίλουν, από 200m έως και 850m. Το Αγιωργήτικο παράγει ερυθρούς οίνους Π.Ο.Π με το όνομα «Νεμέα» και θεωρείται από τις ευγενέστερες ερυθρές ποικιλίες.

Στην Βόρεια Ελλάδα η σημαντικότερη ποικιλία είναι το Ξινόμαυρο που καλλιεργείται σε περίπου 23.000 στρέμματα σε ημιορεινές και ορεινές περιοχές, από τα οποία 13.500 στρέμματα στην Δυτική Μακεδονία (4.000 στρ στο Αμύνταιο σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 600 μέτρων) και 8.000 στρέμματα στην Κεντρική Μακεδονία (ΥΠΑΑΤ 2011).

Άλλη σημαντική άμπελο-παραγωγική περιοχή της Ελλάδας αποτελεί η περιοχή της Μαντινείας, όπου υπάρχουν 5.000 στρέμματα της ποικιλίας «μοσχοφίλερο» σε υψόμετρο 650 μέτρων. Από το Μοσχοφίλερο παράγονται λευκοί οίνοι Π.Ο.Π.

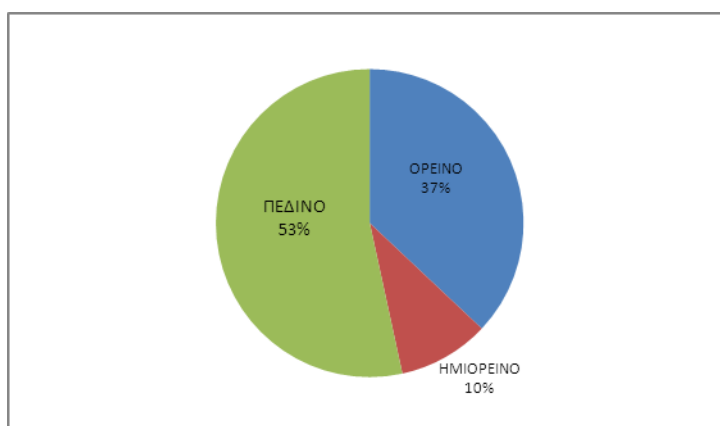
Άλλοι ορεινοί και ημιορεινοί αμπελώνες είναι αυτοί της Ζίτσας και του Μετσόβου, της Αχαΐας, καθώς και τμήματα αμπελώνων όπως της Σάμου, των Πεζών, της Κεφαλονιάς, της Ραψάνης και άλλων περιοχών.

Στα επιτραπέζια σταφύλια κύριες περιοχές παραγωγής είναι, η Κορινθία με 72.970 στρέμματα (50% της συνολικής έκτασης), η Καβάλα με 23.600 στρέμματα και το Ηράκλειο με 23.600 στρέμματα. Η Σουλτανίνα με 102.000 στρέμματα είναι η ποικιλία που κυριαρχεί και ακολουθούν η Victoria με 22.500 στρέμματα και το Ραζακί με 14.100. Στις ορεινές

περιοχές τελευταία δίνεται έμφαση στην καλλιέργεια κόκκινων ποικιλιών όπως η Crimson seedless που είναι ανθεκτική στο σχίσμο από βροχόπτωση.

Στην Κορινθία, τα 27.000 στρέμματα (37 %) είναι σταφύλια ορεινών περιοχών, τα 7.000 (10%) ημιορεινών περιοχών και τα 39.000 (53%) πεδινών περιοχών.

Κύρια κέντρα παραγωγής ορεινών επιτραπέζιων σταφυλιών είναι η Στιμάγκα σε υψόμετρο 550 μέτρα (12.000 στρ-20.000 τόνοι παραγωγή) και το Ζεμενό σε υψόμετρο 569 μέτρα (2.500 στρ-4.000 τόνοι παραγωγή). Τα δύο χωριά χαρακτηρίζονται σαν ορεινά επειδή η κλίση είναι μεγαλύτερη του 30% και παράγουν την καλύτερη ποιότητα σταφυλιών, από τα οποία η μεγαλύτερη ποσότητα εξάγεται στη Γερμανία, Αγγλία, Ολλανδία και Σκανδιναβικές χώρες. Αλλά ορεινά χωριά της Κορινθίας που παράγουν επιτραπέζια σταφύλια είναι τα: Λαλιώτη, Σούλι, Καστράκι, Δάφνη, Αρχ. Κλεωνές, Μποζικά, Τιτάνη, Γοννούσα, Παραδείσι, Κρουονέρι, Καίσαρι και Κλημέντι.



Εικόνα 51. Η καλλιέργεια του επιτραπέζιου σταφυλιού στην Κορινθία σε ορεινές, ημιορεινές και πεδινές περιοχές (Στοιχεία Υπ.ΑΑΤ2011)

Στους ορεινούς και ημιορεινούς αμπελώνες το υψόμετρο παίζει σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση των κλιματικών συνθηκών της κάθε περιοχής και εξασφαλίζει μειωμένες ημερήσιες θερμοκρασίες, ιδανικές για την ευδοκίμηση μιας πλειάδας ποικιλιών αμπέλου. Ακόμη στους ορεινούς και ημιορεινούς αμπελώνες η απώλεια της εδαφικής υγρασίας είναι μικρότερη, οι βροχοπτώσεις είναι περισσότερες και τα διαστήματα νέφωσης είναι μεγαλύτερα. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα μια πιο ομαλή λειτουργία των φυτών της αμπέλου, ιδιαίτερα σε θερμά κλίματα, διευκολύνοντας την σωστή ωρίμαση των σταφυλιών και την συγκομιδή τους κάτω από πιο κατάλληλες συνθήκες.

Στις ορεινές περιοχές με μεγάλη κλίση (Στιμάγκα, Ζεμενό), οι δροσεροί άνεμοι και οι πολλές χαράδρες βοηθάνε στην καλύτερη κυκλοφορία του αέρα και στην ήπια ωρίμανση των σταφυλιών.

Οι ζημιές που καλύπτονται από τον κανονισμό ασφάλισης φυτικής παραγωγής του ΕΛ.Γ.Α για τα αμπελοειδή είναι χαλάζι, παγετός, ανεμοθύελλα, καύσωνας, βροχόπτωση, χιόνι και θάλασσα. Στις ορεινές περιοχές οφείλονται στο χαλάζι, παγετό, βροχόπτωση, ανεμοθύελλα και χιόνι. Από καύσωνες τα τελευταία χρόνια έχουμε κάποιες ζημιές, κυρίως σε ημιορεινές περιοχές, λόγω της ανόδου της θερμοκρασίας. Σπάνιες είναι οι ζημιές από τα άλλα αίτια.

Πιο συχνές είναι οι χαλαζοπτώσεις, που καλύπτονται ασφαλιστικά από τον ΕΛ.Γ.Α σε όλα τα στάδια εκτός από το στάδιο που οι οφθαλμοί είναι σε λήθαργο το χειμώνα. Σε αυτό το στάδιο δεν καλύπτονται και τα άλλα ζημιογόνα αίτια (παγετός, ανεμοθύελλα, κ.λ.π). Ζημιές από παγετούς έχουμε στο στάδιο από την διόγκωση-έκπτυξη των οφθαλμών μέχρι και πριν την εμφάνιση των ταξιανθιών (όψιμοι παγετοί ανοίξεως). Οι ζημιές παρατηρούνται σε θερμοκρασίες κάτω των $-1,5^{\circ}$ C στα στάδια από την εμφάνιση των ταξιανθιών μέχρι και την

καρπόδεση. Στα στάδια αυτά ο κίνδυνος παγετού μειώνεται, όσο προχωρά η ανάπτυξη, οι θερμοκρασίες δεν κατεβαίνουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα και ο παγετός δεν έχει μεγάλη διάρκεια. Σπάνιοι είναι οι παγετοί στο τέλος του σταδίου ωρίμανσης, όταν καθυστερήσει ο τρυγητός. Ζημιές από ανεμοθύελλα έχουμε όταν ο άνεμος είναι εντάσεως 8 BEAUFOR και άνω, σε όλα τα στάδια εκτός από το στάδιο του ληθάργου, ενώ ζημιές από υπερβολικές και άκαιρες βροχοπτώσεις έχουμε στα στάδια περκασμού και ωρίμανσης των σταφυλιών.

Η Ορεινή Κορινθία όπως φαίνεται και από τον χάρτη με τις αποζημιώσεις του ΕΛ.Γ.Α (1999-2010) είναι η ορεινή περιοχή με τις μεγαλύτερες αποζημιώσεις σε αμπελοειδή. Οι ζημιές αφορούν τις ισχυρές χαλαζοπτώσεις, τους παγετούς ανοίξεως κυρίως στο οροπέδιο της Νεμέας και τις υπερβολικές και άκαιρες βροχοπτώσεις. Οι υψηλές αποζημιώσεις οφείλονται και στην υψηλή τιμή της Σουλτανίνας και του Αγιωργήτικου που είναι οι κύριες ποικιλίες της περιοχής.

Δεν έχει προχωρήσει επαρκώς στην περιοχή το πρόγραμμα τοποθέτησης δικτύων αντιχαλαζικής προστασίας και είναι απαραίτητη η επέκτασή του. Στη Στιμάγκα το 30% των στρεμμάτων με Σουλτανίνα καλύπτονται από αντιχαλαζικά δίκτυα. Πρέπει το ποσοστό να ανέβει στο 50-60%. Οι Ανεμομείκτες για αντιπαγετική προστασία που υπήρχαν στο οροπέδιο της Νεμέας πλέον δεν λειτουργούν.



Εικόνα 52. Αντιχαλαζικά δίκτυα σε καλλιέργεια Σουλτανίνας στη Στιμάγκα Κορινθίας

Δ) Πατάτες

Η πατάτα, αν και σήμερα η καλλιέργεια της έχει εξαπλωθεί σε όλα τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη, είναι κυρίως καλλιέργεια των ορεινών περιοχών από τις οποίες προέρχεται. Πατρίδα της είναι η ορεινή περιοχή μεταξύ Νότιου Περού και Βορειοανατολικής Βολιβίας που καλλιεργούνταν χιλιάδες χρόνια πριν και αποτελούσε βασικό συστατικό της διαίτας των ινδιάνικων φυλών που ζούσαν στην περιοχή των Άνδεων.

Στην Ελλάδα αν και η πατάτα καλλιεργείται σχεδόν σε όλες τις περιοχές της, μιας και η ιδιαίτερη ποικιλομορφία της χώρας μας το επιτρέπει, στις ορεινές περιοχές η πατάτα που παράγεται υπερέχει σε γεύση και ποιότητα της πατάτας των πεδινών περιοχών και τυγχάνει καλύτερων τιμών στην αγορά. Η ορεινή πατάτα έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία (που είναι και το κυριότερο στοιχείο ανάλυσης για τον προσδιορισμό της ποιότητας της πατάτας), είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και βιταμίνες, ενώ οι χαμηλές θερμοκρασίες των ορεινών περιοχών βοηθούν την πατάτα να συσσωρεύσει υψηλό

ποσοστό αμύλου, που την κάνει ιδιαίτερα νόστιμη. Η πατάτα των ορεινών περιοχών είναι κατάλληλη για την παραγωγή πατατόσπορου, αφού και οι πατάτες που καλλιεργούνται στις πεδινές περιοχές εκφυλίζονται. Τέλος σημαντικό ρόλο στην ποιότητα της πατάτας των ορεινών περιοχών παίζουν η μακροχρόνια εμπειρία αλλά και οι παραδοσιακές μέθοδοι καλλιέργειας που εφαρμόζουν οι παραγωγοί.

Στην Ελλάδα σήμερα καλλιεργείται σε έκταση περίπου 300.000 στρεμμάτων και παράγονται 842.000 τόνοι. Δεν καλύπτεται η εγχώρια ζήτηση και γίνονται εισαγωγές. Έχουμε 3 φυτεύσεις. Α) Την ανοιξιάτικη που η φύτευση γίνεται από Δεκέμβριο μέχρι Μάρτιο στις νοτιότερες περιοχές της χώρας, με ήπιο χειμώνα, σε έκταση 140.000 στρ με 324.000 τόνους παραγωγή. Β) Την καλοκαιρινή που η φύτευση ξεκινάει από Μάρτιο έως Μάιο κυρίως στις ορεινές περιοχές σε έκταση 144.000 στρέμματα, με 360.000 τόνους παραγωγή. Γ) Την φθινοπωρινή που η φύτευση ξεκινάει από Μάιο στο οροπέδιο του Λασιθίου και συνεχίζεται μέχρι Ιούλιο –Αύγουστο στις πεδινές περιοχές Ηλείας- Αχαΐας κ.α σε έκταση 74.000 στρέμματα και παραγωγή 167.000 τόνους.

Κύριες ορεινές περιοχές καλλιέργειας είναι η περιοχή του Κ. Νευροκοπίου, που καλλιεργούνται 30.000-40.000 στρέμματα με παραγωγή που κυμαίνεται στους 70-100.000 τόνους. Η μέση παραγωγή το στρέμμα είναι 2.500-3.500 Kg. Με τον Κανονισμό (ΕΚ) 538/2002 η πατάτα Νευροκοπίου έγινε Π.Γ.Ε. Η περιοχή της Χρυσοβίτσας που καλλιεργούνται 1.200 στρέμματα στο οροπέδιο Πολιτσές, σε υψόμετρο περίπου 1340 μέτρων, που βρίσκεται σε διαδικασία αναγνώρισης και πιστοποίησης ως προϊόν με Ονομασία Προέλευσης (Π.Ο.Π.). Η πατάτα Χρυσοβίτσας είναι η πιο ορεινή πατάτα της Ελλάδας.

Άλλες ορεινές περιοχές είναι το Οροπέδιο Λασιθίου στην Κρήτη, σε υψόμετρο 850 μέτρα, που καλλιεργούνται 13.000 στρέμματα και παράγονται 40 – 45 χιλιάδες τόνοι πατάτας, η Άνω Βροντού Σερρών, που καλλιεργούνται περίπου 3.500 στρέμματα, με ετήσια παραγωγή πάνω από 10.000 τόνους, σε υψόμετρο 1100-1300 μέτρα, η περιοχή Αρχαγγέλου Αλμωπίας, σε υψόμετρο 1200 μέτρων, που καλλιεργούνται 3.000 στρέμματα πατάτας και παράγονται 7.000 τόνοι πατάτας, ο Πολύμυλος Κοζάνης, τα Βούρβουρα Αρκαδίας και το Αμύνταιο. Στην Νάξο καλλιεργούνται 1.500 έως 1.700 στρέμματα φθινοπωρινή και περίπου 3.000 στρέμματα ανοιξιάτικη πατάτα κυρίως σε ορεινές-ημιορεινές περιοχές, ανάλογα με την καλλιεργητική περίοδο. Κύριες ποικιλίες στις ορεινές περιοχές είναι η Sprunda, η Agria και η Melody.

Οι ζημιές στις πατάτες που καλύπτονται ασφαλιστικά από τον ΕΛ.Γ.Α είναι από παγετό, χαλάζι, ανεμοθύελλα, πλημμύρα, θάλασσα και βροχοπτώση. Οι ζημιές καλύπτονται σε όλα τα βλαστικά στάδια της πατάτας εκτός από το στάδιο της φύτευσης- φυτρώματος. Στις ορεινές περιοχές λόγω χαμηλών θερμοκρασιών έχουμε μια καλλιέργεια πατάτας, την καλοκαιρινή, εκτός από το οροπέδιο του Λασιθίου και την Νάξο που έχουμε φθινοπωρινή καλλιέργεια και οι ζημιές οφείλονται κυρίως σε χαλάζια και βροχοπτώσεις. Σπάνιες είναι οι ζημιές από παγετούς αν οι πατάτες έχουν φυτευτεί νωρίς και οι παγετοί είναι όψιμοι και από ανεμοθύελλα. Από τον χάρτη των αποζημιώσεων παρατηρούμε ότι μεγάλες ζημιές σε ορεινές πατάτες έχουμε κυρίως στα διαμερίσματα Κ. Νευροκοπίου, Περιθωρίου, Δασάτου, Κ. Βροντού και στην Χρυσοβίτσα. Μεγάλο πρόβλημα έχουμε στο στάδιο από τη φύτευση μέχρι το φύτευμα όπου, οι έντονες βροχοπτώσεις και η αυξημένη υγρασία, μπορεί να οδηγήσουν σε σαπίσματα και επανασπορά των χωραφιών. Πολλές φορές λόγω παρατεταμένων βροχοπτώσεων δεν μπορούν να φυτευτούν τα χωράφια. Οι ζημιές αυτές δεν καλύπτονται ασφαλιστικά από τον ΕΛΓΑ.

Ε) Φασόλια

Τα φασόλια αποτελούν μια παραδοσιακή καλλιέργεια των ορεινών περιοχών. Καλλιεργούνται από το τέλος του 17^{ου} αιώνα στις περιοχές Καστοριάς και Πρεσπών, ενώ στην περιοχή του Φενεού καλλιεργούνται συστηματικά από τα τέλη του 19ου αιώνα. Οι

προοπτικές σήμερα είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη της καλλιέργειας λόγω οικονομικής κρίσης και λόγω της στροφής προς την υγιεινή διατροφή. Σήμερα στην Ελλάδα κυριαρχούν τα εισαγόμενα όσπρια και η Ελληνική παραγωγή παραμένει ελλειμματική επειδή, στις δεκαετίες 60-70 οι Έλληνες παραγωγοί στράφηκαν σε μαζικές καλλιέργειες, όπως σιτάρι και βαμβάκι. Το κόστος παραγωγής είναι υψηλό ειδικά στις ορεινές περιοχές που οι εκτάσεις είναι διάσπαρτες και ο κλήρος μικρός. Γι αυτό τον λόγο τα Ελληνικά φασόλια είναι πιο ακριβά. Μεγάλο πρόβλημα έχουμε με την νοθεία και τις παράνομες «Ελληνοποιήσεις» γιατί διακινούνται πολλές ποσότητες χύμα. Τελευταία γίνονται προσπάθειες τυποποίησης και πιστοποίησης και έχουμε αναστροφή του κλίματος.

Στην Ελλάδα σήμερα καλλιεργούνται 95.000 στρέμματα συνολικά. Η καλλιέργεια εντοπίζεται στην Φλώρινα, Καστοριά και Καβάλα. Στην Καστοριά καλλιεργούνται 5.000 στρέμματα ορεινά και ημιορεινά. Αντίστοιχα στην περιοχή των Πρεσπών καλλιεργούνται 6.000 στρέμματα. Άλλες ορεινές περιοχές είναι το οροπέδιο του Φενεού με 2.500 στρέμματα περίπου, η Άνω Βροντού Σερρών με 1000 στρέμματα, η Ορεινή Σερρών, Σισάνη Κοζάνης κ.α. Είναι δύσκολο να υπολογιστεί το σύνολο των φασολιών σε ορεινές περιοχές λόγω μικρού και κατακεραματισμένου κλήρου στις διάφορες ορεινές περιοχές και γιατί ο αριθμός των στρεμμάτων ποικίλει από χρονιά σε χρονιά.

Τα φασόλια Καστοριάς-Πρεσπών (και συγκεκριμένα οι ποικιλίες Γίγαντες-Ελέφαντες Καστοριάς, Γίγαντες-Ελέφαντες Πρεσπών και τα πλακέ μεγαλόσπερμα Πρεσπών) είναι αναγνωρισμένα ως προϊόντα προστατευμένης γεωγραφικής ένδειξης (Π.Γ.Ε), το ίδιο και τα φασόλια βανίλιες Φενεού. Τα φασόλια των ορεινών περιοχών είναι ποιοτικότερα των αντίστοιχων πεδινών και όπως έδειξε έρευνα του πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τα φασόλια της Α. Βροντούς και Ορεινής Σερρών έχουν αντιοξειδωτικές ουσίες, ευεργετικές για την αντικαρκινική τους δράση.

Οι ζημιές στα φασόλια που καλύπτονται ασφαλιστικά από τον ΕΛ.Γ.Α είναι κυρίως από χαλάζι, καύσωνα, πλημμύρες (στις παραλίμιες περιοχές), βροχοπτώσεις, και πιο σπάνια από παγετό, ανεμοθύελλα. Όπως δείχνει ο χάρτης των αποζημιώσεων τις περισσότερες ζημιές έχουμε στην περιοχή Πρεσπών-Καστοριάς που είναι πιο συγκεντρωμένη η καλλιέργεια, αλλά και στις άλλες ορεινές περιοχές οι ζημιές είναι οι ίδιες. Οι μέσες παραγωγές για την περιοχή Καστοριάς-Πρεσπών είναι για τους γίγαντες 300-350 Kg/στρ. και τα πλακέ 280 Kg/στρ. Στις Πρέσπες, που υπάρχει πρόβλημα με την έλλειψη καλλιεργήσιμης γης, γίνεται προσπάθεια να αλλάξει το σύστημα άρδευσης (από κατάκλιση σε στάγδην) ώστε να αυξηθεί η παραγωγή.

Εκτός από το χαλάζι που έχουμε ζημιές στους καρπούς και στην φυλλική επιφάνεια, από χτυπήματα και καρατομήσεις, οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες, που με την κλιματική αλλαγή κάνουν την εμφάνισή τους και στις ορεινές περιοχές, αν συνδυαστούν με έλλειψη υγρασίας στο έδαφος, μπορεί να προκαλέσουν ατελή γονιμοποίηση με αποτέλεσμα φτωχή ανάπτυξη των σπόρων και παραμορφωμένους λοβούς. Προβλήματα με παγετούς έχουμε κυρίως κατά την περίοδο ωρίμανσης των λοβών το φθινόπωρο, αν έχουμε νωρίς χαμηλές θερμοκρασίες που μπορεί να εμποδίσουν την κανονική ανάπτυξη των σπόρων, με αποτέλεσμα κενούς λοβούς ακατάλληλους για βιομηχανική επεξεργασία. Οι βροχοπτώσεις και η μεγάλη σχετική υγρασία μπορεί να προκαλέσουν ανθόρροια ή μαύρισμα των λοβών. Τέλος από ανεμοθύελλα έχουμε μηχανικές ζημιές (πτώση υποστήλωσης, γδαρσίματα) και ζημιές από θερμό ξηρό αέρα.

Αν και το φασόλι είναι υγρόφιλο φυτό και οι ιδανικές θερμοκρασίες για την καλλιέργεια είναι από 17° C έως 25° C, ενώ σε θερμοκρασίες μικρότερες του 10 ° C αναστέλλεται η ανάπτυξη του, υπάρχει διαφορά ως προς την ευπάθειά των ποικιλιών της φασολιάς στις ακραίες συνθήκες του περιβάλλοντος.

ΣΤ) Καρύδια

Η καρυδιά (*Juglans Regia L.*) είναι ένα σημαντικότατο ενδημικό δενδροκομικό είδος που ευδοκίμει άριστα στις κλιματολογικές συνθήκες της χώρας μας.

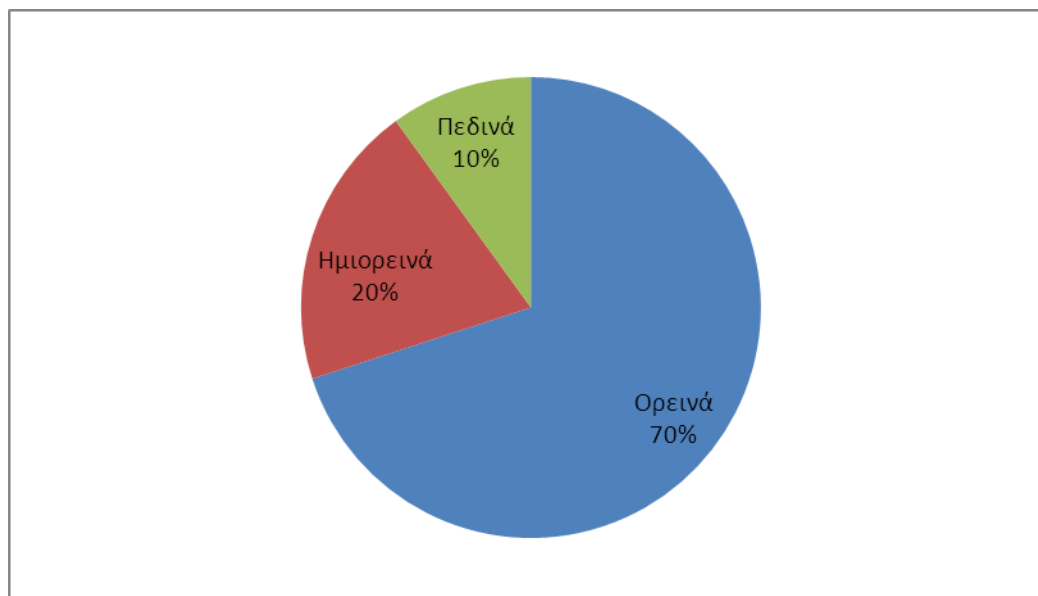
Αν και η καλλιέργεια της καρυδιάς είχε απαξιωθεί στο πέρασμα των χρόνων, (ανεμβολίαστα δένδρα, διάσπαρτα ή σε συστάδες παλαιότερα, υπερβολική υλοτόμηση, μικρές εκμεταλλεύσεις, λαθεμένη επιλογή ποικιλιών, κ.ά.), τα τελευταία χρόνια επιστρέφει δυναμικά στο προσκήνιο, με νέες πλαγιόκαρπες ποικιλίες με υψηλή παραγωγικότητα και πολύ καλή ποιότητα καρπού, με αποτέλεσμα οι προοπτικές για την περαιτέρω ανάπτυξη της να είναι πολύ ευνοϊκές, μιας και η Ε.Ε. είναι ελλειμματική σε καρύδια και ειδικά σε καρύδια καλής ποιότητας και χρειάζονται εισαγωγές της τάξεως των 150.000 τόνων περίπου, τις οποίες καλύπτει σε μεγάλο ποσοστό από χώρες με καρύδια που ποιοτικά είναι μέτρια έως απαράδεκτα (ταγγισμένα).

Στην Ελλάδα σήμερα σύμφωνα με τα στοιχεία του ΥΠΑΑΤ καλλιεργούνται περίπου 700.000 στρέμματα με παραγωγή περίπου τους 25.000 τόνους (μέση απόδοση 200-400 Kg/στρ). Ένα μεγάλο ποσοστό των δένδρων (46%) είναι διάσπαρτα και όχι σε συστηματικούς δενδρώνες.

Οι αποζημιώσεις από τον ΕΛ.Γ.Α στα καρύδια δεν είναι μεγάλες γιατί η καλλιέργεια είχε απαξιωθεί, οι συστηματικοί καρυδεώνες είναι λίγοι και πολλοί δεν είναι ασφαλισμένοι. Έχουμε όμως σημαντικές ζημιές που καλύπτονται ασφαλιστικά από τον ΕΛ.Γ.Α και αφορούν κυρίως τους ανοιξιάτικους παγετούς. Η καρυδιά είναι πολύ ευαίσθητη και με -1°C παγώνει και καίγεται η επάκρια βλάστηση. Στα δυνατά δένδρα αναβλαστάνει χωρίς την παραγωγή καρύδιων.

Ζημιές έχουμε και από χαλάζι, ανεμοθύελλα, ενώ με την κλιματική αλλαγή ζημιές θα έχουμε και από τις διαρκείς και υψηλές θερινές θερμοκρασίες μιας και η καρυδιά είναι ευαίσθητη σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 38°C και με την παράλληλη έλλειψη άρδευσης, κατά την ανάπτυξη του ενδοσπερμίου προκαλεί συρρίκνωση, μαύρισμα ψίχας, υποβάθμιση ποιότητας ή εγκαύματα και αναστολή γεμίσματος του καρπού.

Τον Χειμώνα όταν τα δένδρα βρίσκονται σε λήθαργο, μπορεί να ανεχθούν θερμοκρασίες -9 έως -11°C . Στις πιο χαμηλές θερμοκρασίες έχουμε ζημιές στο φυτικό κεφάλαιο που δεν καλύπτονται ασφαλιστικά από τον ΕΛ.Γ.Α. Νεαρά δένδρα με διάμετρο κορμού 10-15 εκ., μπορεί να νεκρωθούν, όταν παρατηρηθεί απότομη πτώση της θερμοκρασίας ως $-9,5^{\circ}\text{C}$.



Εικόνα 53. Η καλλιέργεια Καρυδιών σε Ορεινές, Ημιορεινές και Πεδινές περιοχές

Το ποσοστό χειμερινού ψύχους που χρειάζεται ένα δένδρο καρυδιάς για να διακόψει τη ληθαργική του περίοδο (εαρινοποίηση), κυμαίνεται από 700 έως 1500 ώρες ψύχους 7°C ή κάτω από 7°C. Αν δεν ικανοποιηθούν οι ανάγκες σε ψύχος, παρατηρείται καθυστέρηση στην έκπτυξη των οφθαλμών, χαμηλή παραγωγή και ξηράνσεις κλάδων. Η Καρυδιά αναπτύσσεται σε ποικιλία εδαφών από τα αμμοπηλώδη μέχρι τα αργιλώδη ΡΗ 5-8,2.

Η Καρυδιά (*Juglans Regia* L.) αποτελεί την καλλιέργεια με την μεγαλύτερη κατανομή στον Ελλαδικό ορεινό όγκο σε σχέση με όλες τις άλλες καλλιέργειες.

Σήμερα στην Ελλάδα το 70% καλλιεργείται σε ορεινές περιοχές (> 500m), το 20% σε ημιορεινές (200-500m) και το 10% σε πεδινές. Κύριοι νομοί παραγωγής είναι οι, Αρκαδίας, Αχαΐας, Λακωνίας, Κορινθίας, Άρτας και Ευρυτανίας.

Μεγάλο πλεονέκτημα των κλιματικών και εδαφικών συνθηκών των ορεινών και ημιορεινών περιοχών είναι η πολύ υψηλή ποιότητα των παραγόμενων καρυδιών (γεύση, άρωμα, λευκός χρωματισμός της ψίχας) αρκεί να γίνει στοχευμένη εγκατάσταση ποικιλιών, που να μπορούν να αξιοποιήσουν στο μέγιστο το κλίμα των περιοχών αυτών.

Στις ορεινές περιοχές θα πρέπει να επιλέγονται τοποθεσίες απαλλαγμένες από παγετούς ή να χρησιμοποιούνται όψιμες ποικιλίες που βλαστάνουν μετά την παρέλευση των παγετών. Τέτοιες ποικιλίες είναι η Chandler με παγετό αργότερα από τις 12/4, η Fernor και η Franquette που είναι κατάλληλες και για πολύ ορεινές περιοχές και η Lara με παγετό αργότερα από τις 15/4.

Η ανάπτυξη της καλλιέργειας καρυδιών θα βοηθήσει στην αξιοποίηση ορεινών περιοχών μιας και αποτελεί μια πολύ καλή εναλλακτική λύση για αυτές. Ακόμη στις ορεινές περιοχές ευνοείται η βιολογική καλλιέργεια της καρυδιάς.

Ζ) Άλλες καλλιέργειες

Άλλες καλλιέργειες που απασχολούν ασφαλιστικά τον ΕΛ.Γ.Α στις ορεινές περιοχές είναι, τα αχλάδια, τα χειμερινά σιτηρά, τα κτηνοτροφικά φυτά, ενώ τελευταία αναπτύσσονται και άλλες εναλλακτικές καλλιέργειες όπως κράνα, αρωματικά φυτά, φρούτα του δάσους κ.α. Η καστανιά που είναι μια παραδοσιακή καλλιέργεια των ορεινών περιοχών, που είχε και αυτή απαξιωθεί και επιστρέφει δυναμικά στο προσκήνιο, δεν απασχολεί ασφαλιστικά τον ΕΛ.Γ.Α γιατί ανθίζει όψιμα και δεν παθαίνει ζημιές από παγετό, ενώ και οι ζημιές από χαλάζι είναι σπάνιες, λόγω του σκληρού κελύφους που έχουν τα κάστανα. Στα αχλάδια και στα υπόλοιπα μηλοειδή οι ζημιές είναι παρόμοιες με αυτές των μήλων.

Στα χειμερινά σιτηρά που καλλιεργούνται σε όλη την Ελλάδα, σε γόνιμα και άγονα εδάφη και σε υψόμετρο μέχρι 1400 μέτρων, οι ζημιές οφείλονται κυρίως σε παγετό και σε χαλάζι. Από παγετό οι ζημιές διακρίνονται σε μηχανικές όταν παγώσει το νερό που βρίσκεται στο έδαφος και φυσιολογικές όπου τα πράσινα μέρη των σιτηρών αποκτούν βαθυπράσινο, σκούρο λαδωμένο χρώμα, μαραίνονται και ξηραίνονται. Τα σιτηρά έχουν τη μικρότερη αντοχή στον παγετό αμέσως μετά το φύτερωμα και μέχρι να σχηματισθεί ο σταυρός και το μόνιμο ριζικό σύστημα, γίνονται ανθεκτικότερα στο στάδιο του αδελφώματος και παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ευαισθησία μετά το αδελφωμα, στο στάδιο της ανάπτυξης του κεντρικού στελέχους-καλαμώματος. Από χαλάζι δεν έχουμε σημαντικές ζημιές στα πρώτα στάδια από το φύτερωμα γιατί τα σιτηρά έχουν μεγάλη ικανότητα φωτοσύνθεσης και αναπληρώνουν την ζημιά. Σημαντικές ζημιές έχουμε από το στάδιο της ανάπτυξης του κεντρικού στελέχους-καλαμώματος μέχρι και τα στάδια της φυσιολογικής και φυσικής ωρίμανσης.

Τέλος θα αναφερθούμε στην τομάτα που αν και είναι λαχανικό των θερμών πεδινών περιοχών καλλιεργείται και σε ορεινές περιοχές (Καστοριά, Κορινθία) και εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να εξαπλωθεί η καλλιέργεια της στις ορεινές περιοχές. Η τομάτα δεν δίνει ικανοποιητικά όταν οι ημερήσιες θερμοκρασίες, ξεπερνούν τους 35° C ή οι νυκτερινές θερμοκρασίες παραμένουν πάνω από τους 21° C. Οι θερμοκρασίες αυτές είναι συνήθεις για τις πεδινές περιοχές και σπάνιες για τις ορεινές περιοχές. Όμως η τομάτα

είναι πολύ ευαίσθητη και στο κρύο μιας και οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (κοντά στους 0° C) και οι παγετοί την καταστρέφουν ή της προξενούν σημαντικές ζημιές. Στις ορεινές περιοχές, όπου έχει κρύο ως αργά τον Απρίλιο, αλλά και δεν υποφέρουν από λίβα, η φύτευση μπορεί να γίνει τον Μάιο έως τα μέσα Ιουνίου το αργότερο, για να αποφύγουμε τους παγετούς που γίνονται νωρίς στις ορεινές περιοχές τέλη Οκτωβρίου.

Αποζημιώσεις σε ορεινά δημοτικά διαμερίσματα.

Τελειώνοντας θα αναφερθούμε στις αποζημιώσεις από τον ΕΛ.Γ.Α στα σημαντικότερα ορεινά δημοτικά διαμερίσματα. Ο δείκτης ανταποδοτικότητας (οι αποζημιώσεις προς την ασφαλιστική εισφορά), σύμφωνα με δικά μας στοιχεία, είναι ισοσκελισμένος εκτός λίγων περιπτώσεων που οφείλονται κυρίως σε παγετούς ανοίξεως και έντονες χαλαζοπτώσεις.

Πίνακας 15. Αποζημιώσεις από τον ΕΛ.Γ.Α στα σημαντικότερα ορεινά δημοτικά διαμερίσματα

Δημ.Διαμ	Π. Ενότητα	Υψο μ	Πληθυσ μ	ΕΛ.ΓΑ (99_2010)	ΕΛ.Γ.Α_2011	ΕΛ.Γ.Α_2012
Ζαγορά	Μαγνησίας	487	2582	13.236.219 €	0 €	184.200,5€
Πουρίου	Μαγνησίας	387	584	3.196.087 €	0 €	2187,73 €
Κ.Νευροκοπίου	Δράμας	560	2072	3945314 €	36949,95 €	206468,8 €
Κ.Βροντού	Δράμας	650	528	3006329 €	647,46 €	121280,9 €
Α.Βροντού	Σερρών	1060	452	3444758 €	0 €	144448,9 €
Δεσκάτης	Γρεβενών	866	4187	1119433 €	21014,76 €	22182,21 €
Πύργοι	Κοζάνης	700	886	9151544 €	26424,43 €	230799,3 €
Ροδοχώρι	Ημαθίας	554	593	7408687 €	244724,8 €	493075,6 €
Παναγίτσα	Εδεσσας	736	1079	10665983 €	1218403 €	734328,1 €
Μεσόβουνο	Κοζάνης	840	515	2448960 €	20059,13 €	197744,8 €
Νεστόριο	Καστοριάς	909	1214	151918,4 €	0 €	58436,4 €
Μακροχώρι	Καστοριάς	930	214	196179,4 €	771,2 €	41248,67 €
Αγ. Αχίλειος	Φλώρινας	879	144	432496,3 €	0 €	92368,27 €
Αγ.Γερμανός	Φλώρινας	1040	231	637763,6 €	0 €	17732,06 €
Στιμιάγκας	Κορινθίας	520	1068	15044164 €	209651,2 €	621473,4 €

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II : Ενεργητική Προστασία Καλλιέργειών

Ενεργητική προστασία είναι οι προληπτικές δράσεις, η χρησιμοποίηση τεχνολογικών μέσων και η εφαρμογή προγραμμάτων τροποποίησης καιρού, που αποσκοπούν στην μείωση των συνεπειών στην παραγωγή των καλλιεργειών από δυσμενή κλιματολογικά φαινόμενα (παγετό, χαλάζι, βροχόπτωση) Ν (2342/1995).

Για την προστασία από παγετό ο ΕΛ.Γ.Α χρησιμοποιεί αντιπαγετικούς ανεμιστήρες και συστήματα τεχνητής ομίχλης, για την προστασία από χαλάζι αεροπλάνα σποράς των χαλαζοφόρων νεφών, αντιχαλαζικά κανόνια ηχοβολής και αντιχαλαζικά δίχτυα και για την προστασία από την βροχόπτωση αντιβροχικές μεμβράνες.

Η ενεργητική προστασία εφαρμόζεται στις καλλιέργειες εσπεριδοειδών, πυρηνόκαρπα, μηλοειδή, ακτινίδια, αμπέλια, κεράσια, μήλα και ρόδια.

Στις ορεινές περιοχές κυρίως χρησιμοποιούμε αντιχαλαζικά δίχτυα στα αμπέλια, στα μήλα, στα αχλάδια και στα κεράσια και αντιβροχικές μεμβράνες στα κεράσια και στα αμπέλια. Θα πρέπει να επεκταθεί το πρόγραμμα αντιχαλαζικής και αντιβροχικής προστασίας στις ορεινές περιοχές μιας και έχουμε έντονες χαλαζοπτώσεις. Στόχος της αντιχαλαζικής και αντιβροχικής προστασίας είναι η προστασία του φυτικού κεφαλαίου και της παραγωγής των καρποφόρων δένδρων και θάμνων από τον κίνδυνο της χαλαζοπτώσης και της βροχής καθώς και η διασφάλιση της ποιότητας εξαγωγίμων προϊόντων, των οποίων οι εξαγωγές ενισχύουν την αγροτική οικονομία της χώρας και κατ' επέκταση την εθνική οικονομία.

Το αντιχαλαζικό δίχτυ είναι ένα μέσο προστασίας των καλλιεργειών από το χαλάζι. Τα τελευταία χρόνια η χρησιμοποίησή του έχει εξαπλωθεί σημαντικά τόσο παγκόσμια (π.χ Ιταλία, Γαλλία, Γερμανία, Ελβετία, Αργεντινή κ.λ.π) όσο και στην χώρα μας. Εκτός από την προστασία από το χαλάζι διαπιστώθηκε ότι, το αντιχαλαζικό δίχτυ προστατεύει τις καλλιεργείες από τους δυνατούς ανέμους και τον καύσωνα (με εμφανή αποτελέσματα μείωσης των απαιτήσεων σε νερό και στα ηλιοεγκαύματα), ενώ σημαντική είναι η ποιοτική βελτίωση της παραγωγής, γεγονός που αποδίδεται στη μερική σκίαση που προσφέρει το δίχτυ.

Σε ότι αφορά στη χρήση της αντιβροχικής μεμβράνης στην καλλιέργεια της κερασιάς παρατηρήθηκαν πολύ χαμηλά ποσοστά σχισίματος των καρπών στα υπό κάλυψη δένδρα, σε σχέση με ασκέπαστα όμορα αγροτεμάχια. Δεν παρατηρήθηκε καμιά αρνητική επίδραση στην αύξηση, ανάπτυξη, απόδοση, ποιότητα των καρπών και στην ευπάθεια στους σημαντικότερους εχθρούς και ασθένειες.