

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΥΠΩΝ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ  
ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ  
SENTINEL ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ SVM

---

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΑΝΤΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
ΒΑΣΙΛΑΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:  
ΚΑΒΡΟΥΔΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ  
ΣΟΥΛΑΚΕΛΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2020

## Περιεχόμενα

Ευρετήριο Εικόνων.....	3
Ευρετήριο Πινάκων και Διαγραμμάτων.....	4
Περίληψη.....	5
Abstract .....	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	7
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Στόχοι της εργασίας.....	8
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....	9
2.1 Τηλεπισκόπηση .....	9
2.1.1 Ιστορική αναδρομή .....	9
2.1.2 Ορισμός Τηλεπισκόπησης.....	11
2.1.3 Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης .....	11
2.2 Sentinel.....	13
2.2.1 Ιστορική αναδρομή της οικογένειας Sentinel .....	13
2.2.2 Ιστορία των δορυφόρων Sentinel – 2 .....	14
2.2.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά των δορυφόρων Sentinel – 2.....	14
2.2.4 Προϊόντα Αποστολής.....	16
2.3 Εδαφοκάλυψη.....	17
2.4 Τεχνητή Νοημοσύνη.....	19
2.4.1 Ορισμός .....	19
2.4.2 Ιστορία της Τεχνητής Νοημοσύνης .....	20
2.4.3 Τομείς της τεχνητής Νοημοσύνης .....	22
2.4.4 Εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης .....	22
2.5 Μηχανική μάθηση.....	23
2.6 Διανυσματικές μηχανές μάθησης – Support Vector Machines .....	25
2.6.1 Ορισμός .....	25
2.6.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μηχανών διανυσμάτων υποστήριξης –SVM	28
2.6.3 <b>Εφαρμογές των μηχανών διανυσμάτων υποστήριξης –SVM στην τηλεπισκόπηση.....</b>	<b>28</b>
3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	31
3.1 Περιοχή μελέτης.....	31
.....	32

3.2	Δεδομένα.....	33
3.3	Επεξεργασία εικόνων .....	34
3.4	Επιλογή τύπων εδαφοκάλυψης .....	37
3.5	Δημιουργία σημείων ανά τάξη .....	40
3.6	Εφαρμογή της SVM .....	43
	.....	45
4.	ΑΠΟΤΕΣΜΑΤΑ.....	46
4.1	Επεξήγηση διαγραμμάτων των μοντέλων .....	46
4.2	Αποτελέσματα ταξινόμησης.....	63
	.....	68
4.3	Θεματικός χάρτης εδαφοκάλυψης .....	69
4.4	Σύγκριση αποτελεσμάτων χάρτη με την δορυφορική εικόνα και το υπόβαθρο του Google Basemap .....	71
5.	Συμπεράσματα - Συζήτηση.....	80
6.	Βιβλιογραφία.....	81

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Δορυφόρος σε τροχιά γύρω από την ΓΗ .....	9
Εικόνα 2:Επικάλυψη τροχιάς του δορυφόρου SENTINEL .....	14
Εικόνα 3: Δορυφόρος SENTINEL.....	15
Εικόνα 4: Απεικόνιση Εδαφοκάλυψης .....	17
Εικόνα 5: Τεχνητή Νοημοσύνη.....	19
Εικόνα 6: Μηχανική Μάθηση.....	23
Εικόνα 7 Μέγιστο όριο υπερεπιπέδου ενός SVM ταξινομητή για 2 κλάσεις .....	25
Εικόνα 8: Μέγιστο όριο υπερεπιπέδου ενός SVM ταξινομητή για 2 κλάσεις και η χρήση των χαλαρών μεταβλητών .....	26
Εικόνα 9:Μεταβολή χώρου εισόδου σε Hilbert space.....	27
Εικόνα 10: Περιοχή Μελέτης.....	32
Εικόνα 11:Αρχική δορυφορική εικόνα .....	33
Εικόνα 12: Εικόνα περιοχής μελέτης .....	35
Εικόνα 13: Χάρτης Εδαφοκάλυψης Νήσου Λέσβου .....	39
Εικόνα 14: Χάρτης πολυγώνων κατηγοριών .....	41
Εικόνα 15 : Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Ελαιώνες .....	47
Εικόνα 16: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης -Ελαιώνες.....	47
Εικόνα 17:Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Δρυς.....	48
Εικόνα 18: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Δρυς.....	48
Εικόνα 19: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Φρυγανότοπος .....	49
Εικόνα 20: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Φρυγανότοπος .....	50
Εικόνα 21 : Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Δομημένες Εκτάσεις .....	51
Εικόνα 22: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Δομημένες Εκτάσεις .....	51
Εικόνα 23: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Τραχεία Πεύκη.....	52
Εικόνα 24: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Τραχεία Πεύκη.....	52
Εικόνα 25: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Καστανιώνας.....	53
Εικόνα 26: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Καστανιώνας .....	53
Εικόνα 27: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Μαύρη Πεύκη.....	54
Εικόνα 28: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Μαύρη Πεύκη.....	55
Εικόνα 29: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Αείφυλλά Σκληρόφυλλα... ..	56
Εικόνα 30: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Αείφυλλά Σκληρόφυλλα.....	56
Εικόνα 31: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Γυμνό Έδαφος.....	57
Εικόνα 32: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Γυμνό Έδαφος.....	57
Εικόνα 33: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Χορτολιβαδικές Εκτάσεις .	58
Εικόνα 34: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Χορτολιβαδικές Εκτάσεις .....	58
Εικόνα 35: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Λοιπά Πλατύφυλλα .....	59
Εικόνα 36: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Λοιπά Πλατύφυλλα .....	60
Εικόνα 37: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Καλλιέργειες .....	61
Εικόνα 38: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Καλλιέργειες.....	61
Εικόνα 39: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Υδάτινες Επιφάνειες.....	62
Εικόνα 40:Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Υδάτινες Επιφάνειες.....	62
Εικόνα 41: Confusion Matrix .....	66
Εικόνα 42: Θεματικός Χάρτης .....	70

Εικόνα 43: Χάρτης σύγκρισης ταξινομημένης εικόνας , δορυφορικής εικόνας και Google Basemap – Περιοχή Δάσους Πεύκης Ολύμπου .....	72
Εικόνα 44: Χάρτης σύγκρισης ταξινομημένης εικόνας , δορυφορικής εικόνας και Google Basemap – Περιοχή Χωριό Φτέλι.....	74
Εικόνα 45: Χάρτης σύγκρισης ταξινομημένης εικόνας , δορυφορικής εικόνας και Google Basemap – Περιοχή Καλλονής - Αλυκές.....	76
Εικόνα 46: Χάρτης σύγκρισης ταξινομημένης εικόνας , δορυφορικής εικόνας και Google Basemap – Περιοχή Αποθήκες.....	77
Εικόνα 47: Χάρτης σύγκρισης ταξινομημένης εικόνας , δορυφορικής εικόνας και Google Basemap – Περιοχή Άκρα Φέρος - Χωριό Τσόνια.....	79

## **Ευρετήριο Πινάκων και Διαγραμμάτων**

Πίνακας 1: Κανάλια Sentinel - 2 .....	15
Πίνακας 2: Κανάλια SENTINEL - 2.....	35
Πίνακας 3: Κατηγορίες Εδαφοκάλυψης.....	42
Πίνακας 4: Πίνακας Ακρίβειας Χρήστη και Ακρίβειας Ταξινομητή.....	67
Πίνακας 5: Διάγραμμα Παραμέτρου C.....	68
Πίνακας 6: Διάγραμμά Παραμέτρου $\gamma$ .....	68

## Περίληψη

Τα υλικά τα οποία καλύπτουν την επιφάνεια της γης, από της απαρχές της ανθρώπινης ύπαρξης είχαν καθοριστικό ρόλο για την επιβίωση του ίδιου του ανθρώπου, την ανάπτυξη της κοινωνίας και την άνθιση των πολιτισμών. Η κάλυψη των διαφόρων υλικών ορίζεται από την επιστημονική κοινότητα ως εδαφοκάλυψη και οι κατηγορίες ή οι τύποι εδαφοκάλυψης έχουν οριστεί και αποτελούν ένα κοινό σύστημα ταξινόμησης των τύπων εδαφοκάλυψης των διάφορων περιοχών ανά τον κόσμο.

Όσον αφορά την ανάλυση των δορυφορικών εικόνων, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως υψίστης σημασίας καθώς μας επιτρέπει την άντληση πολλών πληροφοριών. Στην τηλεπισκόπηση, έναν κλάδο που εφαρμόζεται σε τομείς όπως η γεωργία, η δασοπονία, η παρακολούθηση του οικιστικού ιστού, η ρομποτική πλοήγηση και πολλά άλλα, έχει καίριο ρόλο. Ακόμα η εξέλιξη της τεχνολογίας μας επιτρέπει πλέον να έχουμε εικόνες υψηλής χωρικής, χρονικής, ραδιομετρικής και φασματικής ικανότητας, που μας βοηθούν στην παραγωγή υψηλής ποιότητας δεδομένων.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιείται ταξινόμηση των τύπων εδαφοκάλυψης της νήσου Λέσβου με την χρήση μηχανών διανυσματικής υποστήριξης. Η ταξινόμηση θα γίνει με βάση την ανάλυση πολυφασματικών διαχρονικών δορυφορικών εικόνων Sentinel – 2 . Η ταξινόμηση έγινε χρήση της μεθόδου SVM. Η SVM είναι αλγόριθμός εκμάθησης και εντάσσεται στην μηχανική εκμάθηση. Τα τελευταία χρόνια εξελίσσεται ταχέως και έχει ευρεία χρήση σε διάφορους τομείς. Σημαντική είναι η συμβολή της στην τηλεπισκόπηση. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι μία μη παραμετρική στατιστική προσέγγιση κατηγοριοποίησης επιβλεπόμενων ταξινομήσεων και επίλυσης προβλημάτων παλινδρόμησης.

Η δομή της εργασίας θα αποτελείται από το Κεφάλαιο 1 που θα είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση και θα αναπτύσσει θέματα όπως η τηλεπισκόπηση, η τεχνητή νοημοσύνη, η μηχανική μάθηση, τις μηχανές διανυσματικής μάθησης, τις διάφορες εφαρμογές της SVM και άλλα σχετικά ζητήματα. Ακόμα θα γίνει αναφορά στην σημασία της χαρτογράφησης της εδαφοκάλυψης και τις εφαρμογές των μηχανών μάθησης για την ακριβή αποτύπωση της. Το κεφάλαιο 2 θα αναφερθεί στην περιοχή μελέτης και την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Τέλος, στο Κεφάλαιο 3 θα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, ενώ θα γίνει εξαγωγή συμπερασμάτων και συζήτηση σχετική με το θέμα.

Λέξεις κλειδιά: Τηλεπισκόπηση, SVMs – Μηχανές Διανυσματικής Υποστήριξης, Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση, Διαχρονικές εικόνες, Τύποι Εδαφοκάλυψης, SENTINEL – 2

## Abstract

The materials which cover the surface of the Earth, from the beginning of humanity existence they had a pivotal role for the survival of human, the development of society and the flourishing of cultures. The cover of different materials defined from the scientist society as land cover and the categories or types of land cover have defined and have comprised a common system of land cover types classification for areas all over the world.

Concerning the analysis of satellite images, she could characteristic as mission critical because the analysis allows the mining of multiple information's. At remote sensing, a field which has many applies in multiple sectors like agriculture, forestry, monitoring of residential tissue, robotic navigation and much more, has a crucial role. Still, the development of technology now allows us to have high spatial, temporal, radiometric and spectral images that help us produce high quality data.

In this thesis, the types of land cover of the island of Lesvos are classified using support vector machines. The classification will be based on the analysis of Sentinel - 2 multispectral longitudinal satellite images. The classification was made using the SVM method. SVM is a learning algorithm and integrates with mechanical learning. In recent years it has been evolving rapidly and has been widely used in various fields. The SVMs algorithm contribution to remote sensing is significant. This method is a non-parametric statistical approach to categorizing supervised classifications and solving regression problems.

The structure of the document will consist of Chapter 1 which will be the bibliographic review and will cover topics such as remote sensing, artificial intelligence, machine learning, support vector learning machines, SVM applications and other related issues. Reference will also be made to the importance of soil cover mapping and the applications of learning machines for accurate mapping. Chapter 2 will refer to the study area and the methodology used to derive the results. Finally, Chapter 3 will present the results, with conclusions and discussion on the topic.

Key words: Remote Sensing, Support Vector Machines, Supervised classification, Intertemporal images, Land Cover, Sentinel – 2

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Γενικά

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών έχει σημαντική επίδραση στην τηλεπισκόπηση και στην δημιουργία νέων δορυφόρων μεγάλης και μικρής χωρικής διακριτικής ικανότητας. Το εύρος αυτό επιτρέπει την χαρτογράφηση των καλύψεων γης και των χρήσεων γης με αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση και τον σχεδιασμό (Rogan et. al, 2003). Σύμφωνα με τον Huang et. al, 2002, τα δεδομένα της εδαφοκάλυψη έχουν αναγνωριστεί ως καθοριστικά για την μελέτη των παγκοσμίων αλλαγών αλλά και για εφαρμογή διαφόρων περιβαλλοντικών εφαρμογών. Γεγονός είναι ότι η ακρίβεια και ο χρόνος επεξεργασίας για την δημιουργία χαρτών εδαφοκάλυψης αποτελεί ακόμα μια πρόκληση ( (Noi et al, 2017).

Σημαντικό ρόλο σε μελέτες είχε η εφαρμογή διανυσματικών μηχανών μάθησης σε δορυφορικές εικόνες του Ευρωπαϊκού δορυφόρου Sentinel – 2. Οι δορυφόροι Sentinel – 2A και Sentinel – 2B είναι τελευταίας τεχνολογίας δορυφόροι για την παρατήρηση της γης, με πολλές εφαρμογές σε πολλά πεδία της τηλεπισκόπησης όπως η χαρτογράφηση του δομημένου χώρου (Noi et a, 2017).

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ευρεία χρήση της των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την σύγκριση και την εκτίμηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης των δεδομένων (Foody et al, 2004; Camargo et al, 2019; Ge et al, 2019). Μια πληθώρα αλγορίθμων ταξινόμησης έχει αναπτυχθεί από την ημέρα όπου είχαμε την πρώτη δορυφορική εικόνα Landsat το έτος 1970 (Huang et al, 2002). Ακόμα, έχει πραγματοποιηθεί ένας σημαντικός αριθμός μελετών που εστιάζουν στην αποτελεσματικότητα την Μηχανών Διανυσματικής Μάθησης για την ταξινόμηση των τύπων κάλυψης / χρήσης γης ( Yang, 2011; Pal, 2008; Otukey et al, 2009). Η θεωρία τους στηρίζεται στον Vapnik και την ερευνητική του ομάδα, ενώ είναι σχετικά μια νέα τεχνική καθώς η θεωρία της αναπτύχθηκε το 1992 (Cortes et al,1995).



## 1.2 Στόχοι της εργασίας

Αρχικός στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η ταξινόμηση των τύπων εδαφοκάλυψης της νήσου Λέσβου. Για την πραγματοποίηση της ταξινόμησης επιλέχθηκε η χρήση διανυσματικών μηχανών υποστήριξης – SVM, που εντάσσονται στην μηχανική μάθηση και τα τελευταία χρόνια έχει πολλές εφαρμογές στον κλάδο της τηλεπισκόπησης. Έγινε χρήση διαχρονικών δεδομένων Sentinel-2, ώστε να διαπιστωθεί αν προκύπτει καλύτερος διαχωρισμός των διαφόρων τύπων βλάστησης και να παραχθεί ένας θεματικός χάρτης των καλύψεων γης του νησιού. Τα δορυφορικά διαχρονικά πολυφασματικά δεδομένα αξιοποιήθηκαν για την χαρτογράφηση της εδαφοκάλυψης, ενώ αξιολογήθηκαν τα δεδομένα ως προς την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα της ταξινόμησης με βάση τα φασματικά χαρακτηριστικά τους. Τέλος, διεξάχθηκαν συμπεράσματα για την αποδοτικότητα και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων σε σχέση με την μέθοδο διανυσματικών μηχανών υποστήριξης – SVM.

## 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1 Τηλεπισκόπηση



Εικόνα 1: Δορυφόρος σε τροχιά γύρω από την ΓΗ

#### 2.1.1 Ιστορική αναδρομή

Η έναρξη της τηλεπισκόπησης ουσιαστικά ξεκινάει το έτος 1826 με την ανακάλυψη της φωτογραφίας από τον Nicéphore Niépce. Η ανακάλυψη της προήλθε από μια σειρά πειραματισμών που ξεκίνησαν από το 1820 και προέκυψε από την ενασχόληση του με την λιθογραφία και την σταδιακή αντικατάσταση της λιθογραφικής κιμωλίας με το φως για την δημιουργία σχεδίων. Με την πάροδο του χρόνου έγινε ανάπτυξη διαφόρων τύπων φιλμ που επέτρεπαν την καταγραφή φωτογραφιών σε ζώνες που βρίσκονται εκτός του ορατού φάσματος. (Basic Photography in 180 Days, Ramon F. , 2017)

Κατά την διάρκεια του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου Πολέμου ήταν επιτακτική η ανάπτυξη των επιστημών και οι μελέτες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν οδήγησαν σε σημαντικές ανακαλύψεις. Μία εξ αυτών ήταν και η ανακάλυψη των συστημάτων Radar, το έτος 1939. Μάλιστα μέχρι το 1940 δεν ήταν γνωστά και δεν υπήρχαν στα λεξικά η σημασία τους, εκ τότε αποτελούσαν μια ευρέως διαδεδομένη λέξη. Η χρήση τους έγινε για στρατιωτικούς σκοπούς καθώς επέτρεπε την ανίχνευση του στόχου πριν να είναι ορατός, ενώ η λειτουργία τους είναι καλή και το βράδυ ως προς τον εντοπισμό. ( Radar Cross Section, Eugene F. Knott, John F. Shaeffer, Michael T. Tuley, 2004).

Στην συνέχεια λόγω του ψυχρού πολέμου και του ανταγωνισμού που υπήρχε δόθηκε μεγάλη ώθηση στις δορυφορικές έρευνες, ενώ το 1958 δημιουργήθηκε η Αμερικάνικη Αεροναυτική και Διαστημικής Υπηρεσίας NASA ( National Aeronautics and Space Administration). (NASA History Overview, 2018).

Ορόσημο στην τηλεπισκόπηση αποτέλεσε η εκτόξευση του Landsat – 1 το έτος 1972 από την Αμερικάνικη Κυβέρνηση και αποτέλεσε αρωγό στην εδραίωση της τηλεπισκόπησης. Η εκτόξευση μας βοήθησε να κατανοήσουμε την επιφάνεια της Γής και να δώσει ώθηση στην εξέλιξη της τηλεπισκόπησης και την δημιουργία των δορυφόρων. Ακόμα επέτρεψε την μέτρηση της ατμοσφαιρικής χημείας και μοντέλων μέτρησης του παγκόσμιου κλιματικού

συστήματος. Σύμφωνα με τους Goward and Williams, 1997 τα δεδομένα που προήλθαν από τον Landsat παρείχαν από τα σημαντικότερα στοιχεία στην παρατήρηση της Γής και στην ανάπτυξη των επιστημών της Γής. (Landsat: Yesterday, Today, and Tomorrow, Darrel L. Williams, Samuel Goward, and Terry Arvidson, 2006) Τέλος, όσον αφορά τους δορυφόρους Landsat το 1980 εκτοξεύτηκε η δεύτερη γενιά δορυφόρων και συγκεκριμένα ο Landsat TM (Thematic Mapper), (Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση της εικόνας, Σ. Π. Μερτίκας, 2009).

Δύο χρόνια πριν την εκτόξευση του Landsat TM είχαν εκτοξευθεί δορυφόροι που ανήκαν σε αποστολές της Ρωσίας, της Ιαπωνίας η οποία έστειλε τον MOS – 1 και τον MOS – 1b, όπως και η Ινδία που εκτόξευσε τον IRS – 1a και τον IRS – 1b. Τέλος το 1986 σε τροχιά τέθηκε ο ο γαλλικός δορυφόρος SPOT – 1. (Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση της εικόνας, Σ. Π. Μερτίκας, 2009)

Κατά τα τέλη του 1980 και αρχές της δεκαετίας του 90' αναπτύχθηκαν και τα εικονοληπτικά φασματόμετρα. Σύμφωνα με τον Goetz et al., 1985 μας επέτρεψαν την λήψη εικόνων που αποτελούνταν από πολύ κοντινά φασματικά κανάλια μικρού μήκους κύματος. Τέλος μας έδωσαν την δυνατότητα παραγωγής παραδοσιακών χαρτών επιφανειακής κάλυψης αλλά και νέων βασισμένο σε ποσοτικές μετρήσεις των ιδιοτήτων της επιφάνειας της Γής. (The Spectral Image Processing System (SIPS) Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data, F. A. Kruse, \*t A. B. Lefkoff,\* J. W. Boardman,\* K. B. Heidebrecht,\* A. T. Shapiro, \* P. J. Barloon,\* and A. F. H. Goetz) Ακόμα η NASA τότε ανέπτυξε το εικονοληπτικό φασματόμετρο AVIRIS (Airborne Visible / Infrared Imaging Spectrometer), το οποίο αποκτούσε δεδομένα από 224 φασματικά κανάλια. Αλλά εικονοληπτικά φασματόμετρα ήταν το GEOSCAN II (32 κανάλια), το καναδικό κέντρο τηλεπισκόπησης ανέπτυξε το MEIS FM (64 κανάλια) και το MONITEQ (288 κανάλια).

Μια χρονιά σταθμός ήταν το έτος 1990, κατά την οποία δόθηκε ώθηση στην παροχή δεδομένων για την παρακολούθηση παγκόσμιων μεταβολών με την δημιουργία του EOS (Earth Observing Systems) από τις ΗΠΑ, τον ERS – 1 που είναι ευρωπαϊκός δορυφόρος και διαθέτει συσκευές RADAR τύπου SAR και τον RADARSAT του Καναδά (Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση της εικόνας, Σ. Π. Μερτίκας, 2009).

Η πορεία και η εξέλιξη της τηλεπισκόπησης ήταν ραγδαία και η ώθηση στην εκτόξευση βελτιωμένων συστημάτων RADAR που καλύπτουν διάφορα μήκη κύματος στο κοντινό και εγγύς υπέρυθρο, λαμβάνουν εικόνες σε φασματικές ζώνες και από διαφορετικές γωνίες παρατήρησης. Ακόμα το AIRSAR , το οποίο είναι ένα αερομεταφερόμενο σύστημα που κατασκευάστηκε από τα εργαστήρια JPL των ΗΠΑ και παρείχε την δυνατότητα της μέτρησης της διαφοράς φάσης του σήματος, το οποίο επέστρεφε από το RADAR και πραγματοποιήθηκε η μέτρηση των υψομετρικών διαφορών του εδάφους και των ταχυτήτων της επιφάνειας της θάλασσας με τη χρήση της συμβολομετρίας. Ακόμα η εξέλιξη των δορυφόρων , η βελτίωση της χωρικής και φασματικής ανάλυσης παρέχει ένα τρομακτικό όγκο δεδομένων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την χρήση νέων μεθόδων επεξεργασία των εικόνων όπως η τεχνητή νοημοσύνη και τα νευρωνικά δίκτυα. Αυτό επετεύχθηκε σε συνδυασμό με την ικανότητα των ηλεκτρονικών υπολογιστών που μπορούν

να αναλύσουν αυτόματα τα στοιχεία των εικόνων (Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση της εικόνας, Σ. Π. Μερτίκας, 2009).

### 2.1.2 Ορισμός Τηλεπισκόπησης

Σύμφωνά με τους Barret and Curtis (1982) “Τηλεπισκόπηση είναι η παρατήρηση ενός στόχου από απόσταση με κατάλληλους δέκτες \ αισθητήρες.” Γενικά μέσω της επιστήμης της τηλεπισκόπησης έχουμε την δυνατότητα να συλλέξουμε, να αναλύσουμε και να ερμηνεύσουμε πληροφορίες που έχουμε για ένα αντικείμενο, χωρίς να έχουμε έρθει σε άμεση επαφή με αυτό, αλλά μέσω της αλληλεπίδρασης του με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που μας βοηθάει στην αναγνώριση και στην μέτρηση των ιδιοτήτων του. Ουσιαστικά υπάρχουν τρία τμήματα από τα οποία αποτελείται η τηλεπισκόπηση. Αρχικά υπάρχουν τα αντικείμενα της μελέτης ή η μελέτη ενός φαινομένου κάποιας περιοχής. Στην συνέχεια μέσω ειδικών οργάνων έχουμε τη συλλογή των δεδομένων , ενώ το τελευταίο τμήμα της είναι η ανάλυση και η ερμηνεία των δεδομένων που συλλέχθηκαν και αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ειδικών οργάνων. Όσον αφορά τις μελέτες της τηλεπισκόπησης είναι περισσότερο περιορισμένες σε σχέση με την ευρύτητα του όρου. Πρακτικά αφορούν συστήματα απεικόνισης ή εικόνων όπως είναι οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες και δεν συμπεριλαμβάνουν συστήματα που μετρούν άμεσα την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία π.χ. βαρυτήμετρα. (Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση της εικόνας, Σ. Π. Μερτίκας, 2009)

### 2.1.3 Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης

Σύμφωνά με τον Μερτίκα στο βιβλίο του «Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση της εικόνας» οι εφαρμογές της τηλεπισκόπησης σε πολλούς τομείς είναι ζωτικής σημασίας καθώς διευκολύνουν την παρακολούθηση φαινομένων, την επίλυση προβλημάτων και την πρόληψη. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται ευρέως στην γεωργία, την δασολογία, στο αστικό περιβάλλον, την ατμόσφαιρα, το θαλάσσιο περιβάλλον όπως και τις παράκτιες ζώνες , στο έδαφος και τα πετρώματα, τις φυσικές καταστροφές και τις χρήσεις και καλύψεις γης.

#### ➤ Γεωργία

Σημαντική είναι η συμβολή της τηλεπισκόπησης στη γεωργία. Ο τομέας της γεωργίας διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στην οικονομία των αναπτυσσόμενων και των μη αναπτυσσόμενων χωρών. Τα δεδομένα που μπορούμε να έχουμε μέσω της τηλεπισκόπησης αφορούν την βλάστηση, το νερό (υγρασία) και το έδαφος, έχουν μειωμένο κόστος , ενώ διακρίνεται ποιότητα, αξιοπιστία και λεπτομέρεια των πληροφοριών. Ακόμα μπορούμε να παρακολουθούμε μια καλλιέργεια η οποία μεταβάλλεται συνεχώς λόγω της ανάπτυξης της αλλά και της αλληλεπίδρασης της με το φυσικό περιβάλλον. Αναλυτικότερα οι εφαρμογές της είναι η ταξινόμηση των καλλιεργειών και ακόμα μπορούν να εκτιμηθούν οι εκτάσεις αλλά και οι παραγωγές και σε περιπτώσεις καταστροφών να γίνουν εκτιμήσεις των ζημιών. Τέλος, δίνεται η δυνατότητα σχεδιασμού και λειτουργίας αρδευτικών έργων.

➤ **Δασολογία**

Όσον αφορά την δασολογία μας επιτρέπει να αναγνωρίζουμε αλλά και να χαρτογραφούμε τις διαφόρους τύπους των ειδών της δασικής βλάστησης. Μπορούμε να παρακολουθούμε τους ρυθμούς αποψίλωσης την δασών αλλά και την υγεία της βλάστησης τους. Ακόμα εφαρμόζονται στις δασικές πυρκαγιές από το χρονικό πριν την πυρκαγιά έως και μετά την πυρκαγιά. Είναι εφικτό να δούμε την καμένη έκταση αλλά να παρακολουθήσουμε και την αναγέννηση αλλά και τις αναδασώσεις.

➤ **Αστικό περιβάλλον**

Η εφαρμογή της τηλεπισκόπησης όσον αφορά τον αστικό χώρο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξή του και για τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται σύμφωνα με το σύγχρονο τρόπο ζωής. Αρχικά μας δίνεται η δυνατότητα παρακολούθησης και πρόβλεψης της ανάπτυξης του αστικού ιστού. Οι πληροφορίες οι οποίες έχουμε την δυνατότητα να έχουμε μέσω των τηλεπισκοπικών δεδομένων είναι δύο ειδών. Αυτές μπορεί να είναι είτε στατικές και θα αφορούν το μέγεθος της πόλης, τη δομή και το μέγεθος του οδικού δικτύου, το είδος και μέγεθος των κατασκευών, και το είδος χρήσεων (π.χ. βιομηχανική, εμπορική, αστική κ.α.), είτε να είναι δυναμικές πληροφορίες που θα αφορούν πληθυσμιακά δεδομένα, την ατμοσφαιρική ρύπανση, το αστικό κλίμα, δεδομένα κυκλοφορίας οχημάτων και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες.

➤ **Θαλάσσιο περιβάλλον**

Ευρεία είναι η εφαρμογή της τηλεπισκόπησης και στις γεωεπιστήμες. Μέσω αυτής μπορούμε να παρατηρήσουμε τους ωκεανούς. Κάποιοι δορυφόροι όπως ο NOOA μας επιτρέπει την συλλογή δεδομένων των θερμοκρασιών της επιφάνειας της θάλασσας, ενώ με την χρήση επίγειων πλωτών συστημάτων όπως σηματοδούρες συλλέγουν μετρήσεις που αφορούν τη θέση τους και την θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας. Τα στοιχεία που συλλέγονται μας και από τις δύο πηγές, μας οδηγούν στην εξακρίβωση της ακρίβειας της πληροφορίας. Ακόμα μέσω της τηλεπισκόπησης έχουμε την δυνατότητα να χαρτογραφήσουμε τον πυθμένα της θάλασσας, ενώ μας δίνεται και η δυνατότητα εντοπισμού πετρελαιοκηλίδων.

➤ **Φυσικές καταστροφές**

Εξίσου σημαντική είναι η χρήση της τηλεπισκόπησης και στην οικολογία. Η χρήση δεκτών επιτρέπει την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και τη συλλογή δεδομένων – πληροφοριών για τις περιοχές που απαιτείται συνεχής παρακολούθηση. Ο συνδυασμός των δεδομένων που συλλέγονται από δέκτες, οι οποίοι μεταφέρονται από αεροσκάφη ή από δορυφόρους, με αυτό των επίγειων μετρήσεων βελτιώνουν την αξιοπιστία, καθώς και την μέτρηση συγκεκριμένων τύπων ρύπανσης. Έτσι το φάσμα που καλύπτει η χρήση της τηλεπισκόπησης στην οικολογία περιλαμβάνει την ανίχνευσή ρύπων στην ατμόσφαιρα, τον εντοπισμό πετρελαιοκηλίδων, κλπ.

### ➤ Έδαφος και τα πετρώματα

Η χρήση της τηλεπισκόπησης εφαρμόζεται και σε άλλους τομείς όπως αυτόν της ανίχνευσης ορυκτών πόρων ( γεωλογική χαρτογράφηση, ανίχνευση κοιτασμάτων, ανίχνευση υδρογονανθράκων), τη μελέτη της βλάστησης όπως και την μελέτη των τεκτονικών πλακών ( ανίχνευση ορυκτών, παρακολούθηση των μεταβολών γεωδυναμικών φαινομένων, παρακολούθηση περιβαλλοντικών καταστροφών, παρακολούθηση ηφαιστειακών διεγέρσεων, αναγνώριση γεωμορφολογικών στοιχείων, κ.λπ.)

## 2.2 Sentinel

### 2.2.1 Ιστορική αναδρομή της οικογένειας Sentinel

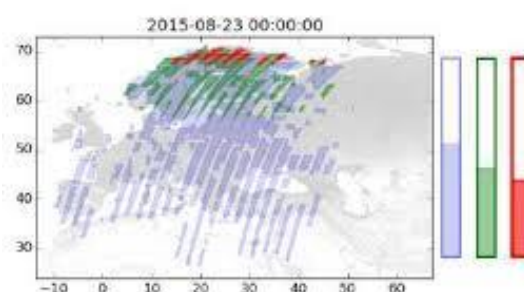
Στα πλαίσια του προγράμματος «Παγκόσμια Παρακολούθηση του Περιβάλλοντος και της Ασφάλειας» του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA) προέκυψε η ανάγκη της δημιουργίας δορυφόρων αλλά και επίγειων μέσων παρακολούθησης ώστε να γίνει αποτελεσματικότερη η παρακολούθηση και παρατήρηση της γήινης επιφάνειας και να υπάρξει ευελιξία σε θέματα ασφάλειας. Από την προσπάθεια αυτή δημιουργήθηκε ο πρώτος ευρωπαϊκός δορυφόρος Sentinel – 1 . Με την πάροδο του χρόνου το πρόγραμμα μετονομάστηκε σε Copernicus, ενώ η εξέλιξη των τεχνολογιών οδήγησε στην δημιουργία νέων γενιών Sentinel με εξαιρετικές δυνατότητες όσον αφορά την παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής, των αστικών περιοχών αλλά και του τοπικού και περιφερειακού σχεδιασμού ( γεωργία, δασολογία, κλπ.) Για την εκπόνηση του προγράμματος πραγματοποιείται συνεργασία της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (European Commission), των κρατών μελών της ΕΕ, τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Εκμετάλλευσης Μετεωρολογικών Δορυφόρων (EUMETSAT), το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Μετεωρολογικών Προβλέψεων (ECMWF), τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA), τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος ΕΟΠ (European Environmental Agency - EAA), τις Υπηρεσίες της ΕΕ και την Mercator Ocean (Sentinel-1, ESA'S Radar Observatory Mission for GMES Operational Services, 2012).

Η οικογένεια των δορυφόρων Sentinel αποτελείται από τους Sentinel 1, Sentinel 2, Sentinel 3, Sentinel 4, Sentinel 5 Precursor, ενώ το 2020 αναμένεται και η εκτόξευση του Sentinel 6 Precursor. Ο κάθε ένας προσφέρει την δυνατότητα κάποιας εφαρμογής μέσω των τεχνολογιών που ενσωματώνει. Ο πρώτος δορυφόρος Sentinel τέθηκε σε τροχιά το έτος 2014 στις 3 Απριλίου και ονομαζόταν Sentinel – 1A, ενώ το έτος 2016 στις 25 Απριλίου εκτοξεύτηκε και ο Sentinel – 1B. Ο συγκεκριμένος δορυφόρος λόγω της τεχνολογίας RADAR που διαθέτει δεν επηρεάζεται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, ενώ έχει καλή λειτουργία μέρα και νύχτα. Σκοπός τότε της ενσωμάτωσης ήταν η συνέχεια της λήψης δεδομένων C – Band SAR μετά το τέλος της αποστολής του ENVISAT, αλλά και της ERS – 2 . Η χρήση του αισθητήρα C – SAR ήταν πρωταρχικής σημασίας καθώς επιτρέπει την λήψη εικόνων μέσης αλλά και υψηλής ευκρίνειας σε όλες τις καιρικές συνθήκες καθώς και την νύχτα, ενώ έχει την ικανότητα εντοπισμού της κίνησης του εδάφους. Όλα αυτά συντελούν σημαντικές ικανότητες που επιτρέπουν την στοχευόμενη παρακολούθηση των χερσαίων αλλά και των υδάτινων επιφανειών (ESA, SENTINEL – 1,2017).

### 2.2.2 Ιστορία των δορυφόρων Sentinel – 2

Όσον αφορά την αποστολή Sentinel – 2 μας δίνεται η δυνατότητα δεδομένων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας που οδηγούν στην απόκτηση δεδομένων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας ( 10μ. έως 60μ. ). Οι υπηρεσίες που παρέχονται αφορούν την παρακολούθηση της γήινης επιφάνειας και των παράκτιων περιοχών, με απόκτηση δεδομένων ανά 5 ημέρες και το εύρος του οπτικού πεδίου που εξετάζεται είναι μια ζώνη των 295 χιλιομέτρων. Οι παρατηρήσεις είναι πολυφασματικές και προέρχονται από 13 κανάλια που κυμαίνονται στις φασματικές ζώνες, του ορατού φάσματος , του κοντινού υπέρυθρου και των μέσων υπέρυθρων ζωνών. Μέσω της συγκεκριμένης αποστολής καθίσταται δυνατό να πραγματοποιηθούν βελτιώσεις στις γεωργικές πρακτικές, να παρακολουθούνται και να χαρτογραφούνται διάφορες καταστροφές, να παρακολουθούνται τα δάση και να εντοπίζονται τα φαινόμενα ρύπανσης στα παράκτια ύδατα όπως και σε λίμνες. (Gascon et. al, 2017)

Η αποστολή Sentinel – 2 αποτελείται από δύο όμοιους δορυφόρους, τον Sentinel – 2A και Sentinel – 2B, των οποίων η απόσταση είναι της τάξεως των 180°. Ο Sentinel – 2A εκτόξευση τον Ιούνιο του 2015, ενώ ο Sentinel – 2B εκτοξεύτηκε τον Μάρτιο του 2017. Το ύψος και των δύο δορυφόρων ανέρχεται στα 786 χιλιόμετρα, η τροχιά τους είναι συντονισμένη με αυτή του Ηλίου, ενώ είναι ευθυγραμμισμένοι και με άλλους παρόμοιους δορυφόρους όπως ο Landsat. (Gascon et. al, 2017) Τα δεδομένα που αποκτούμε αφορούν το γεωγραφικό πλάτος από -56° έως 84° και περιλαμβάνει νησιά μεγαλύτερα των 100 τχμ., Ευρωπαϊκά νησιά, όλη την Μεσόγειο, νησιά που απέχουν έως και 20 χιλιόμετρα από την ακτογραμμή και όλες τις κλειστές θάλασσες και τα εσωτερικά ύδατα. (L.Yan et al., 2018).



(a) Whole Europe (Summer)

Εικόνα 2:Επικάλυψη τροχιάς του δορυφόρου SENTINEL

### 2.2.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά των δορυφόρων Sentinel – 2

Οι δορυφόροι Sentinel 2 έχουν βάρος 1,1 τόνων και η εκτόξευση τους πραγματοποιήθηκε μέσω των πυραύλων Vega. Αρχικά θα πρέπει να αναφερθούμε στο Global Reference Image (GRI ) που ορίζεται ως μια ομάδα η οποία δεν έχει σύννεφα. Αυτό είναι εφικτό στο φάσμα του κόκκινου. Το γεωμετρικό μοντέλο έχει οριστεί από μία ειδική διαδικασία της οποίας η σχεδίαση είχε ανατεθεί στο (IGN) Εθνικό Ινστιτούτο Γεωγραφίας της Γαλλίας (Gaudel et al. 2017). Συγκεκριμένα έχουν δημιουργηθεί κομμάτια που το κάθε ένα αντιστοιχεί και σε μια ήπειρο και μέσω σημείων που θεωρούνται και ως σημεία ελέγχου εδάφους (GCPs) σε συνδυασμό με δεδομένα επιπέδου 1B δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας πληροφοριών φια τοποθεσίες με υψηλά ποσοστά νεφών όπως στον Ισημερινό και απομονωμένα νησιά (Gaudel et al. 2017).



Εικόνα 3: Δορυφόρος SENTINEL

Ο δορυφόρος ενσωματώνει πάνω του και το πολύ – φασματικό όργανο ( MSI – Multi – Spectral Instrument), το οποίο σχεδιάστηκε για την κάλυψη των αναγκών κάλυψης της ζώνης που καλύπτει ο δορυφόρος κατά την τροχιά του αλλά και τις απαιτητικές μετρήσεις που πραγματοποιούνται γεωμετρικά και φασματικά. Η λογική του οργάνου αυτού στηρίζεται ουσιαστικά στην λειτουργία δύο εστιακών φασματικών επιπέδων, τα οποία περιέχουν καθρέπτες , ενώ πραγματοποιεί ο διαχωρισμός τους με την χρήση διχρωμικού φίλτρου (Gascon et. al, 2017).

Όσον αφορά τα φασματικά κανάλια του δορυφόρου συνολικά αποτελείται από 13 κανάλια που περιλαμβάνουν το ορατό , το κοντινό υπέρυθρο και τις ζώνες του μέσου υπέρυθρου φάσματος. Ο αισθητήρας διαθέτει 4 κανάλια χωρικής διακριτικής ικανότητας 10 μ. και αυτά είναι το κόκκινο, το μπλε, το πράσινο και το κοντινό υπέρυθρο. Τα 6 κανάλια έχουν χωρική διακριτική ικανότητα της τάξεως των 20μ. και αντιστοιχούν σε φασματικά εύρη που μας επιτρέπουν την ανίχνευση βλάστησης, χιονιού , εκτίμηση υγρασίας, πάγου και νεφών και σε ζώνες του μέσου υπέρυθρου. Τέλος είναι και 3 κανάλια των 60μ. και η χρήση τους είναι για τα σύννεφα, ατμοσφαιρικές διορθώσεις και και μετρήσεις αερολυμάτων.

Πίνακας 1: Κανάλια Sentinel - 2

#### ΚΑΝΑΛΙΑ SENTINEL – 2

ΚΑΝΑΛΙ	ΧΡΗΣΗ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΚΥΜΑΤΟΣ (nm)	ΜΗΚΟΣ	ΧΩΡΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (μ.)	ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ
1	ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ	442.3 - 443.9		60	
2	ΜΠΛΕ	492.1 - 496.6		10	
3	ΠΡΑΣΙΝΟ	559 – 560		10	
4	ΚΟΚΚΙΝΟ	664.5 – 665		10	
5	ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΚΟΚΚΙΝΟΥ	703.8 – 703.9	ΑΚΡΗ	20	
6	ΒΛΑΣΤΗΣΗ	739.1 – 740.2	ΑΚΡΗ	20	



	ΚΟΚΚΙΝΟΥ			
<b>7</b>	ΒΛΑΣΤΗΣΗ – ΑΚΡΗ	782.5 – 779.7		20
	ΚΟΚΚΙΝΟΥ			
<b>8A</b>	ΚΟΝΤΙΝΟ ΥΠΕΡΥΘΡΟ	833 – 835.1		10
<b>8B</b>	ΣΤΕΝΟ ΚΟΝΤΙΝΟ	864 – 864.8		20
	ΥΠΕΡΥΘΡΟ – NIR			
<b>9</b>	ΥΓΡΑΣΙΑ	943.2 – 945		60
<b>10</b>	ΜΕΣΗ ΖΩΝΗ ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ	1373.5 – 1376.9		60
	– Cirrus			
<b>11</b>	ΜΕΣΗ ΖΩΝΗ ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ	1610.4 – 1613.7		20
<b>12</b>	ΜΕΣΗ ΖΩΝΗ ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ	2185.7 – 2202.4		20

#### 2.2.4 Προϊόντα Αποστολής

Τα προϊόντα που αποκτούνται από τους Sentinel 2 είναι αυτά που χαρακτηρίζονται ως Level 0 είναι τα δεδομένα που λαμβάνονται απευθείας από τον δορυφόρο και δεν έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία. Το μόνο που προσαρτάται μία μάσκα των σύννεφων. Τα δεδομένα επιπέδου 1 A είναι μη συμπιεσμένα αρχεία, μεγάλου μεγέθους, δεν έχουν διορθωθεί ραδιομετρικά και η χρήση τους προορίζεται κυρίως για βαθμονομήσεις. Στα δεδομένα επιπέδου 1 B η διαφορά είναι ότι έχουν εφαρμοστεί οι ραδιομετρικές διορθώσεις. Επίσης υπάρχουν τα δεδομένα επιπέδου 1 C τα οποία έχουν επεξεργαστεί και έχει γίνει η διόρθωση των σφαλμάτων του αισθητήρα και η μετατροπή των ψηφιακών τιμών σε απόλυτες τιμές που αποτυπώνουν την έξω-ατμοσφαιρική ανάκλαση (Top of Atmosphere – TOA). Αυτά τα δεδομένα είναι διαθέσιμα στο κοινό και παρέχονται στην πλατφόρμα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA). Τέλος τα δεδομένα επιπέδου 2 A τα οποία έχουν τιμές ανάκλασης του εδάφους. Πλέον και αυτά τα δεδομένα είναι διαθέσιμα στην διαδικτυακή πλατφόρμα του οργανισμού (Gaudel et al. 2017). Στην παρούσα πτυχιακή εργασία τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από τον Sentinel – 2A και είναι επιπέδου 2.

## 2.3 Εδαφοκάλυψη



Εικόνα 4: Απεικόνιση Εδαφοκάλυψης

Από τις απαρχές του κόσμου, τον πρώτο άνθρωπο και την πρώτη κοινωνία, η Γη που είναι το σπίτι μας καθόρισε την επιβίωση του ανθρώπου και των άλλων ειδών. Οι αλλαγές που υφίσταται με την πάροδο του χρόνου αποδεικνύουν και την επιρροή που είχαν στους πολιτισμούς και την κοινωνία. Οι πρώτοι άνθρωποι εγκαθίστανται σε τοποθεσίες όπου είχαν εύκολη πρόσβαση σε νερό, τροφή και πρώτες ύλες. Πολλοί πολιτισμοί έχουν ανθίσει δίπλα σε ποταμούς, λίμνες και παράκτιες περιοχές που κατά μήκος τους πλαισιώνονται από έφορες κοιλάδες ( Χιαojun Yang, 2011).

Όλα αυτά φανερώνουν την σημασία των υλικών που καλύπτουν την γήινη επιφάνεια. Τα υλικά που κυριαρχούν στο κάθε τοπίο είναι σημαντικά για τον άνθρωπο, την ασφάλεια και την επιβίωση του. Μάλιστα τα τελευταία χρόνια με την ραγδαία αύξηση του πληθυσμού είναι πολύ σημαντική η αποτύπωση των αλλαγών που προκύπτουν στο τοπίο γύρω μας για την κατανόηση τους αλλά και τις επιπτώσεις που προκύπτουν από αυτές. Οι χωρικές μεταβολές που προκύπτουν με το χρόνο έχουν επιπτώσεις στο κλίμα , τα αποθεματικά των φυσικών πηγών ( πετρέλαιο) και την «φυσιογνωμία» του τοπίου. Ο ρυθμός με τον οποίο μεταβάλλονται μη ανεπτυγμένα – φυσικά τοπία σε αστικά κέντρα, βιομηχανικές περιοχές και προς άλλες οικοδομικές χρήσεις είναι ταχύτατος ( LaGro Jr, 2005). Όλα τα παραπάνω και άλλοι λόγοι συντέλεσαν στην ανάγκη να γίνει η αποτύπωση των υλικών που καλύπτουν την επιφάνεια της Γης, δηλαδή να παραχθούν δεδομένα εδαφοκάλυψης.

Η εδαφοκάλυψη ορίζεται ως η βιοφυσική κάλυψη της επιφάνειας της Γης. Η κάλυψη περιλαμβάνει την βλάστηση, τα πετρώματα, το γυμνό έδαφος , τα κλειστά ύδατα, τα κτίρια και τις υποδομές όπως οι δρόμοι ( Gomez et al, 2016). Η διαφορά της εδαφοκάλυψης με τις χρήσεις γης είναι ότι μέσω των χρήσεων γης περιγράφονται ο τύπος και η ένταση των ανθρωπινών δραστηριοτήτων( LaGro Jr, 2005). Μέσω της εδαφοκάλυψης υποστηρίζονται

πλήθος περιβαλλοντικών εκτιμήσεων και διαχείριση πηγών, ενώ η χαρτογράφηση της τα τελευταία χρόνια επιτυγχάνεται με δορυφορικά δεδομένα ( Χίαojun Yang, 2011) .

Ακόμα, η εδαφοκάλυψη θεωρείται ως μια κλιματική μεταβλητή υψίστης σημασίας ( GCOS, 2003) , ενώ είναι απαραίτητη για τη δημιουργία μοντέλων για υπηρεσίες που συμβάλουν στην μελέτη του οικοσυστήματος (Gomez et al, 2016). Τα πρώτα προϊόντα εδαφοκάλυψης προέκυψαν από παρατηρήσεις της γης μέσω του δορυφόρου Landsat – 1 και χρονολογούνται το 1972 ( Gomez et al, 2016), ενώ από το 1990 έως το 2000 πολλά προγράμματα έλαβαν χώρα για την δημιουργία χαρτών εδαφοκάλυψης ( Vogelmann et al., 2001 ). Οι παγκόσμιοι χάρτες εδαφοκάλυψης που έχουν δημιουργηθεί δεν έχουν υψηλή ακρίβεια, καθώς και τα δεδομένα τα οποία έχουν δημιουργηθεί είναι μεγάλης χωρικής διακριτικής ικανότητας.

Υπάρχουν προγράμματα τα οποία ενημερώνονται για τις αλλαγές που προκύπτουν στην εδαφοκάλυψη και είναι προς χρήση για το κοινό. Τέτοιου είδους προγράμματα είναι το Corine που αφορά την Ευρώπη και ανήκει στα προγράμματα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA). Όσον αφορά της Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής το πρόγραμμα το οποίο παρέχει τα δεδομένα αυτά είναι το US NLCD ( Gomez et al, 2016) .

Για την ταξινόμηση των τύπων εδαφοκάλυψης και των χρήσεων γης έχει αναπτυχθεί ένα πρωταρχικό σύστημα ταξινόμησης, το οποίο είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο, και αποτελεί δημιούργημα της USGS – United States Geological Survey. Το σύστημα ταξινόμησης αποτελείται από συνολικά τέσσερα επίπεδα τα οποία σχετίζονται μεταξύ τους. Το πρώτο επίπεδο περιέχει τις κατηγορίες πιο συγκεντρωτικά ενώ το επίπεδο 4 είναι αυτό που περιέχει τις κατηγορίες πιο λεπτομερώς. Τα επίπεδα και οι κατηγορίες ιεραρχούνται και είναι αλληλένδετα μεταξύ τους ( Gomez et al, 2016).

## 2.4 Τεχνητή Νοημοσύνη



Εικόνα 5: Τεχνητή Νοημοσύνη

### 2.4.1 Ορισμός

Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται ευρέως στην καθημερινότητα μας μέσω των εφαρμογών, οι οποίες μας διευκολύνουν στην απλούστευση των διαδικασιών, που λόγω του μεγάλου όγκου πληροφοριών, είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες. Οι αναζητήσεις πληροφοριών, οι εξόρυξη δεδομένων, παίγνια όπως η ντάμα και πολλά ακόμα που υπάγονται σε διάφορους τομείς στηρίζονται στην χρήση τεχνητής νοημοσύνης (Russell et. al, 1995).

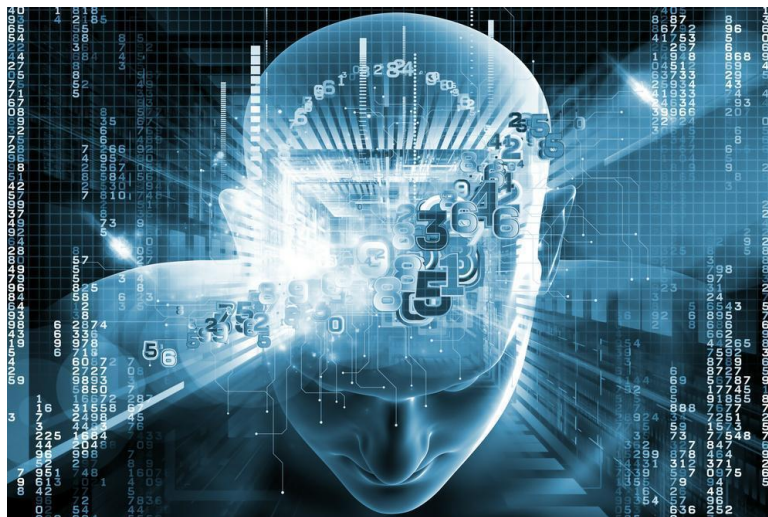
Διάφοροι ορισμοί έχουν ειπωθεί κατά καιρούς οι οποίοι χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες. Υπάρχουν ορισμοί για τα συστήματα, οι οποίοι αναφέρονται σε διαδικασίες σκέψης και συλλογιστικής ενώ άλλοι που αναφέρονται στη συμπεριφορά. Ακόμα μπορεί να αναφέρονται είτε στις ανθρώπινες επιδόσεις, είτε στην ορθολογικότητα. Ορισμοί με βάση αυτές τις κατηγορίες έχουν δοθεί κατά καιρούς( Merphy et. al, 2012). Σύμφωνα με τον Bellman , 1978: “ Η αυτοματοποίηση των δραστηριοτήτων που σχετίζουμε με την ανθρώπινη σκέψη όπως η λήψη αποφάσεων, η επίλυση προβλημάτων, η μάθηση, κλπ. “. Το έτος 1985 δόθηκαν δύο ορισμοί, ο ένας προέρχεται από τους Charniak και McDermatt, ενώ ο άλλος από τον Haugeland. Ο Haugeland αναφέρουν ότι είναι σημαντική η προσπάθεια για να κάνουν τους υπολογιστές να σκέφτονται , δηλαδή να είναι μηχανές με νόηση, με την πλήρη και την κυριολεκτική έννοια των όρων. Οι Charniak και McDermatt είναι η μελέτη των νοητικών ικανοτήτων με τη χρήση υπολογιστικών μοντέλων. Ένας ορισμός που αναφέρει στα συστήματα τα οποία ενεργούν σαν τον άνθρωπο ήταν αυτός του Rich και του Knight το 1991 ο οποίος αναφέρει ότι “είναι η μελέτη του πως μπορούμε να κάνουμε τους υπολογιστές να κάνουν πράγματα που στα οποία προς το παρόν, οι άνθρωποι είναι καλύτεροι” ( ΒΛΑΧΑΒΑΣ et. al, 2011). Τέλος ένας ορισμός που σηματοδοτεί ορθολογική ενέργεια των συστημάτων είναι αυτός του Poole κ.α., 1998 που αναφέρει ότι “Υπολογιστική Νοημοσύνη είναι η μελέτη της σχεδίασης ευφυών πρακτόρων” (Russell et. al, 2005).

Προσπάθεια ενός επαρκούς επιχειρησιακού ορισμού επιχειρήθηκε από τον Alan Turing το 1950 μέσω της εργασίας του “Computer Machinery and Intelligence “. Το ερώτημα που έθεσε ήταν: Μπορούν οι μηχανές να περάσουν με επιτυχία μια δοκιμή ευφυούς συμπεριφοράς; Αυτή ήταν η λεγόμενη δοκιμασία Turing. Κύριος σκοπός ήταν να

διαπιστωθεί αν ένα πρόγραμμα είναι ικανό μέσω συζήτησης να ξεγελάσει τον εξεταστεί ότι δεν πρόγραμμα αλλά άνθρωπος (Russell et. al, 1995). Μάλιστα, όταν πραγματοποιήθηκε η διαδικασία ο ίδιος ο Turing είχε προβλέψει ότι δεν θα ήταν εφικτό το πρόγραμμα να ξεγελάσει τους εξεταστές και αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί το 2000. Όταν πραγματοποιήθηκε η δοκιμασία κάποια άτομα ξεγελάστηκαν για πέντε λεπτά, ενώ το 2001 στο διαγωνισμό Loebner Prize το πρόγραμμά κατάφερε να ξεγελάσει ένα κριτή. Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το Eliza και το Internet chatbot, το οποίο ονομάζεται MGONZ. Το πρόγραμμα ALICE ήταν αυτό το οποίο ξεγέλασε τον κριτή. Όσον αφορά τον προγραμματισμό του υπολογιστή για να πραγματοποιηθεί η δοκιμασία απαιτείται να έχει την ικανότητα επεξεργασίας της γλώσσας για να μπορεί να επιτευχθεί η επικοινωνία να μπορεί να γίνει αναπαράσταση της γνώσης και να δύναται η δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων που μαθαίνει ή ακούει. Βασική προϋπόθεση αποτελεί η λεγόμενη αυτοματοποιημένη συλλογιστική που ουσιαστικά επιτρέπει τη χρήση των αποθηκευμένων πληροφοριών ώστε να είναι δυνατή η απάντηση ερωτήσεων και να εξάγονται συμπεράσματα. Τέλος σημαντική ικανότητα αποτελεί η μηχανική μάθηση που επιτρέπει την προσαρμογή του υπολογιστή στις νέες περιστάσεις και την εύρεση και το συμπέρασμα νέων προτύπων. Για να περάσει ένας υπολογιστής την πλήρη δοκιμασία ( Total Turing Test ) θα πρέπει να διαθέτει ακόμα μηχανική όραση (αντίληψη αντικειμένων) και ρομποτική ( να μετακινεί και να χειρίζεται αντικείμενα). Ωστόσο οι επιστήμονες δεν ασχολούνται τόσο με την κατασκευή μηχανών που έχουν την ικανότητα να περάσουν τη δοκιμασία όσο με την μελέτη των αρχών της νοημοσύνης (Russell et. al, 2005).

#### 2.4.2 Ιστορία της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η πρώτη προσπάθεια για την μελέτη της τεχνητής νοημοσύνης έγινε το 1943 από τους Warren McCulloch και Walter Pitts. Οι αρχές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ήταν η θεωρία υπολογισμού του Turing , η δομή και η λειτουργία των νευρώνων του ανθρώπινου εγκεφάλου και σε μια προτασιακή λογική που είχε αναλυθεί από τους Russell και



Whitehead .Η μελέτη στηρίζεται σε ένα σύστημα τεχνητών νευρώνων το οποίο χαρακτηρίζεται από ενεργούς και ανενεργούς νευρώνες. Κατάφεραν να δείξουν ότι οι υπολογίσιμες συναρτήσεις μπορούν να είναι υπολογίσιμες από κάποιο δίκτυο συνδεδεμένων νευρώνων, ενώ όλοι οι λογικοί σύνδεσμοι υλοποιούνται με απλές δικτυακές δομές. Τέλος, υποστηρίχθηκε ότι υπάρχει η δυνατότητα μάθησης όταν τα δίκτυα έχουν οριστεί κατάλληλα (Russell et. al, 2005).

Ακόμα μία χρονιά σταθμός ήταν το 1949 όπου παρουσιάστηκε ένας απλός κώδικας ενημέρωσης ώστε να τροποποιούνται οι ειδικές συνδέσεις μεταξύ των νευρώνων. Έως και

σήμερα αποτελεί ένα σημαντικό μοντέλο και είναι γνωστό ως μάθηση Hebb που προέρχεται από το όνομα του επιστήμονα που έκανε την τροποποίηση του Donald Hebb (ΒΛΑΧΑΒΑΣ et. al, 2011).

Το 1951 κατασκευάστηκε ο πρώτος υπολογιστής νευρωνικού δικτύου που ονομαζόταν SNARC. Κατασκευαστές του ήταν δύο μεταπτυχιακοί μαθηματικοί, ο Marvin Minsky και ο Dean Edmonds. Ο υπολογιστής προσομοίωνε ένα δίκτυο 40 νευρώνων, ενώ έκανε χρήση ενός αυτόματου πιλότου και 3000 λυχνιών κενού (Russell et. al, 1995).

Ο όρος “ τεχνητή νοημοσύνη ” προτάθηκε από τον McCarthy στα πλαίσια μίας δίμηνης συνάντησης στο Dartmouth College το καλοκαίρι του 1956. Αυτή η συνάντηση πραγματοποιήθηκε από συνολικά 10 άτομα, τα οποία συνεισέφεραν και κυριάρχησαν στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης. Κατά την διάρκεια του συνεδρίου , το οποίο οργανώθηκε από τον ίδιο τον McCarthy είχε ως επίτευγμα να ονομαστεί το πεδίο ως τεχνητή νοημοσύνη (Russell et. al, 2005).

Τα επόμενα χρόνια που ακολούθησαν μετά την υιοθέτηση του όρου και την πραγματοποίηση του συνεδρίου χαρακτηρίζονται από μικρά και σταθερά βήματα. Πρώτη επιτυχία ήταν το πρόγραμμα Logic Theorist, το οποίο ήταν δημιούργημα δυο ερευνητών που συμμετείχαν στην συνάντηση, τον Allen Newell και του Hebert Simon. Το πρόγραμμα αυτό είχε την δυνατότητα μη αριθμητικής σκέψης ( να μην σκέπτεται αριθμητικά) με αποτέλεσμα να λύνεται το πρόβλημα του δυϊσμού νου – σώματος (ΒΛΑΧΑΒΑΣ et. al, 2011).

Έπειτα δημιουργήθηκε το General Problem Solver – GPS ή αλλιώς ο γενικός λύτης προβλημάτων. Το εν λόγω πρόγραμμα είχε την δυνατότητα να εξετάζει την σειρά των ενεργειών όπως και ο ανθρώπινος εγκέφαλος, αυτό πρακτικά σημαίνει ότι έχει την δυνατότητα να επιλύει προβλήματα μιμούμενο τα ανθρώπινα πρωτόκολλα (Russell et. al, 2005).

Το 1976 διαπιστώθηκε ότι η θεωρία του φυσικού συστήματος των συμβόλων που στο βιβλίο “ Τεχνητή Νοημοσύνη – Μία σύγχρονη προσέγγιση ” ορίζεται ότι “ένα φυσικό σύστημα συμβόλων έχει τα αναγκαία και επαρκή μέσα για γενική ευφυή δράση”. Αυτό πιο απλά σημαίνει ότι η λειτουργία χειρισμού των δομών δεδομένων που αποτελούνται από σύμβολα είναι απαραίτητη για τα συστήματα που εκδηλώνουν νοημοσύνη (Russell et. al, 2005).

Ένα σημαντικό επίτευγμα είναι η διαπίστωση ότι τα προγράμματα δεν ακολουθούν τις εντολές του δημιουργού τους αλλά μπορούν να διδάξουν. Παράδειγμα αποτελεί αυτό του Arthur Samuel. Μία σειρά προγραμμάτων που έγραψε συμπεριλαμβανομένου και της ντάμας που υπάρχει σε όλους τους υπολογιστές και αποτελεί δημιούργημα του οδηγήθηκε σε αυτή την διαπίστωση. Το πρόγραμμα ήταν ικανό να ανταπεξέρχεται σε ένα καλό ερασιτεχνικό επίπεδο, ωστόσο μετά από κάποιο χρονικό διάστημα βελτιώθηκε και βελτίωσε και τον δημιουργό του, μαθαίνοντας του να παίζει καλύτερα το παιχνίδι (ΒΛΑΧΑΒΑΣ et. al, 2011).

### 2.4.3 Τομείς της τεχνητής Νοημοσύνης

Σύμφωνα με τους Russell και Norvig, 2005 οι τομείς της τεχνητής νοημοσύνης είναι συνολικά δώδεκα :

- Μηχανική μάθηση
- Επίλυση προβλημάτων
- Έμπειρα συστήματα - Μηχανισμοί εξαγωγής συμπερασμάτων
- Αναπαράσταση της Γνώσης
- Ρομποτική
- Επεξεργασία και κατανόηση Φυσικής Γλώσσας
- Ευφυής πράκτορες
- Ευφυή εργαλεία
- Ευφυείς Υπηρεσίες Διαδικτύου και Σημασιολογικού Ιστού
- Εξελισσόμενα και Προσαρμοζόμενα Ευφυή Συστήματα
- Σχεδιασμός Ενεργειών

### 2.4.4 Εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης

Το 1958 ο McCarthy επινόησε την γλώσσα υπολογιστών Lisp, η οποία είναι κυρίαρχη γλώσσα της τεχνητής νοημοσύνης. Όσον αφορά την ανάπτυξη της στον τομέα της βιομηχανίας ήταν σημαντική από το 1980 έως και το 1988 και οι απολαβές που προσέφερε ήταν αρκετά δισεκατομμύρια εκατομμύρια δολάρια. Η τεχνητή νοημοσύνη σήμερα αποτελεί πυλώνα στην πραγματοποίηση πολλών απλών λειτουργιών της καθημερινότητας. Στις απαιτητικές και σύγχρονες κοινωνίες και στο νέο κόσμο της πληροφόρησης η τεχνητή νοημοσύνη πλαισιώνει το διαδίκτυο και τα υπολογιστικά συστήματα σε απλές και ευρέως χρησιμοποιούμενες καθημερινές συσκευές. Με την χρήση της απλοποιείται η αναζήτηση στους ιστοτόπους και εφαρμογές όπως το google , ενώ έχει δοθεί σημαντική ώθηση στο ηλεκτρονικό εμπόριο και την ηλεκτρονική μάθηση. Ακόμα η αποστολή e- mail και η δυνατότητα να συγκρίνουμε τιμές είναι και αυτά αποτέλεσμα της τεχνητής νοημοσύνης. Τα συστήματα Alvin αποτελούν ακόμα μια σημαντική εφαρμογή καθώς με την βοήθεια τους αναμένεται μια αλλαγή που θα είναι ριζική στον παραδοσιακό τρόπο οδήγησης καθώς με την βοήθεια αυτών των ρομποτικών συστημάτων τα οποία είναι ικανά να οδηγήσουν αυτοκίνητα σε αυτοκινητόδρομους με την χρήση sonar και video καμερών (Russell et. al, 2005).

Η εξέλιξη της διαφαίνεται από τα σημαντικά βήματα και στον κλάδο της ρομποτικής. Το σκυλάκι AIBO, το οποίο κατασκευάστηκε από την SONY και είχε χαρακτηριστικά όπως η αναγνώριση φωνής, έκφρασης συναισθημάτων με την δυνατότητα λόγου και κίνησης. Ωστόσο η εταιρεία της SONY δημιούργησε το QRIO το έτος 2004, ένα ρομπότ με την μορφή ανθρώπου που ήταν ικανό να τρέχει , να μιλήσει και να αναγνωρίσει πάνω από 10.000 λέξεις μέσα στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και ελληνικές. Ακόμα ένα σημαντικό βήμα είναι ο “ Ρομποναύτης” που αναπτύχθηκε στα πλαίσια συνεργασίας της NASA και της Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προηγμένης Στρατιωτική Τεχνολογίας των ΗΠΑ ( DAPRA) για να πραγματοποιεί την συντήρηση του τηλεσκοπίου Hubble (Russell et. al, 1995).

Όλο το πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης αναπτύχθηκε με σκοπό να αντιταχθεί στα πεδία που ήδη υπήρχαν. Υπάγεται στην επιστημονική μέθοδο και όπως και τα νευρωνικά δίκτυα που

είναι υποκατηγορία της διαφέρουν από τις πιο παραδοσιακές μεθόδους (ΒΛΑΧΑΒΑΣ et. al, 2011).

## 2.5 Μηχανική μάθηση



Εικόνα 6: Μηχανική Μάθηση

Ως μηχανική μάθηση ορίζεται όταν από ένα υπολογιστικό σύστημα δημιουργούνται μοντέλα ή πρότυπα από ένα σύνολο δεδομένων. Τα μοντέλα είναι ουσιαστικά απόρροια της αφαιρετικής εκδοχής των συνολικών παρατηρήσεων και της προσπάθειας κατανόησης του περιβάλλοντος από τον άνθρωπο. Όσον αφορά την διαδικασία δημιουργίας των μοντέλων την ονομάζουμε επαγωγή και η δημιουργία τους ονομάζεται επαγωγική μάθηση. Τα πρότυπα είναι οι δομές που προκύπτουν από την ικανότητα του ανθρώπου να οργανώνει και να συσχετίζει τις εμπειρίες που βιώνει. Ένα χαρακτηριστικό της μηχανικής μάθησης που προστίθεται στα συστήματα που μπορούν να μάθουν είναι η ικανότητα της βελτίωσης η οποία είναι αναφορική των λειτουργιών που εκτελεί. Η δυνατότητα μάθησης σε μη βιολογικά συστήματα είναι πιο σύνθετη αν ληφθεί υπ' όψιν και το είδος προσέγγισης (συμβολική και μη συμβολική) της τεχνητής νοημοσύνης που ανήκουν τα συστήματα. Τα συμβολικά συστήματα όσον αφορά τις δυνατότητες τους ως προς τη μάθηση μετασκευάζουν τις προτάσεις για να επαναχρησιμοποιηθούν στα πλαίσια αυστηρά δομημένης γλώσσας αναπαράστασης (Russell et. al, 2005).

Το 1997 ο Mitchell είχε αναφέρει ότι η δυνατότητα μάθησης ενός υπολογιστικού συστήματος προκύπτει από την εμπειρία  $E$  αναφορικά με μια σειρά ενεργειών  $K$  και με μετρική απόδοση  $A$  όταν η απόδοση των ενεργειών  $K$  όταν πραγματοποιείται μέτρηση από την  $A$  βελτιώνονται από την εμπειρία  $E$ . Όσον αφορά τα είδη των μηχανών μάθησης και τις



τεχνικές που συμπεριλαμβάνονται σε αυτά χρησιμοποιούνται με γνώμονα τη φύση του προβλήματος. Τα είδη της μάθησης είναι η επιβλεπόμενη μάθηση και η μη επιβλεπόμενη μάθηση (Mitcell, 1997).

Στην επιβλεπόμενη μάθηση ο στόχος είναι η επαγωγική μάθηση μίας συνάρτησης που ονομάζεται συνάρτηση στόχος. Με την βοήθεια αυτής της μεταβλητής γίνεται υπολογισμός από ένα σύνολο δεδομένων τιμών ( ανεξάρτητων μεταβλητών ) προβλέπει μια τιμή εξόδου ( εξαρτημένη μεταβλητή ). Οι διαφορετικές τιμές που προκύπτουν αποτελούν το πεδίο ορισμού αυτής της συνάρτησης και καλούνται αλλιώς και στιγμιότυπα ( instances). Όσον αφορά τα προβλήματα της επιβλεπόμενης μάθησης χωρίζονται σε προβλήματα ταξινόμησης και προβλήματα παρεμβολής. Η λειτουργία της ταξινόμησης είναι η δημιουργία μοντέλων διακριτών τάξεων, ενώ η λειτουργία της παρεμβολής δημιουργίας μοντέλων αριθμητικών τάξεων. Στις τεχνικές επιβλεπόμενης μάθησης υπάγονται και θεωρούνται κύριες οι εξής:

- Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης ( SVMs )
- Νευρωνικά Δίκτυα
- Μάθηση κατά Bayes
- Γραμμική παρεμβολή
- Μάθηση κατά περίπτωση
- Δέντρα απόφασής ή ταξινόμησης:
- Μάθηση κανόνων
- Μάθηση εννοιών
- Μάθηση κατά περίπτωσή

Στην μη επιβλεπόμενη μάθηση το σύστημά καλείται να ανακαλύψει με βάση τα δεδομένα που του δίνονται τις ομάδες που χωρίζονται και τις συσχετίσεις που υπάρχουν σε αυτά. Στις τεχνικές μη επιβλεπόμενης μάθησης υπάγονται και θεωρούνται κύριες οι εξής:

- Κανόνες συσχέτισης
- Clusters ( ομάδες )

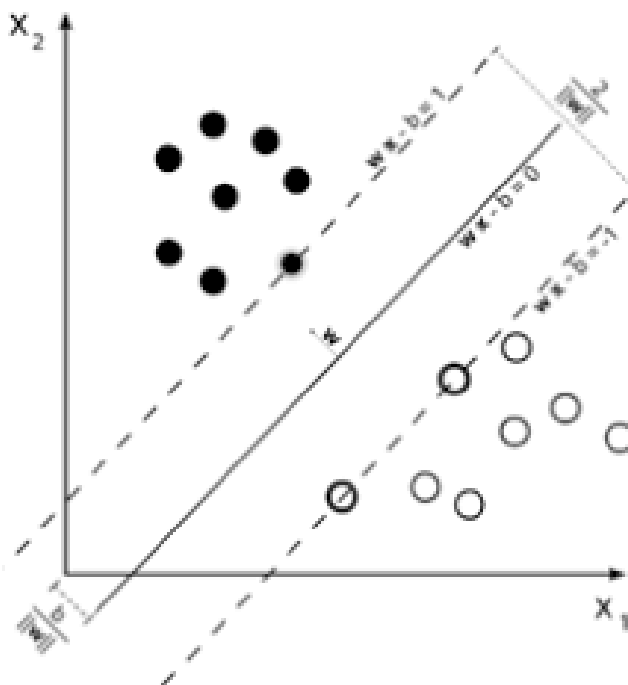
## 2.6 Διανυσματικές μηχανές μάθησης – Support Vector Machines

### 2.6.1 Ορισμός

Οι διανυσματικές μηχανές υποστήριξης είναι επιβλεπόμενη μη παραμετρική στατιστική τεχνική μάθησης που αποτελείται από μία ομάδα αλγορίθμων. Αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους αντιμετώπισης προβλημάτων ταξινόμησης και παρεμβολής. Η θεωρία των διανυσματικών μηχανών αναπτύχθηκε από τον Vapnik και την ερευνητική του ομάδα (Bernhard E. Boser, Isabelle M. Guyon) στο AT&T Bell Labs το έτος 1992 (Vapnik et. al, 1992). Τα τελευταία χρόνια οι εφαρμογές τους είναι όλο και περισσότερες σε πολλούς τομείς. Η ευρεία χρήση τους οφείλεται στον μεγάλο βαθμό γενίκευσης σε σχέση με τις ήδη υπάρχουσες μεθόδους. Η φιλοσοφία τους διαφέρει από αυτή των νευρωνικών δικτύων, μια μέθοδο που ανήκει στην μηχανική μάθηση και χρησιμοποιείται σε σημαντικό βαθμό σε διαφόρους τομείς (Cortes et. al, 1995). Στα νευρωνικά δίκτυα η βασική αρχή είναι η ελαχιστοποίηση του εμπειρικού ρίσκου, ενώ στις διανυσματικές μηχανές υποστήριξης κυριαρχεί η αρχή της ελαχιστοποίησης του κατασκευαστικού ρίσκου. Ακόμα έχουν τη δυνατότητα αναπαράστασης μη γραμμικών συναρτήσεων και αυτό οφείλεται στον αλγόριθμό εκπαίδευσης που χρησιμοποιούν και θεωρείται αποδοτικός (Huang et. al, 2002).

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι να ταξινομεί τα δεδομένα που δίνονται για να πραγματοποιηθεί η μάθηση, σε δύο τάξεις σε ένα χώρο  $N$  – διαστάσεων και εν συνεχεία να τα εντάσσει σε ένα υπερεπιπέδου μεγίστου περιθωρίου. Οι βασικότερες έννοιες που είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την SVM είναι οι πυρήνες και η δυαδικότητα (Boser et. al, 1992).

Αναλυτικότερα η θεωρία βασίζεται στην χρήση γραμμικής διαχωριστικής υπερεπιφάνειας (hypersurface) ή υπερεπιπέδου (hypersurface) με σκοπό την κατασκευή ενός ταξινομητή, ο οποίος διαχωρίζει δύο τάξεις. Ο διαχωρισμός πραγματοποιείται με βάση το μέγιστο περιθώριο (Qian et. al, 2014). Επίσης θεωρούμαι ότι τα δεδομένα μας είναι γραμμικά διαχωρίσιμα. Αν υποθέσουμε ότι έχουμε να κατηγοριοποιήσουμε τα δεδομένα σε δύο κλάσεις τότε η διαχωριστική γραμμή των δύο κλάσεων επιλέγεται με βάση τη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση. Τα δεδομένα αποτελούν το  $x_2$  όπου το



Εικόνα 7 Μέγιστο όριο υπερεπιπέδου ενός SVM ταξινομητή για 2 κλάσεις

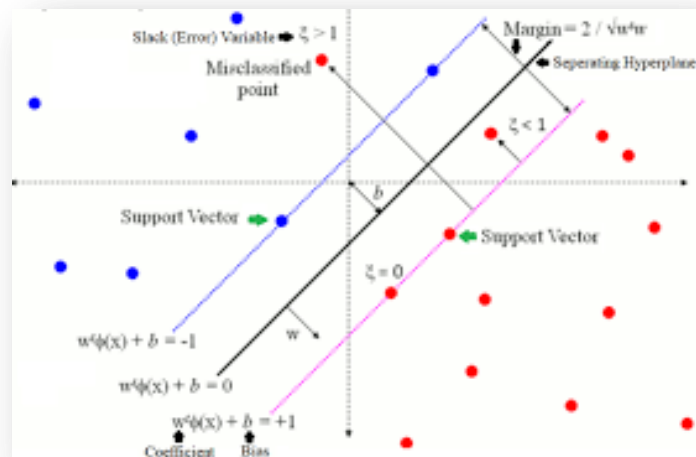
$z = 1, \dots, v$  και το διάνυσμα  $y_z$  το οποίο παίρνει δύο τιμές το -1 και το 1 και η κάθε τιμή αντιπροσωπεύει και την αντίστοιχη κλάση (Yang et. al, 2011). Η διαχωριστική γραμμή

εκφράζεται από την συνάρτηση  $w^T x + b = 0$  και οι παράμετροι  $w$  που είναι το διάνυσμα βαρών και είναι κάθετο στο υπερεπίπεδο και  $b$  που είναι το κατώφλι θα έχουν την μεγαλύτερη δυνατή τιμή με στόχο την μεγιστοποίηση της απόστασης των  $w^T x + b = -1$  και  $w^T x + b = 1$ . Τα ακραία σημεία στα οποία απαιτείται περισσότερη παρατήρηση από τον αλγόριθμο διότι ταξινομούνται πιο δύσκολα, ονομάζονται διανύσματα υποστήριξης. Σε περίπτωση τα σημεία υποστήριξης αλλάξουν τοποθεσία τότε προκύπτει και αλλαγή του βέλτιστου υπερεπιπέδου (Mountrakis et. al. 2010). Πρώτα υπολογίζεται το περιθώριο και στην συνέχεια του υπερεπιπέδου. Ακόμα για την εκπαίδευση των δεδομένων και τον διαχωρισμό τους έχουμε δύο ομάδες δεδομένων, τα εκπαιδευτικά πεδία και τα πεδία ελέγχου. Με βάση το σύνολο των σημείων ελέγχου που αναλογικά έχει αντιστοιχία της τάξεως περίπου του 1/3 των δεδομένων προκύπτουν τα μοντέλα και πραγματοποιείται εκπαίδευση των δεδομένων εκπαίδευσης (Cortes et. al, 1995).

Ωστόσο κάποια δεδομένα είναι δύσκολο να διαχωριστούν σωστά με αποτέλεσμα να τοποθετούνται εντός του περιθωρίου. Αυτού του είδους τα προβλήματα προσπάθησαν να λύσουν το 1995 στην ερευνά που πραγματοποίησαν οι Vapnik και Cortes με την εισαγωγή κάποιων μεταβλητών που τις χαρακτήρισαν ως χαλαρές μεταβλητές. Οι μεταβλητές αυτές  $\xi_i \geq 0$  και  $L = 1, 2, \dots, n$  είναι

θετικές και όταν πραγματοποιείται ταξινόμηση των δεδομένων σε κλάσεις το  $\xi_i = 0$  όταν το στοιχείο έχει αντιστοιχηθεί σωστά, όταν βρίσκεται μέσα στο περιθώριο  $0 < \xi_i \leq 1$  ενώ όταν το  $\xi_i > 1$  τότε το στοιχείο έχει ταξινομηθεί λανθασμένα στην κλάση (Vapnik et. al, 1992). Ακόμα μια παράμετρος που θεωρείται ως αντισταθμιστική παράμετρος είναι η σταθερά  $C$ .

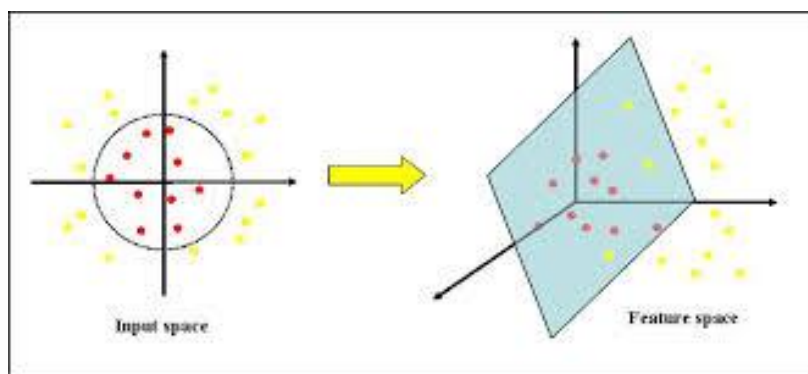
Σκοπός είναι να αντισταθμίσει τη σημαντικότητα της ελαχιστοποίησης των λανθασμένα ταξινομημένων σημείων και του μέγιστου περιθωρίου. Οι τιμές είναι θετικές, ενώ όταν η τιμή της τείνει κοντά στο 0, τότε δεν υπολογίζονται οι χαλαρές μεταβλητές. Η σταθερά σε θεωρείται ως μία ποινή για τα δεδομένα λανθασμένης ταξινόμησης και αυτά που βρίσκονται εντός του περιθωρίου. Στην προκειμένη περίπτωση το περιθώριο θεωρείται ως χαλαρό περιθώριο (Cortes et. al, 1995).



Εικόνα 8: Μέγιστο όριο υπερεπιπέδου ενός SVM ταξινομητή για 2 κλάσεις και η χρήση των χαλαρών μεταβλητών

Ωστόσο τα προβλήματα που πρέπει να διαχειριστούμε συνήθως αποτελούνται από περισσότερες κλάσεις και είναι μη γραμμικά διαχωρισμένα τα δεδομένα. Αυτό οδηγεί στην χρήση μη γραμμικών διανυσματικών μηχανών και την δημιουργία ενός χώρου  $N$ -διαστάσεων από τον αρχικό χώρο των δεδομένων (Mahendra et. al, 2015). Ο χώρος αυτός πολλές φορές ονομάζεται και  $H$ , ενώ συχνά στην βιβλιογραφία συναντάται και ως Hilbert

space και σε αυτόν το χώρο πραγματοποιείται η πράξη του εσωτερικού γινομένου των διανυσμάτων. Ο αρχικός χώρος ονομάζεται χώρος εισόδου, ενώ ο μετασχηματισμένος χώρος ονομάζεται χώρος χαρακτηριστικών. Ουσιαστικά η μεταβολή της διάστασης του χώρου έχει σκοπό την εύρεση του κατάλληλου υπερεπιπέδου για να διαχωριστούν οι κλάσεις (Boser et. al, 1992).



Εικόνα 9:Μεταβολή χώρου εισόδου σε Hilbert space

Ένας σημαντικός παράγοντας είναι η επιλογή πυρήνα της συνάρτησης  $K(x_i, x_j) = U(x_i)^T U(x_j)$  η οποία απλοποιεί το πρόβλημα. Ωστόσο για να απεικονιστεί η συνάρτηση και να μετασχηματιστεί ο χώρος θα πρέπει να πληρούνται οι συνθήκες του θεωρήματος Mercer. Τα είδη των συναρτήσεων πυρήνα είναι η γραμμική συνάρτηση πυρήνα, η πολυωνυμική συνάρτηση ακτινικού πυρήνα και η συνάρτηση σιγμοειδούς πυρήνα (Bernhard et. al, 2002).

Όσον αφορά τον γραμμικό πυρήνα χρησιμοποιείται για δεδομένα τα οποία μπορούν να διαχωριστούν γραμμικά. Η συνάρτηση ορίζεται ως  $k(x_i, x_j) = x_i \cdot x_j$ . Η πολυωνυμική συνάρτηση ορίζεται ως:  $k(x_i, x_j) = (\gamma x_i \cdot x_j + r)^d$ ,  $\gamma > 0$  και το  $d$  είναι η παράμετρος που ορίζεται ως ο βαθμός της συνάρτησης και είναι στην επιλογή του χρήστη η τιμή που θα του δοθεί. Ακόμα ο βαθμός του πολυωνύμου καθορίζει και την απόδοση της συνάρτησης. Η ακτινικής βάσης συνάρτηση ή αλλιώς Γκαουσιανή συνάρτηση πυρήνα έχει την μορφή  $k(x_i, x_j) = \exp\{-\gamma \|x_i - x_j\|^2\}$ ,  $\gamma > 0$  και η παράμετρος  $\gamma$  είναι θετικός αριθμός που ελέγχει την ακτίνα της συνάρτησης. Η τιμή της παραμέτρου ορίζεται μετά από ελέγχους για την βέλτιστη απόδοση της διασταυρωμένης επικύρωσης (cross validation). Η σιγμοειδής συνάρτηση ορίζεται από την συνάρτηση:  $k(x_i, x_j) = \tanh(\gamma x_i \cdot x_j + r)$  και εφαρμόζεται κυρίως στα νευρωνικά δίκτυα, ενώ για την εφαρμογή του ικανοποιείται το θεώρημα Mercer για ένα εύρος τιμών (Bernhard et. al, 2002).

Οι παραλλαγές στις μεθόδους ταξινόμησης των δεδομένων σε πολλές τάξεις είναι συνολικά τρεις, με πιο σημαντικές και ευρέως χρησιμοποιούμενες τις δύο πρώτες. Αρχικά είναι η μέθοδος ταξινόμησης ένα προς όλα ή ένα εναντίον όλων, η οποία κατασκευάζει  $n$  ζεύγη SVM, όπου ο  $n$  ισούται με τον αριθμό των κλάσεων. Η λογική εκπαίδευσης θεωρεί ότι τα δεδομένα των υπόλοιπων κλάσεων έχουν τιμή  $-1$  και τα δεδομένα που ανήκουν στην εκάστοτε κλάση έχουν την τιμή  $1$ . Για να επιλυθεί το πρόβλημα ο αρχικός χώρος εισόδου μετασχηματίζεται σε πολυδιάστατο χώρο και έτσι επιλύεται το πρόβλημα της μη γραμμικότητας των δεδομένων. Τέλος για την αντιστοίχιση των σημείων ανά κλάση η συνάρτηση απόφασης επιλέγεται με βάση την μεγαλύτερη τιμή των  $n$  συναρτήσεων

απόφασης. Η επόμενη μέθοδος είναι η μια εναντίον μίας και ουσιαστικά μέσω αυτής τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται αντιπροσωπεύουν δυο κλάσεις . Ουσιαστικά σύμφωνα με το πρόσημο που θα έχει από την συνάρτηση απόφασης θα αποδοθεί ψήφος σε μία από τις τάξεις και αυτό πραγματοποιείται για όλους τους ταξινομητές με το σημείο να αντιστοιχίζεται στην κλάση με τις περισσότερες ψήφους. Αν υπάρξει ίσος αριθμός ψήφων τότε προτιμάται η επιλογή κάποιας άλλης στρατηγικής ταξινόμησης (Varnik et. al, 1999) .

### **2.6.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μηχανών διανυσμάτων υποστήριξης –SVM**

Οι μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης έχουν και πολλά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα κατά την εφαρμογή τους. Αρχικά ένα κύριο πλεονέκτημα είναι ότι η συγκεκριμένη μέθοδος έχει μία σταθερή μαθηματική βάση και έχει επεξηγηθεί αναλυτικά η διαδικασία εφαρμογής της και η μεθοδολογία η οποία θα ακολουθηθεί. Ακόμα όταν υπάρχουν δεδομένα με θόρυβο δεν επηρεάζεται η λειτουργία της. Κατά την διάρκεια της ταξινόμησης των δεδομένων η σύγκρισή το εκάστοτε διανυσμάτων δεν γίνεται με όλα τα άγνωστα αλλά με το κύριο σημείο το οποίο αντιπροσωπεύει την κάθε κλάση. Η ενσωμάτωση της συνάρτησης πυρήνα μας επιτρέπει τον διαχωρισμό των μη γραμμικών δεδομένων σε πολυδιάστατους χώρους και την γενίκευση στα δεδομένα αυτά. Επίσης δεν υπάρχουν τοπικά ελάχιστα με αποτέλεσμα να έχουμε το ολικό ελάχιστο . Τέλος έχει αντιμετωπιστεί ο κίνδυνός της υπερπροσαρμογής σε κάποιο σύνολο δεδομένων (Maulik et. al, 2017).

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι πρακτικά ελάχιστα. Αρχικά ο χρόνος που απαιτείται για να εκπαιδευτούν τα δεδομένα εκπαίδευσης είναι αρκετός. Ακόμα δεν είναι εύκολα αντιληπτά τα βάρη που έχουν προκύψει , αλλά αυτό αντιμετωπίζεται από τις γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν από τα αποτελέσματα. Τέλος δεν μπορεί με βάση το σύνολο των δεδομένων που πραγματοποιεί την εκπαίδευση να προσαρμοστεί εκ νέου ο αλγόριθμός αλλά πρέπει να γίνει εισαγωγή νέων δεδομένων για την νέα εκπαίδευση (Cortes et. al, 1995).

### **2.6.3 Εφαρμογές των μηχανών διανυσμάτων υποστήριξης –SVM στην τηλεπισκόπηση**

Οι εφαρμογές των διανυσματικών μηχανών υποστήριξης στην τηλεπισκόπηση αφορούν την ταξινόμηση των διαφόρων τύπων εδαφοκάλυψης , την χαρτογράφηση του θαλάσσιου βυθού, των δομημένων εκτάσεων, βιοφυσικών διεργασιών και άλλων εφαρμογών όπως την χαρτογράφηση των γεωλογικών σχηματισμών (Mountrakis et. al , 2011). Τα τελευταία χρόνια ο συγκεκριμένος αλγόριθμος εφαρμόζεται σε όλο και περισσότερες έρευνες, ενώ τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων ακριβείας ειδικά στην ταξινόμηση των τύπων εδαφοκάλυψης φαίνεται να αποδίδουν καλύτερα σε σχέση με τις άλλες μεθόδους (Li et al, 2015). Το μαθηματικό μοντέλο και η κατανομή των δεδομένων διαχωρίζουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα δεδομένα σε σχέση με άλλες μεθόδους όπως τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, η MLC (Maximum Likelihood Classifier) , η DC ( Decision Tree) ακόμα και από την MLP (Multilayer Perceptron Neural Networks),(Huang et al, 2002). Μια προϋπόθεση για την χαρτογράφηση της εδαφοκάλυψης είναι ότι τα εκπαιδευτικά πεδία πρέπει να αποτελούνται από συγγενή αμιγή εικονοστοιχεία και πρέπει να ταυτοποιηθούν από

ομοιογενής περιοχές. Επίσης από τις έρευνες έχει εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η μέθοδος παρουσιάζει ευαισθησία στον θόρυβο των δεδομένων όσον αφορά τα εκπαιδευτικά πεδία και αυτή η ευαισθησία οφείλεται στο γεγονός ότι ο διαχωρισμός των τάξεων στον χώρο των χαρακτηριστικών πραγματοποιείται με βάση τα ακραία σημεία (διανύσματα υποστήριξης). (Li et al, 2015)

Η εφαρμογή της SVM σε τηλεπισκοπικά δεδομένα αποτελούσε κάτι άγνωστο όπως και οι δυνατότητες που παρείχε στον χρήστη καθώς και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Οι Huang, Davis και Townsheld σε μελέτη που πραγματοποίησαν για την ταξινόμηση των τύπων εδαφοκάλυψης χρησιμοποίησαν δεδομένα Landsat TM, χωρικής διακριτικής ικανότητας 30 μ. και αφορούσαν το έτος 1985. Η ταξινόμηση των τύπων εδαφοκάλυψης αφορούσε τρεις τάξεις: το νερό, τις δασικές και τις μη δασικές εκτάσεις. Έγινε σύγκριση τεσσάρων αλγορίθμων, αυτού της SVM, του αλγορίθμου Neural Networks Classifier, του αλγορίθμου των δέντρων απόφασης (Decision Tree) και του Maximum Likelihood Classifier (MLC). Για τον αλγόριθμό SVM έγινε έλεγχος των αποτελεσμάτων και των τεσσάρων πυρήνων. Τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων όσον αφορά τους πυρήνες διέφεραν και αυτό ίσως οφείλεται στην διαφορετική φύση των δεδομένων. Συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους η SVM είχε την καλύτερη απόδοση όσον αφορά την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα ήταν καλύτερα από αυτά του αλγορίθμου των δέντρων απόφασης (Decision Tree) και του Maximum Likelihood Classifier (MLC), αλλά όχι από αυτά του αλγορίθμου των νευρωνικών δικτύων. Αυτό οφείλεται στην μειωμένη δυνατότητα μεταμόρφωσης των ορίων μη γραμμικών κλάσεων από μικρότερων διαστάσεων χώρο σε έναν γραμμικό χώρο πολλών διαστάσεων (Huang et al, 2002).

Το 2016 οι Ballanti, Blesius, Hines και Kruse σε μελέτη που πραγματοποίησαν για την ταξινόμηση των ειδών των δέντρων στα δάση Muir Woods National Monument και Kent Creek Canyon στο Marin της Καλιφόρνια έκαναν σύγκριση των αποτελεσμάτων SVM και Random Forest. Τα δεδομένα που χρησιμοποίησαν ήταν Lidar του σένσορα AISA Eagle ALS60 και χωρικής διακριτικής ικανότητας 2 μέτρων. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από την μελέτη οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ο αλγόριθμός της SVM παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι του αλγορίθμου της Random Forest. Η ταξινόμηση με SVM ήταν πιο ακριβής και οι τάξεις είχαν διαχωριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια (Ballanti et al, 2016).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Mahendra, Shivakumar και Praven το 2015 εφάρμοσαν την SVM για να ταξινομήσουν τους τύπους γης στην περιοχή Udipi της πολιτείας Karnataka της Ινδίας. Η ταξινόμηση έγινε με βάση τα εικονοστοιχεία και τα δεδομένα προέρχονταν από τον Ινδικό δορυφόρο IRS P – 6 ήταν εικόνες LISS και η χωρική διακριτική τους ικανότητα ήταν 23,5 μέτρα. Τα αποτελέσματα ήταν υψηλής ακρίβειας με τους ερευνητές να καταλήγουν ότι η μέθοδος είναι αποδοτική και αποτελεί κατάλληλη επιλογή για ταξινομήσεις (Mahendra et al, 2015).

Ακόμα μία σύγκριση της χρήσης των μηχανών διανυσματικής υποστήριξης και την ταξινόμηση των τύπων εδαφοκάλυψης σε σχέση με άλλους αλγόριθμους πραγματοποιήθηκε για την περιοχή βόρεια του Κόκκινου Ποταμού, στο Βιετνάμ. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της έρευνας ήταν του Ευρωπαϊκού δορυφόρου Sentinel 2, επιπέδου 1 C και χωρικής διακριτικής ικανότητας 2

μέτρων. Η ταξινόμηση έγινε με τρεις διαφορετικές μεθόδους, την SVM , την Random Forest και την k-Nearest Neighbor. Τα εκπαιδευτικά πεδία αποτελούνταν από διαφορετικό αριθμό εικονοστοιχείων για κάθε τάξη. Το μεγαλύτερο ποσοστό ακρίβειας ανήκε στην ταξινόμηση που έγινε με τον αλγόριθμο της SVM αποδεικνύοντας την καταλληλότητα του και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων του (Noi et. al, 2017).

Η μέθοδος έχει την δυνατότητα να αποδίδει και σε ομοιογενής αλλά και σε ετερογενείς περιοχές. Στην πολιτεία της Τζόρτζια των ΗΠΑ, στην περιοχή Gwinnett στην βορειοανατολική Ατλάντα , μια περιοχή που χαρακτηρίζεται από πολύπλοκες χρήσεις γης και τύπους εδαφοκάλυψης έγινε χρήση του αλγορίθμου SVM και του Maximum Likelihood Classifier με σκοπό την ταξινόμηση των τύπων εδαφοκάλυψης. Οι κατηγορίες ήταν συνολικά 10 και τα δεδομένα προερχόταν από τον δορυφόρο Landsat – 5 Thematic Mapper. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κάποια εικονοστοιχεία είχαν ταξινομηθεί λάθος ή και κάποιες περιοχές, αλλά το γενικότερο αποτέλεσμα και των δύο χαρτών ήταν ορθό. Οι μεγαλύτερες εκτιμήσεις ακρίβειας προήλθαν από την SVM ενώ διεξήχθη το συμπέρασμα ότι ο αλγόριθμος αποδίδει καλά και πολύπλοκα φασματικά και χωρικά δεδομένα (Li et. al, 2015).

Όσον αφορά την χαρτογράφηση του θαλάσσιου πυθμένα ο Wicaksono και η ερευνητική του ομάδα έκαναν σύγκριση των εκτιμήσεων της Random Forest, του αναλυτή των δέντρων ταξινόμησης ( Classification Tree Analysis – CTA )και της SVM για την χαρτογράφηση του βυθού του νησιού Kemujan στην Ινδονησία. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι WorldView – 2 , χωρικής διακριτικής ικανότητας 2 μέτρων. Τα καλύτερα αποτελέσματα ήταν αυτά της Random Forest. Η SVM είχε υψηλές ακρίβειες αλλά παρέλειψε τέσσερις κατηγορίες (Wicaksono et al, 2018) .

Τέλος η SVM έχει χρησιμοποιηθεί και για την ταξινόμηση δομημένων περιοχών και των διαχωρισμό των χρήσεων γης / εδαφοκάλυψης. Η περιοχή μελέτης είναι η Haidian που βρίσκεται στο Πεκίνο , πρωτεύουσα της Κίνας. Έγινε σύγκριση των SVM, normal Bayes, classification and regression tree ( CART) και k- nearest neighbor. Τα δεδομένα προέρχονται από τον δορυφόρο WorldView – 2 και είναι χωρικής διακριτικής ικανότητας 2 μέτρων. Οι μέθοδοι με τις ακριβέστερες ταξινομήσεις ήταν οι SVM και η normal Bayes, ωστόσο και οι δύο είχαν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κατά την εφαρμογή τους. Η SVM ταξινομεί με μεγάλη ακρίβεια κάνοντας χρήση μικρό αριθμό δεδομένων αλλά πρέπει ο χρήστης να προβεί σε ρύθμιση των παραμέτρων και είναι χρονοβόρα στην εφαρμογή της. Η normal – Bayes δεν απαιτεί ρύθμιση των παραμέτρων αλλά απαιτεί μεγάλο αριθμό εκπαιδευτικών πεδίων ( Quian et. al, 2014).

### 3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

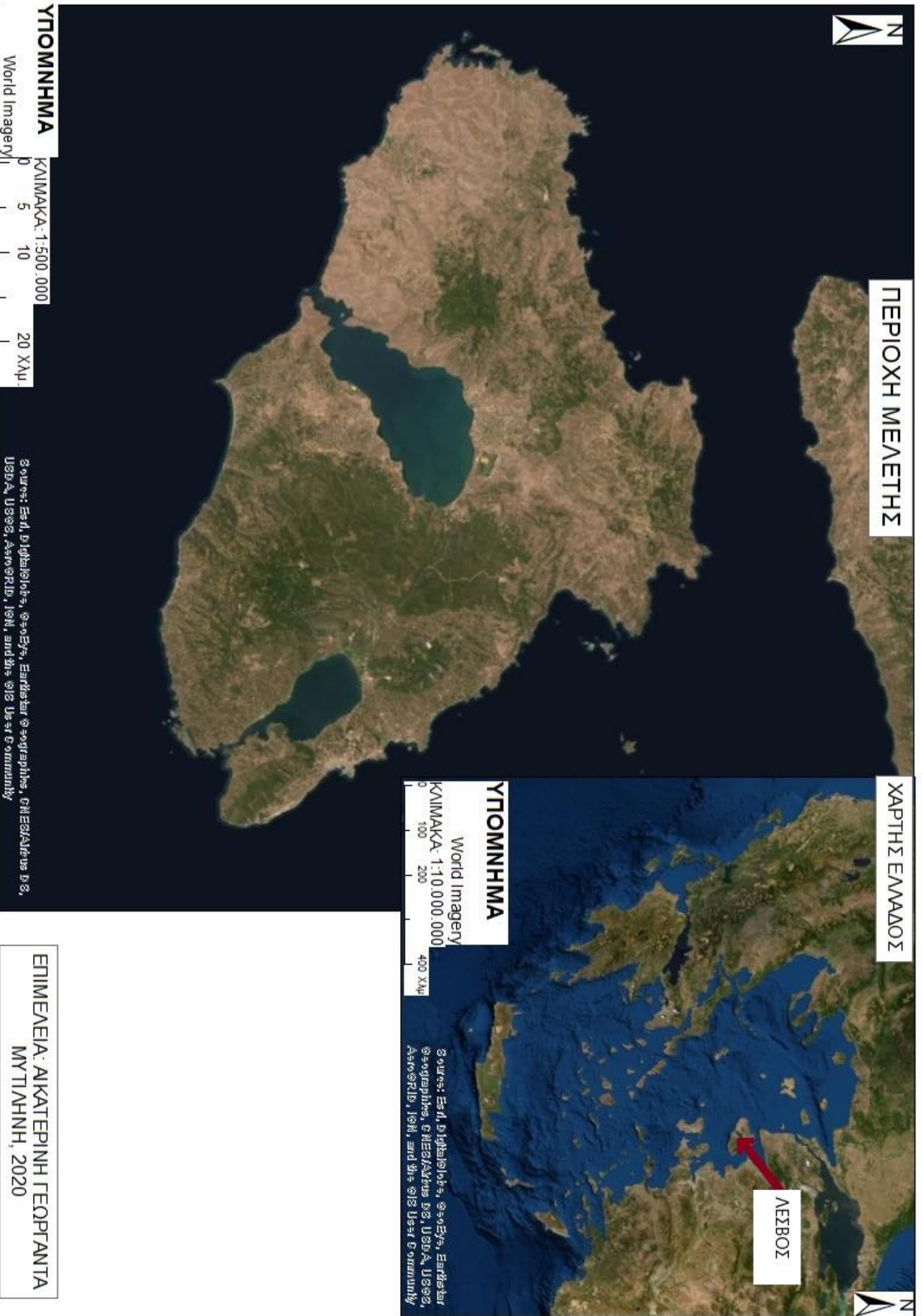
Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση του αλγορίθμου υποστήριξης διανυσματικών μηχανών – SVM με στόχο την ταξινόμηση των τύπων εδαφοκάλυψης της νήσου Λέσβου. Στην προκείμενη ενότητα θα γίνει εισήγηση της περιοχής μελέτης, τις κατηγορίες των διαφόρων τύπων εδαφοκάλυψης και της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την ταξινόμηση.

#### 3.1 Περιοχή μελέτης

Το νησί της Λέσβου ανήκει γεωγραφικά στο Βορειοανατολικό Αιγαίο, αποτελεί το τρίτο μεγαλύτερο νησί σε μέγεθος μετά την Κρήτη και την Εύβοια. Το νησί είναι κοντά στις ακτές της Τουρκίας, απέναντι από τον κόλπο του Αδραμυτίου. Η συνολική έκταση του νησιού είναι 1632 τετραγωνικά χιλιόμετρα και οι ακτές του έχουν συνολικό μήκος 382 χιλιόμετρα (Novak et al, 2000).

Το νησί χαρακτηρίζεται από ένα έντονο και πολυποίκιλο ανάγλυφο, με έντονα μορφολογικά χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν έντονους γεωλογικούς σχηματισμούς καθώς η θέση του χαρακτηρίζεται από έντονη κινητικότητα. Όσον αφορά γενικότερα την γεωμορφολογία του νησιού, στο βόρειο τμήμα του βρίσκεται το όρος Λεπέτυμνος ή αλλιώς Βίγλα με συνολικό ύψος 968 μέτρα και στο νότιο τμήμα το όρος Όλυμπος ή αλλιώς Προφήτης Ηλίας με συνολικό ύψος 967 μέτρα. Ακόμα περιλαμβάνονται και δύο κλειστοί κόλποι, ο κόλπος Καλλονής και ο κόλπος Γέρας που βρίσκονται νότιο τμήμα της Λέσβου, δυτικά και ανατολικά αντίστοιχα και χωρίζουν το νησί σε τρία άνισα τμήματα (Novak et al, 2000). Τα πετρώματα που περιλαμβάνει το νησί είναι κυρίως ηφαιστειακά, ενώ υπάρχουν και μεγάλες καλδέρες όπως αυτή της Βατούσας και δόμοι όπως αυτός του Υψηλού που διαμορφώνουν ένα τοπίο με έντονες υψομετρικές διαφορές (Θωμαΐδου, 2009). Όσον αφορά το κλίμα του νησιού χαρακτηρίζεται ως θερμομεσογειακό, με τους χειμώνες να χαρακτηρίζονται ήπιοι και τα καλοκαίρια χωρίς ιδιαίτερα αυξημένες θερμοκρασίες.





Εικόνα 10: Περιοχή Μελέτης

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΑΝΤΑ  
ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2020

### 3.2 Δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν προϊόν του δορυφόρου Ευρωπαϊκού δορυφόρου Sentinel – 2 ήταν επιπέδου – 2A και 2B χωρικής διακριτικής ικανότητας 20 μέτρων. Τα δεδομένα επιπέδου 2 έχουν υποστεί ραδιομετρική διόρθωση και οι τιμές ανάκλασης είναι Bottom of Atmosphere (BOA) δηλαδή οι τιμές αυτές είναι ανάκλασης του εδάφους. Αποκτήθηκαν από την επίσημη ιστοσελίδα του Copernicus Open Access Hub, μέσω της οποίας παρέχεται στον χρήστη η ικανότητα απόκτησης δεδομένων όλων των αποστολών της οικογένειας των δορυφόρων Sentinel.

Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν είναι συνολικά τρεις, το στιγμιότυπο περιλαμβάνει όλο το νησί με εξαίρεση ένα μικρό τμήμα της περιοχής του Σιγρίου και το νησάκι της Νησιώπης που βρίσκεται απέναντι από το Σίγρι. Αφορούν τις εποχές άνοιξη, καλοκαίρι και φθινόπωρο και οι αντίστοιχες ημερομηνίες είναι 28 Απριλίου του 2018, 12 Ιουλίου του 2018 και 4 Νοεμβρίου του 2018. Οι εικόνες που επιλεγήκαν έχουν κάλυψη νεφών μικρότερη του 20%, ενώ σύμφωνα με τα μεταδεδομένα των εικόνων οι λήψεις είναι μεταξύ των ωρών 11 το πρωί έως και 2 το μεσημέρι. Οι εικόνες της άνοιξης και του φθινοπώρου είναι Sentinel – 2A ενώ η εικόνα του καλοκαιριού είναι Sentinel – 2B.



### 3.3 Επεξεργασία εικόνων

Οι εικόνες Sentinel συνολικά διαθέτουν 13 κανάλια εκ των οποίων τα 4 κανάλια έχουν χωρική διακριτική ικανότητα 10 μέτρων, 6 κανάλια έχουν χωρική διακριτική ικανότητα 20 μέτρων και 3 κανάλια που έχουν χωρική διακριτική ικανότητα 60 μέτρων (ESA, SENTINEL – 1,2017). Για τους σκοπούς της μελέτης των τύπων εδαφοκάλυψης επιλέχτηκαν συνολικά 10 κανάλια από κάθε εικόνα, τα οποία ήταν χωρικής διακριτικής ικανότητας 10 και 20 μέτρων.

Πραγματοποιήθηκε μετατροπή του συστήματος συντεταγμένων σε ΕΓΣΑ 87 για κάθε κανάλι ξεχωριστά. Αυτή η διαδικασία έγινε και για τις τρεις ημερομηνίες. Στην συνέχεια έγινε συνένωση των καναλιών και δημιουργήθηκε μία εικόνα 30 καναλιών. Η εικόνα που δημιουργήθηκε και αποτελείται από τρεις διαφορετικές ημερομηνίες που ανήκουν στις τρεις διαφορετικές εποχές( άνοιξη, καλοκαίρι και φθινόπωρο) μας παρέχουν την δυνατότητα καλύτερων αποτελεσμάτων. Αυτό στηρίζεται στην θεωρία ότι τα πολυδιαχρονικά δεδομένα λειτουργούν ως αντισταθμιστικός παράγοντας στις περιορισμένες φασματικές πληροφορίες που οφείλονται στις φαινολογικές διαφορές που επικρατούν μεταξύ των διαφόρων φυτικών ειδών. (Key et. al, 2001). Σύμφωνα με την θεωρία ο φαινότυπος των φυτικών ειδών ποικίλει και επηρεάζεται από παράγοντες όπως η υγρασία εδάφους, την θερμοκρασία εδάφους, τον ηλιακό φωτισμό και την φωτοπερίοδο.

Όσον αφορά τον ορισμό της φαινολογίας είναι η μελέτη του συγχρονισμού επανάληψης των βιολογικών γεγονότων κατά την οποία τα φυτά το φθινόπωρο βρίσκονται στο βλαστικό στάδιο όπως και το χειμώνα, την άνοιξη που βρίσκονται στο στάδιο της ανθοφορία και μετά στην καρποφορία και τέλος το καλοκαίρι που χαρακτηρίζεται μία περίοδο λήθαργου για τα φυτά. Η φαινομενολογία έχει παρουσιάσει ενδιαφέρον στην τηλεπισκόπηση για εφαρμογές όπως η μελέτη της πρωτογενούς παραγωγής, της χαρτογράφησης καλλιεργειών, της ταξινόμησης τύπων εδαφοκάλυψης και την μελέτη βιογεωχημικών μοντέλων.

Τα διαχρονικά δεδομένα λόγω του γεγονότος ότι έχουν ληφθεί παρουσία διαφορετικών ατμοσφαιρικών συνθηκών έχουν το πλεονέκτημα της αποτελεσματικότερης σύγκρισης. Έπειτα οι φαινολογικές μεταβολές που χαρακτηρίζουν την εκάστοτε εποχή μας επιτρέπουν την συλλογή περισσότερων πληροφοριών για τα φυτικά είδη.



Εικόνα 12: Εικόνα περιοχής μελέτης

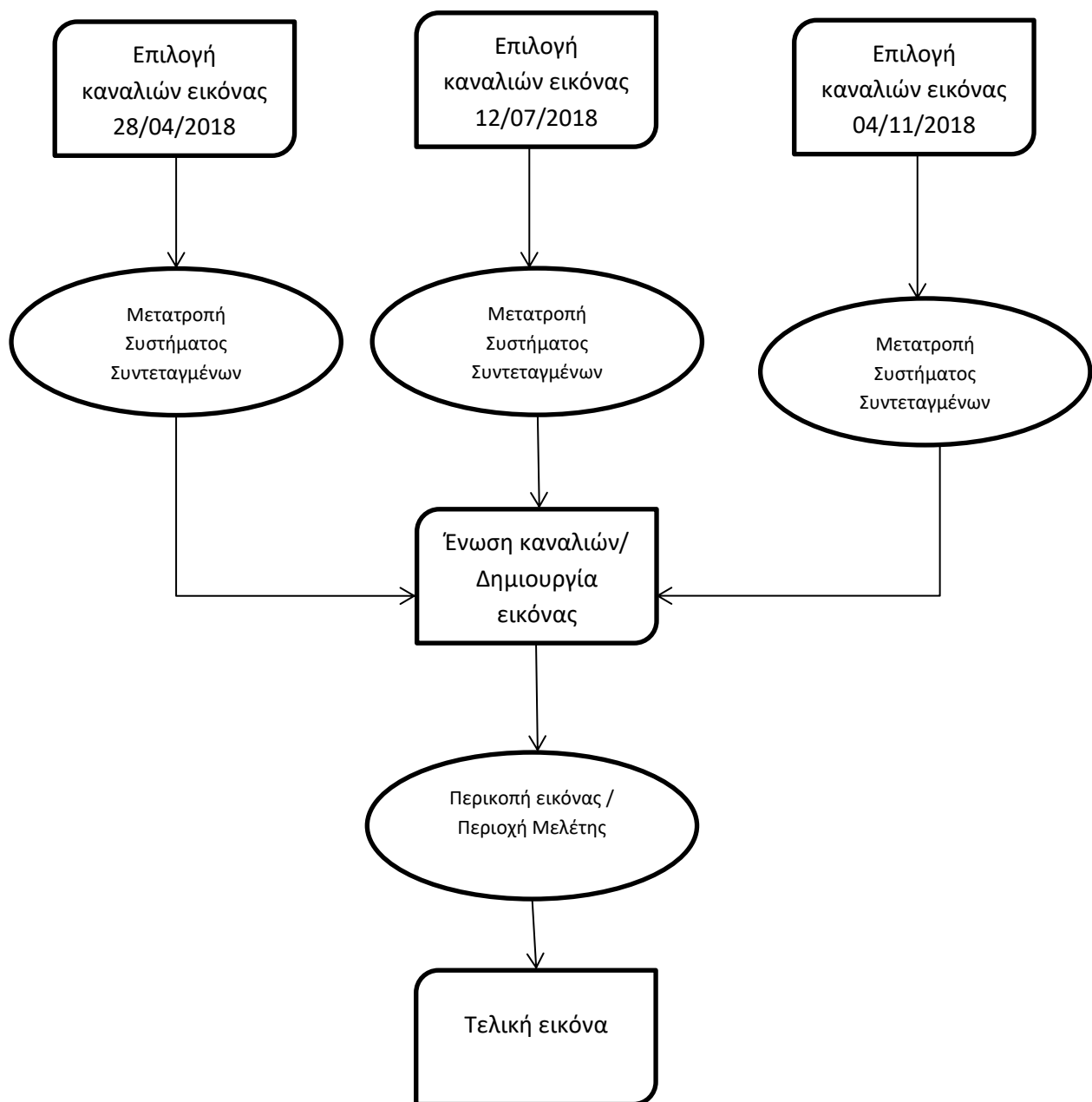
Στην συνέχεια η τελική εικόνα που προέκυψε περικόπηκε και έμεινε η περιοχή μελέτης που είναι το νησί της Λέσβου και ένα μικρό κομμάτι των Μικρασιατικών ακτών. Ο συνολικός αριθμός των καναλιών της εικόνας είναι 30 κανάλια. Τα πρώτα 10 κανάλια ανήκουν στην εικόνα που έχει ληφθεί στις 28 Απριλίου, τα επόμενα 10 σε αυτή του Ιουλίου ενώ τα τελευταία 10 στην εικόνα του Νοεμβρίου και η σειρά των καναλιών είναι φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: Κανάλια SENTINEL - 2

Σειρά Καναλιών	Κανάλι – Εικόνα [ Ημ/Μήνας]
1 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 2 – 28/04
2 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 3 – 28/04
3 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 4 – 28/04
4 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 5 – 28/04
5 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 6 – 28/04
6 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 7 – 28/04
7 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 8 – 28/04
8 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 8α – 28/04
9 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 11 – 28/04
10 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 12 – 28/04
11 κανάλι	Κανάλι 2 – 12/07
12 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 3 – 12/07
13 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 4 – 12/07
14 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 5 – 12/07
15 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 6 – 12/07
16 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 7 – 12/07
17 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 8 – 12/07
18 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 8α – 12/07
19 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 11 – 12/07
20 <sup>ο</sup> κανάλι	Κανάλι 12 – 12/07

21° κανάλι	Κανάλι 2 – 04/11
22° κανάλι	Κανάλι 3 – 04/11
23° κανάλι	Κανάλι 4 – 04/11
24° κανάλι	Κανάλι 5 – 04/11
25° κανάλι	Κανάλι 6 – 04/11
26° κανάλι	Κανάλι 7 – 04/11
27° κανάλι	Κανάλι 8 – 04/11
28° κανάλι	Κανάλι 8α – 04/11
29° κανάλι	Κανάλι 11 – 04/11
30° κανάλι	Κανάλι 12 – 04/11

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η συνολική διαδικασία της επεξεργασίας της εικόνας.



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Επεξεργασίας Εικόνας

### 3.4 Επιλογή τύπων εδαφοκάλυψης

Όσον αφορά την επιλογή των τύπων εδαφοκάλυψης του νησιού έγινε με βάση αρχείο που δόθηκε από το εργαστήριο Χαρτογραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Το αρχείο περιείχε ένα αρχείο ψηφιδωτής μορφής ( raster) και ένα αρχείο διανυσματικής μορφής ( vector). Περιείχε συνολικά 19 κατηγορίες εδαφοκάλυψης σε όλο το νησί. Οι κατηγορίες που συναντώνται στο νησί είναι σύμφωνές με αυτές των επιπέδων του Corine, αλλά το παρόν αρχείο περιέχει με περισσότερη ακρίβεια και λεπτομέρεια τους τύπους εδαφοκάλυψης. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

- Αραιά Αείφυλλα Σκληρόφυλλα
- Αραιή Τραχεία Πεύκη
- Γυμνό Έδαφος
- Δομημένες Εκτάσεις
- Δρυς
- Δρυς – Ελαιώνες
- Ελαιώνες
- Καλλιέργειές
- Καστανιώνας
- Λοιπά Πλατύφυλλα
- Μαύρη Πεύκη
- Νεαρό Δάσος
- Παραλία
- Παραρεμάτια Βλάστηση
- Πυκνά Αείφυλλα Σκληρόφυλλα
- Πυκνή Τραχεία Πεύκη
- Υδάτινές Επιφάνειες
- Φρυγανότοπος
- Χορτολιβαδικές Εκτάσεις

Για να επιλεγούν οι κατηγορίες που θα ταξινομούνταν στην παρούσα εργασία έγινε χρήση του αρχείου και του Google Earth. Μέσω παρατηρήσεων που πραγματοποιήθηκαν για όλες τις κατηγορίες και τις περιοχές του νησιού από το Google Earth, έγινε επαλήθευση των διαφόρων τύπων και επιλέχθηκαν οι περιοχές που θα γινόταν η λήψη των εκπαιδευτικών πεδίων. Στόχος ήταν η εξαγωγή ομοιογενών πολυγώνων.

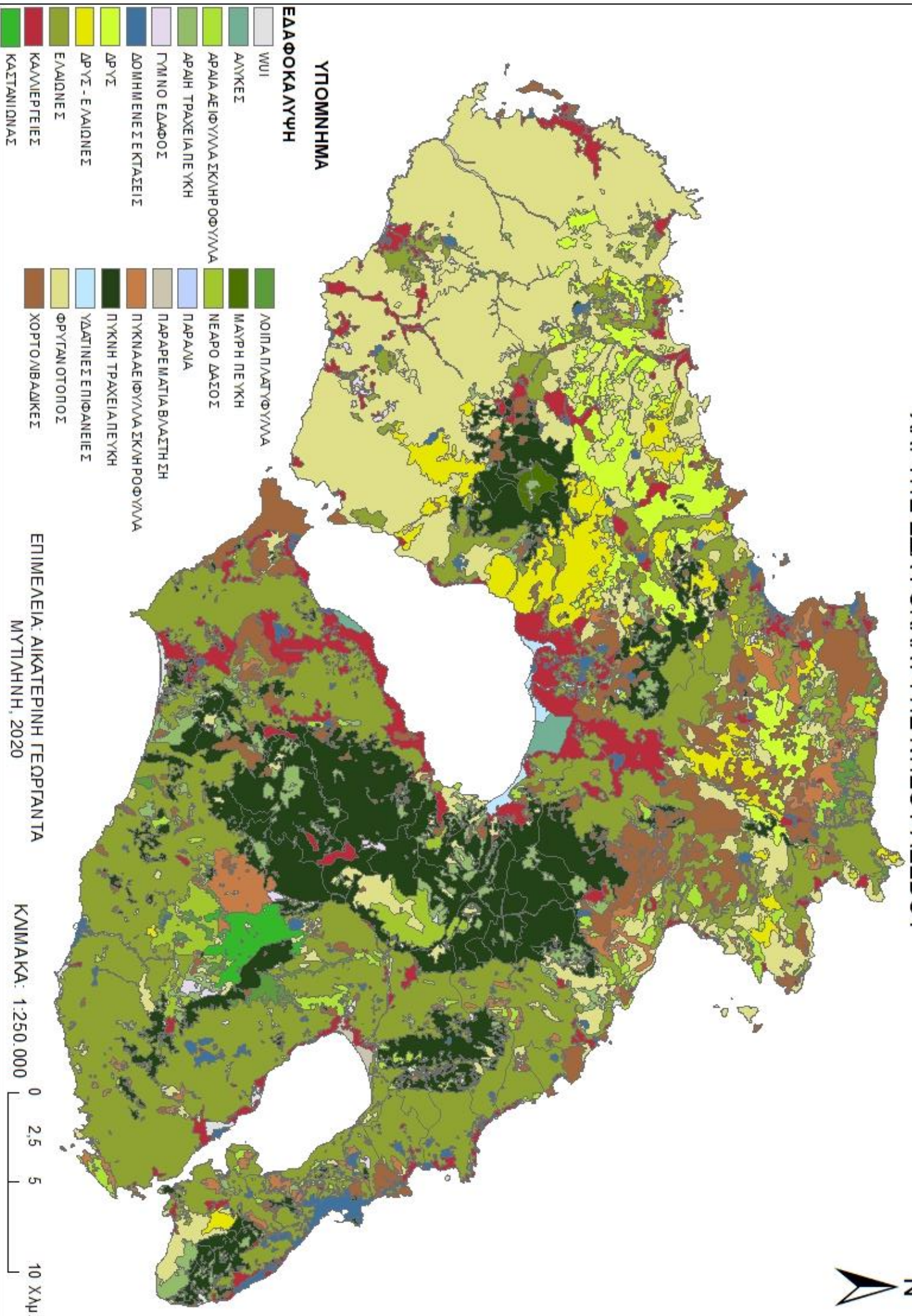
Κατηγορίες όπως η παραρεμάτια βλάστηση ή η παραλία δεν αποτέλεσαν ξεχωριστές κατηγορίες καθώς ο αριθμός των εκπαιδευτικών σημείων θα ήταν αρκετά μικρός και θα υπήρχε δυσκολία διαχωρισμού της κατηγορίας. Επίσης η περιοχή μελέτης είναι αρκετά μεγάλη και η περιοχή μικρή. Στο νεαρό δάσος παρατηρήθηκε ότι το ύψος της κόμης ήταν μικρό και η βλάστηση ήταν αραιή. Επίσης η κατηγορία Δρυς – Ελαιώνες δεν αποτέλεσε ξεχωριστό τύπο εδαφοκάλυψης καθώς οι περιοχές που ανήκαν στην εν λόγω κατηγορία μπορούσαν να ταξινομηθούν και να διαχωριστούν στην εκάστοτε κατηγορία (δρυς ή ελαιώνες). Τα πυκνά αείφυλλα σκληρόφυλλα περιλαμβάνουν τα πυκνά αείφυλλα σκληρόφυλλα και τα αραιά αείφυλλα σκληρόφυλλα, ενώ η τραχεία πεύκη συμπεριλαμβάνει και την πυκνή τραχεία πεύκη και την αραιή τραχεία πεύκη.

Οι κατηγορίες εδαφοκάλυψης που εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος SVM για την ταξινόμηση τους είναι οι εξής:

- Ελαιώνες
- Δρυς
- Φρυγανότοπος
- Δομημένες Εκτάσεις
- Τραχεία Πεύκη
- Καστανιώνας
- Μαύρη Πεύκη
- Αείφυλλα Σκληρόφυλλα
- Γυμνό έδαφος
- Χορτολιβαδικές εκτάσεις
- Λοιπά Πλατύφυλλα
- Καλλιέργειες
- Υδάτινες επιφάνειες

Παρακάτω βλέπουμε τον χάρτη εδαφοκάλυψης του νησιού σύμφωνα με τα δεδομένα του εργαστηρίου.

# ΧΑΡΤΗΣ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΣΒΟΥ



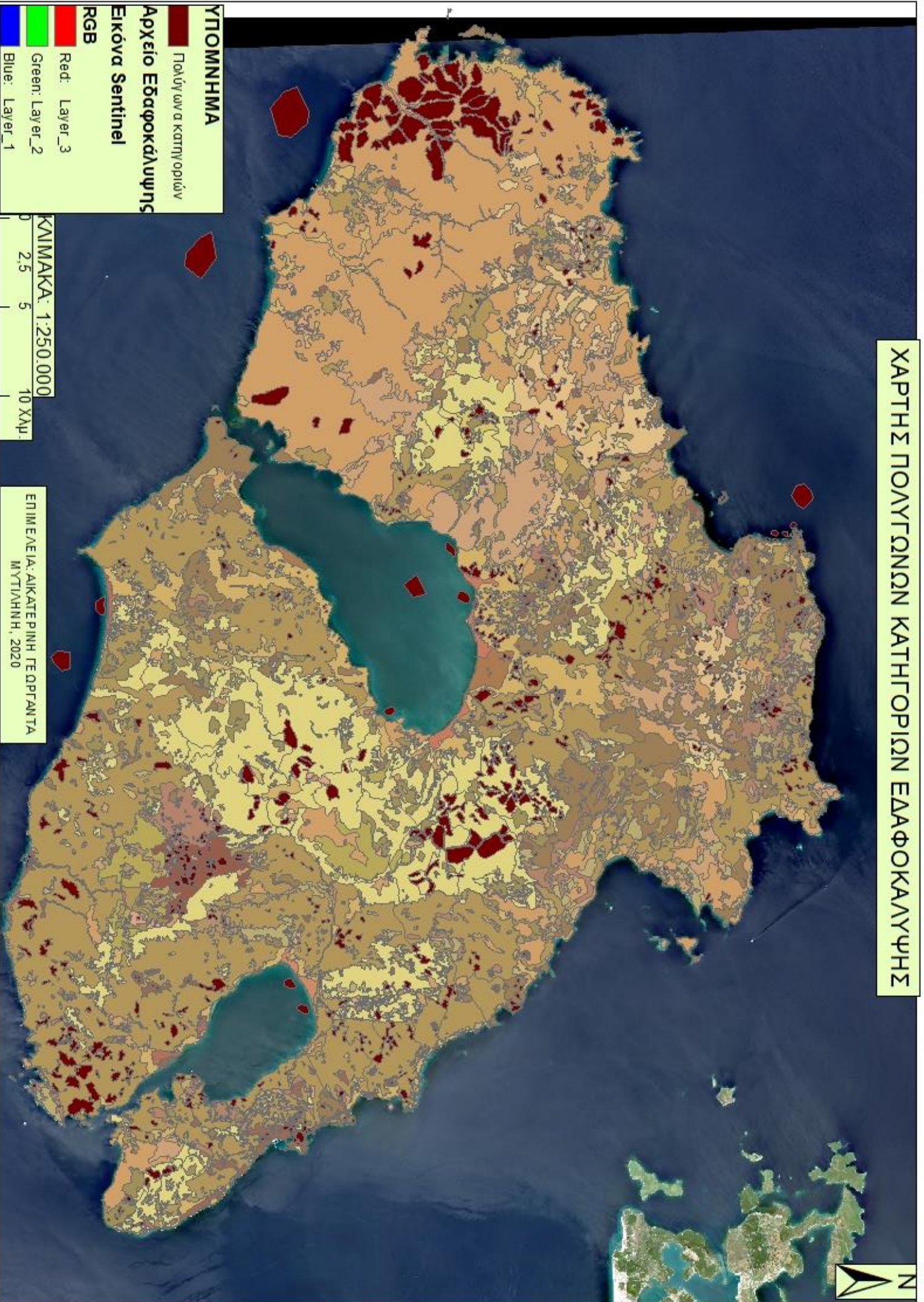
Εικόνα 13: Χάρτης Εδαφοκάλυψης Νήσου Λέσβου



### 3.5 Δημιουργία σημείων ανά τάξη

Το επόμενο βήμα μετά τον καθορισμό των τύπων εδαφοκάλυψης ήταν να δημιουργηθούν κάποια πολύγωνα για κάθε κατηγορία ξεχωριστά. Τα πολύγωνα αυτά κατηγοριοποιήθηκαν με βάση τον τύπο που ανήκαν, ενώ οι περιοχές στις οποίες δημιουργήθηκαν τα πολύγωνα ήταν ομοιογενής ως προς το είδος της πληροφορίας. Ως υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκε η εικόνα Sentinel και το αρχείο με τους τύπους εδαφοκάλυψης. Ακόμα για την επιβεβαίωση της πληροφορίας κάθε περιοχής γινόταν χρήση Google Earth για την καλύτερη παρατήρηση. Αρχικά τα οι κατηγορίες οι οποίες δημιουργήθηκαν ήταν συνολικά 14 και τα πολύγωνα δημιουργήθηκαν στο λογισμικό ArcMap 10.4. Η σύμπτυξη δύο κατηγοριών με τον συνολικό βαθμό να μεταβάλλεται στις 13 κατηγορίες έγινε στο στάδιο του προγραμματισμού κατά την προσπάθεια της δημιουργίας των μοντέλων στο λογισμικό Matlab, οπότε εκεί θα γίνει και εκτενέστερη αναφορά σχετικά με αυτή την μεταβολή. Παρακάτω παρατίθεται ο χάρτης με του νησιού με τα πολύγωνα όπως έχουν διανεμηθεί.

ΧΑΡΤΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Πολύγωνα Κατηγοριών

Αρχείο Εδαφοκάλυψης

Εικόνα Sentinel

RGB

Red: Layer\_3

Green: Layer\_2

Blue: Layer\_1

ΚΑΙΜΑΚΑ: 1:250.000  
0 2.5 5 10 Χλμ.

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΑΝΤΑ  
ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2020

Εικόνα 14: Χάρτης πολυγώνων κατηγοριών

Στην συνέχεια με βάση τα πολύγωνα έγινε εξαγωγή σημείων ανά κατηγορία. Τα σημεία είχαν ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους 20 μέτρα. Για κάθε κατηγορία υπάρχει διαφορετικός αριθμός σημείων. Η κάθε κατηγορία έχει τον ακόλουθο αριθμό σημείων.

**Πίνακας 3: Κατηγορίες Εδαφοκάλυψης**

<b>Κατηγορία</b>	<b>Αριθμός σημείων</b>
<b>Ελαιώνες</b>	9.561
<b>Δρυς</b>	1.636
<b>Φρυγανότοπος</b>	5.342
<b>Δομημένες εκτάσεις</b>	1.239
<b>Τραχεία Πεύκη</b>	5.347
<b>Καστανιώνας</b>	956
<b>Μαύρη Πεύκη</b>	431
<b>Αείφυλλα Σκληρόφυλλα</b>	1.162
<b>Γυμνό Έδαφος</b>	275
<b>Χορτολιβαδικές Εκτάσεις</b>	1.639
<b>Λοιπά Πλατύφυλλα</b>	284
<b>Καλλιέργειες</b>	917
<b>Υδάτινες επιφάνειες</b>	1.324
<b>Σύνολο κατηγοριών</b>	30.113

Τα σημεία αυτά τοποθετήθηκαν με βάση τα πολύγωνα , αλλά τυχαία στον χώρο. Για το κάθε σημείο έγινε εξαγωγή των τιμών της εικόνας. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι δημιουργήθηκε ένας πίνακας με 30 στήλες που η κάθε στήλη αντιστοιχούσε και σε ένα κανάλι. Ο πίνακας που δημιουργήθηκε αποτελεί το dataset που εισήχθηκε στην συνέχεια στο λογισμικό Matlab για την εφαρμογή του αλγορίθμου και την δημιουργία των μοντέλων.

### 3.6 Εφαρμογή της SVM

Για την εφαρμογή του αλγορίθμου των διανυσματικών μηχανών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Matlab. Το Matlab είναι ένα κλειστό λογισμικό, το οποίο χρησιμοποιείται για αριθμητικούς και συμβολικούς υπολογισμούς και την δημιουργία γραφημάτων. Το όνομα του προέρχεται από τις λέξεις Matrix και Laboratory, ενώ παρόμοια προγράμματα με αυτό είναι το Mathematica και το Maple.

Στο παρόν λογισμικό εισήχθη ο 30.113 γραμμών και 31 στηλών πίνακας με τα σημεία. Λόγω του μεγάλου αριθμού που αντιστοιχούσε στην πρώτη κατηγορία που ανήκουν οι ελαιώνες, αποφασίστηκε από τα 9561 σημεία να γίνει μείωση του αριθμού τους και να μείνουν 4000 σημεία που επιλεγήκαν τυχαία από το σύνολο. Το σύνολο των σημείων που προέκυψαν συνολικά και θα διαχωριζόταν στα εκπαιδευτικά πεδία και τα πεδία ελέγχου ήταν 24,552 σημεία.

Οι πρώτες 30 στήλες του πίνακα περιείχαν τις τιμές του κάθε καναλιού με την σειρά που βρίσκεται ενώ η 31<sup>η</sup> αναγράφει την κατηγορία την που ανήκει το εκάστοτε σημείο ( η κατηγορία του σημείου αντιστοιχεί στην κατηγορία που ανήκε το πολύγωνο του). Επίσης η σειρά των σημείων ήταν τυχαία στον πίνακα. Έγινε διαχωρισμός του συγκεκριμένου πίνακα σε δύο set με το πρώτο να περιλαμβάνει τις πρώτες 30 στήλες και το άλλο set την 31<sup>η</sup> στήλη.

Το 70% του συνόλου του πίνακα αποτέλεσε τα εκπαιδευτικά πεδία (training samples) και το 30% αποτέλεσε τα πεδία ελέγχου (validation samples). Ο αριθμός των εκπαιδευτικών σημείων ανέρχεται στα 17,186 και των σημείων ελέγχου στα 7,366 σημεία. Για να χτιστούν τα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν τα δείγματα εκπαίδευσης, βάση των οποίων θα γίνει και η διαμόρφωση των μοντέλων.

Στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκε ο ταξινομητής διανυσματικών μηχανών υποστήριξης για μια κλάση ή δυαδική ταξινόμηση `fitsvm`. Οι δυνατότητες που αποκτούμε μέσω αυτής της συνάρτησης είναι η διασταυρωμένη επικύρωση της πληροφορίας ( cross validation), για ομάδες μικρών ή μετρίων διαστάσεων δεδομένων πρόβλεψης. Ακόμα η `fitsvm` υποστηρίζει την χρήση πυρήνων Kernel. Το μοντέλο χτίστηκε με βάση τα πεδία εκπαίδευσης, ενώ χρησιμοποιήθηκε η ακτινωτής βάσης συνάρτηση (radial basic function ή RBF Kernel ).

Ο πυρήνας RBF αποτελείται από δύο παραμέτρους όπως έχει ειπωθεί και στην θεωρία. Αρχικά είναι η παράμετρος κανονικοποίησης ή C και η παράμετρος της Γκαουσιανής συνάρτησης πυρήνα ή παράμετρος  $\gamma$ . Η παράμετρος  $\gamma$  είχε την τιμή 1 προς τον αριθμό των καναλιών της εικόνας ( συνολικά 30 κανάλια) δηλαδή  $\gamma=0,03$ .

Μαζί με την δημιουργία των μοντέλων παράλληλα δημιουργήθηκαν και γραφήματα με στόχο την απεικόνιση της κατανομής των σημείων στο κάθε μοντέλο. Ακόμα η ταξινόμηση επιλέχτηκε να γίνει με βάση την μεγαλύτερη πιθανότητα αντιστοίχισης. Πριν την χρήση της συνάρτησης Posterior Probability είχε παρατηρηθεί το φαινόμενο να αντιστοιχίζεται μεγάλο μέρος των δειγμάτων εκπαίδευσης στην τελευταία κατηγορία που είναι η θάλασσα. Η ταξινόμηση αυτή δεν ήταν ορθή και το πρόβλημα ουσιαστικά προερχόταν από το γεγονός ότι κατά την ταξινόμηση, όταν δεν έβρισκε την μεγαλύτερη τιμή τα αντιστοιχούσε στην τελευταία κλάση, χωρίς να ανήκουν σε αυτή. Η ταξινόμηση γινόταν με βάση το 0 και 1. Στον

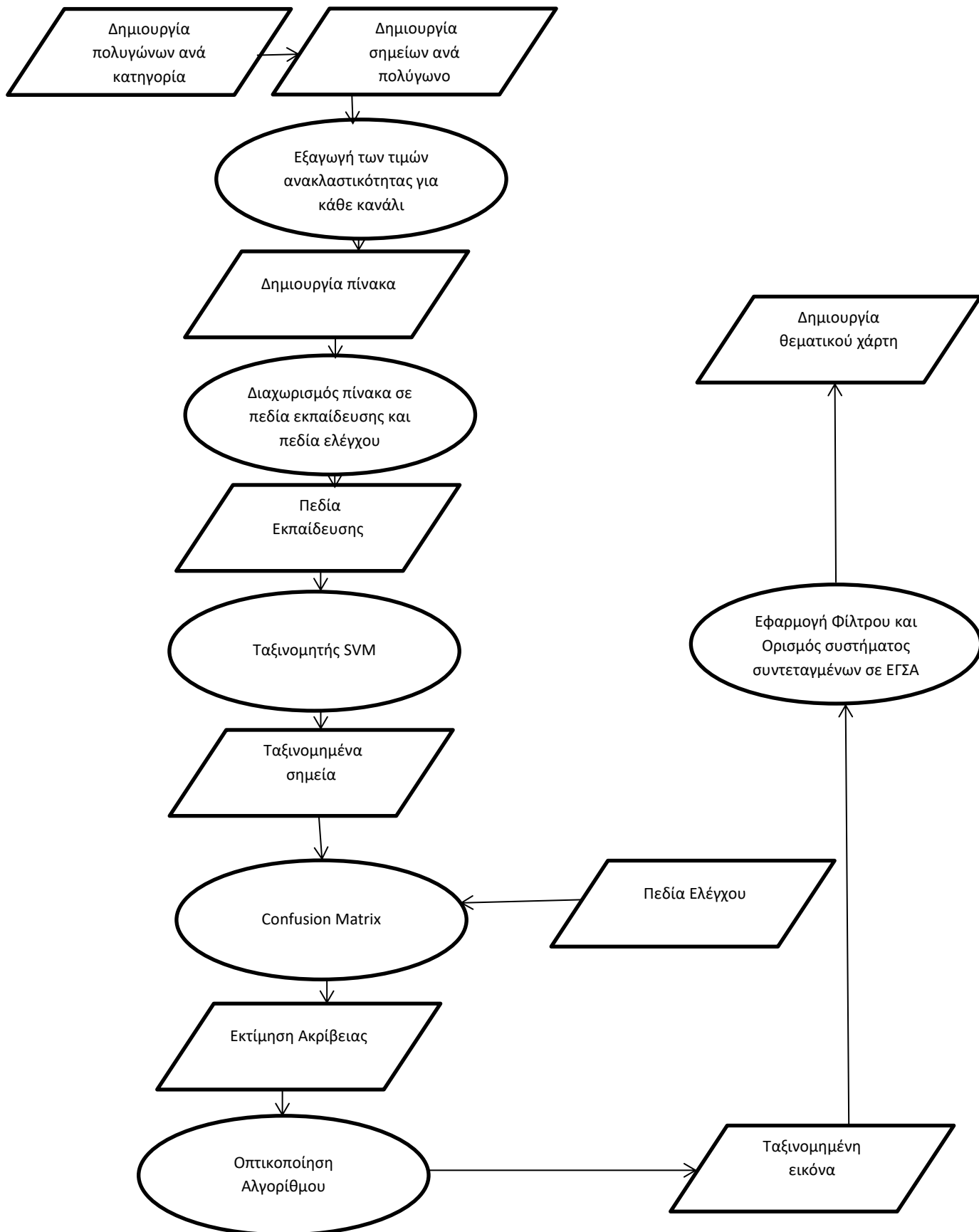
πίνακα που ήταν τα δείγματα, αν θεωρούσε ότι ανήκαν παραδείγματός χάριν στην 3<sup>η</sup> κλάση τα αντιστοιχούσε κατευθείαν εκεί βάζοντας την τιμή 1, χωρίς να κάνει έλεγχο για τις υπόλοιπες.

Η χρήση της συνάρτησης Posterior Probability ουσιαστικά για το κάθε σημείο έκανε έλεγχο των πιθανοτήτων να αντιστοιχίζεται το εκάστοτε σημείο στο κάθε μοντέλο και στην συνέχεια έκανε την αντιστοίχιση σε αυτό που παρουσίαζε το μεγαλύτερο ποσοστό. Το αποτέλεσμα ήταν η ορθότερη και ακριβέστερη ταξινόμηση, καθώς και η αντιμετώπιση του προβλήματος της αντιστοίχισης των μη ταξινομημένων σημείων στην τελευταία κλάση.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αντιστοίχισης των σημείων με την προβλεπόμενη κατηγορία δημιουργήσαμε ένα γράφημά που απεικονίζει το ποσοστό ακρίβειας αντιστοίχισης των σημείων με το κάθε μοντέλο / κατηγορία. Με βάση τα μοντέλα που χτίστηκαν έγινε ταξινόμηση των εικονοστοιχείων της εικόνας. Η διαδικασία ταξινόμησης ή αντιστοίχισης των εικονοστοιχείων συνολικά χρειάστηκε 189 ώρες δηλαδή σχεδόν 8 ημέρες.

Στην ταξινομημένη εικόνα εφαρμόστηκε φίλτρο πλειοψηφίας ώστε να απορροφηθούν μικρές κατηγορίες . Στην συνέχεια ορίστηκαν στη εικόνα συντεταγμένες. Το προβολικό σύστημα που ορίστηκε είναι το ΕΓΣΑ87. Τέλος, έγινε η δημιουργία του θεματικού χάρτη.

Στο παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε την διαδικασία που ακολουθήθηκε συνολικά.



Διάγραμμα 2: Διάγραμμα Εφαρμογής SVM

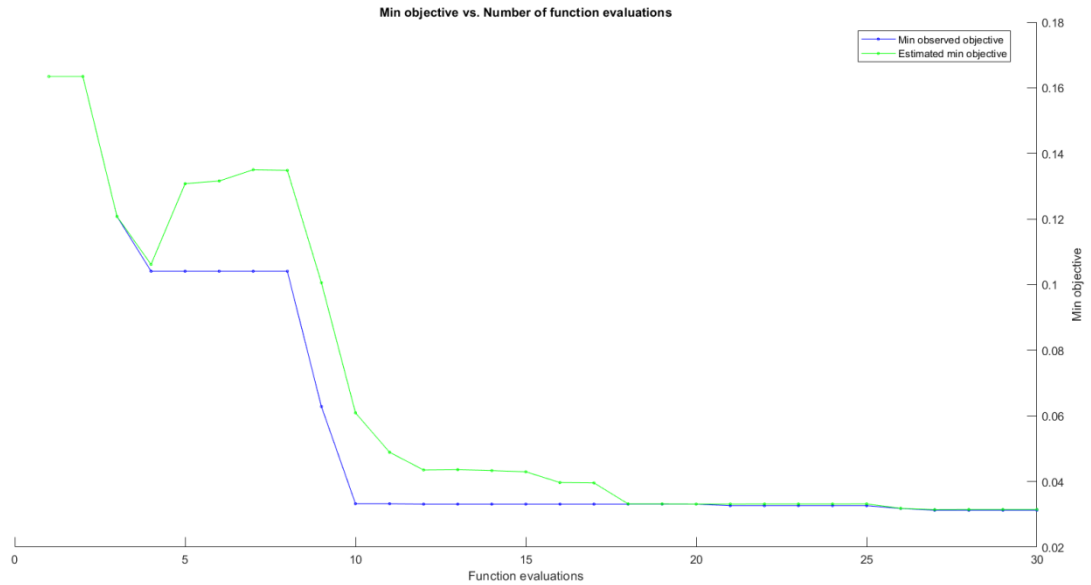
## 4. ΑΠΟΤΕΣΜΑΤΑ

### 4.1 Επεξήγηση διαγραμμάτων των μοντέλων

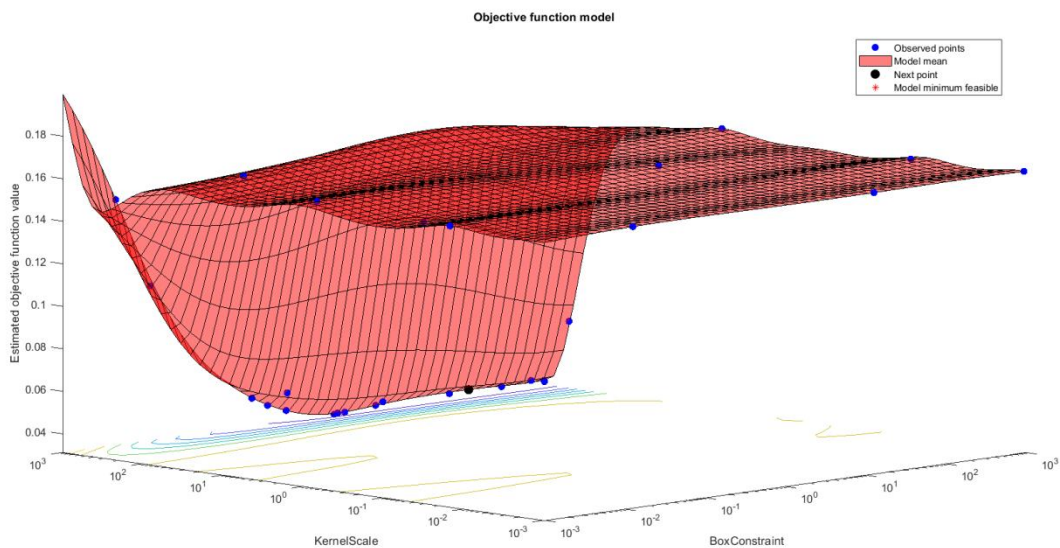
Για την επίλυση του προβλήματος και την εύρεση της βέλτιστης λύσης χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιείται αλγόριθμός τοπικής αναζήτησης. Οι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι συμβάλλουν στο να επιλυθούν προβλήματα βελτιστοποίησης, ενώ η καλύτερη λύση δίνεται με την βοήθεια της αντικειμενικής συνάρτησης. Ουσιαστικά η αντικειμενική συνάρτηση μας επιτρέπει να εντοπίσουμε το μέγιστο περιθώριο που θα διαχωρίσει τα υπερεπίπεδα. Η αντικειμενική συνάρτηση απαρτίζεται από κάποιους περιορισμούς όπως έχει ειπωθεί και παραπάνω. Τα διαγράμματα που θα αναλυθούν παρακάτω εξετάζουν τις τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης, τις ελάχιστες τιμές της για το κάθε μοντέλο ξεχωριστά και τις τιμές των παραμέτρων  $C$  και  $\gamma$  (gamma).

Αρχικά παρατηρούμε τον διαχωρισμό των ελαιώνων όπως θα φανεί και από τα παρακάτω plots. Στο πρώτο αποτυπώνεται η ελάχιστη αντικειμενική συνάρτηση αλλά και η εκτιμώμενη ελάχιστη αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου, με βάση των αριθμό των αξιολογήσεων που πραγματοποιήθηκαν, ενώ στο δεύτερο plot απεικονίζονται οι τιμές της σταθεράς  $\gamma$  και της παραμέτρου  $C$ . Στο διάγραμμα 1 παρατηρούμε ότι η ελάχιστη αντικειμενική συνάρτηση ήταν ίση με 0,0313 και η εκτιμώμενη αντικειμενική συνάρτηση ήταν 0.0316 με την διαφορά να είναι πολύ μικρή και να μας επιτρέπει το βέλτιστο διαχωρισμό των ελαιώνων από τις υπόλοιπες κατηγορίες ταξινόμησης.

Στο δεύτερο διάγραμμα στον οριζόντιο άξονα η τιμή του  $\text{KernelScale}$  (gamma) είναι 998,6974. Η τιμή του  $\text{Box Constraint}$  (παραμέτρος  $C$ ) είναι χαμηλή, με την τιμή της να ισούται με 3,3847 και αυτό αντιστοιχεί σε ένα περιθώριο που δεν είναι μεγάλο ( $C$  τείνει στο 0) ώστε να αγνοούνται οι μεταβλητές χαλαρότητας, αλλά ούτε και ένα μικρό περιθώριο μικρό που να επιβάλει “ποινή” στο μοντέλο και τα λάθος ταξινομημένα σημεία (hard margin SVM). Στο διάγραμμά απεικονίζονται και οι εφικτές λύσεις όπως και το ελάχιστο εφικτό (feasible) σημείο του μοντέλου. Το σύνολο των εφικτών λύσεων, δηλαδή αυτών που πληρούν όλους τους περιορισμούς είναι ο ονομαζόμενος εφικτός χώρος ή αλλιώς εφικτή περιοχή και στο διάγραμμα αποτυπώνεται με μπλέ γραμμές. Τα σημεία σχετικά με την αντικειμενική συνάρτηση εκτείνονται από την ελάχιστη τιμή της που αντιστοιχεί στο 0,0313 και την μέγιστή τιμή της.



Εικόνα 15 : Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Ελαιώνες

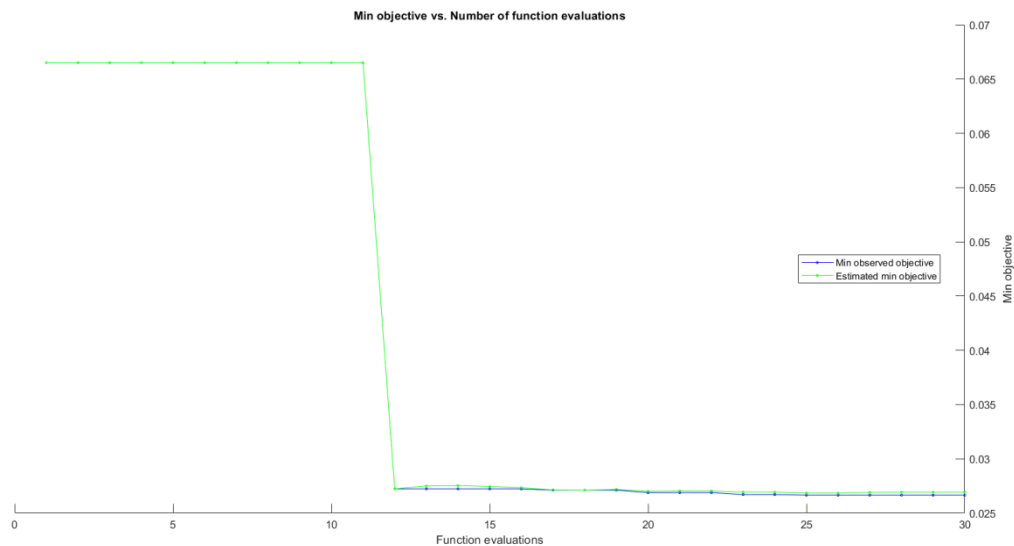


Εικόνα 16: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης -Ελαιώνες

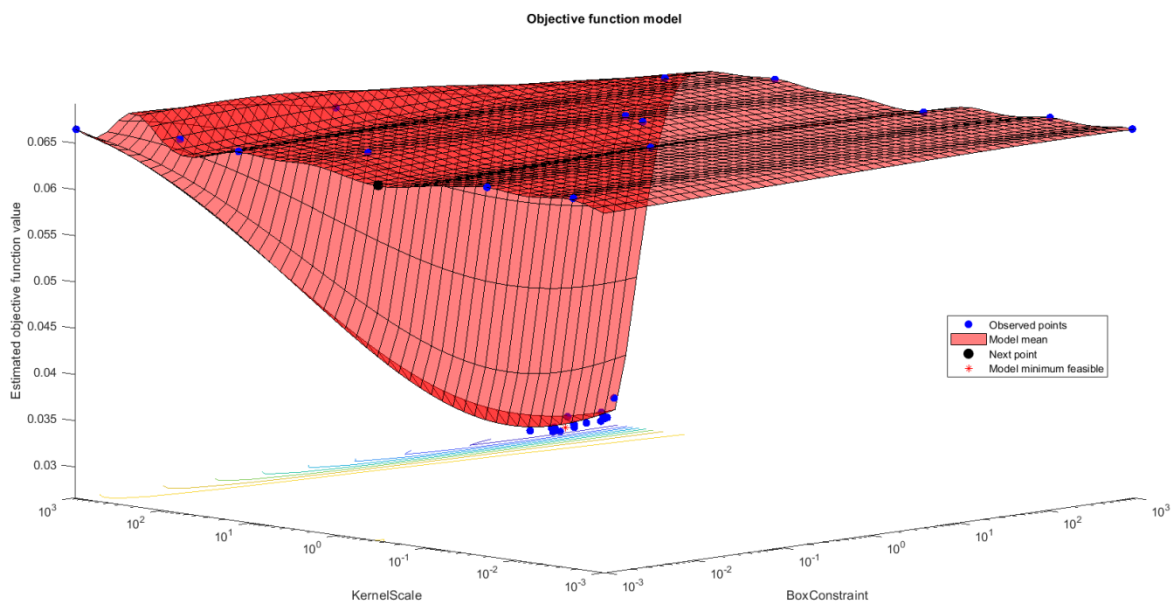
Το επόμενο διάγραμμα της ελάχιστης αντικειμενοστραφούς συνάρτησης αντιστοιχεί στην κατηγορία των δρύων. Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0247 ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με 0,0248. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε μικρές διαφορές στην ελάχιστη και την εκτιμώμενη συνάρτηση κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου.



Στο διάγραμμα του μοντέλου της αντικειμενικής συνάρτησης παρατηρούμε ότι η παράμετρος  $\gamma$  είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή της αντιστοιχεί στο 965,1971, ενώ η παράμετρος  $C$  ισούται με 1,3823. Η τιμή της παραμέτρου  $C$  είναι μικρή, οπότε έχουμε μεγάλο περιθώριο, αλλά είναι ικανή να επιβάλλει ποινή στα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία. Τα σημεία έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στα όρια της ελαχίστης αντικειμενικής συνάρτησης και τα υπόλοιπα έχουν κατανομηθεί στο μέγιστο της αντικειμενικής συνάρτησης.



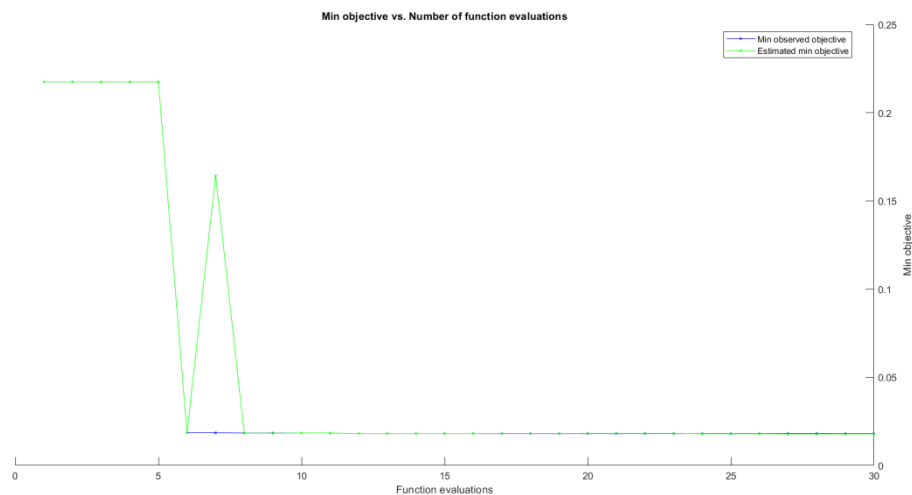
Εικόνα 17: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Δρυς



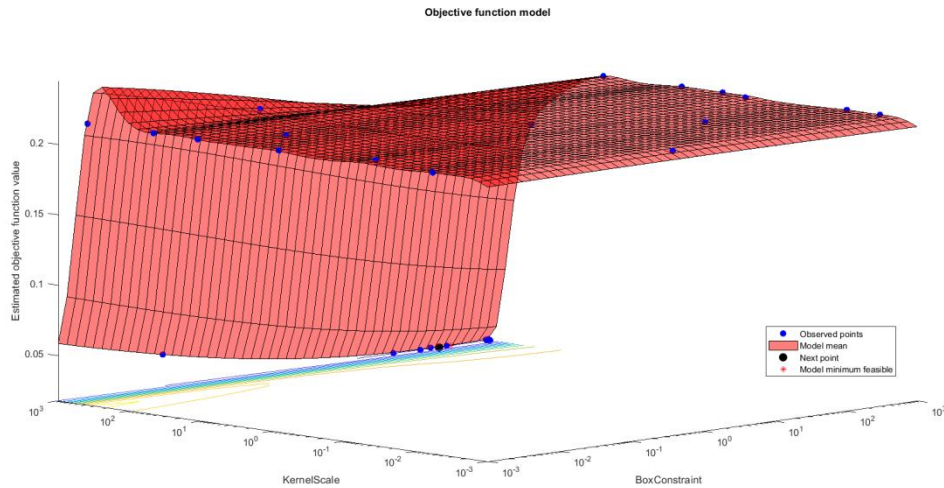
Εικόνα 18: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Δρυς

Η επόμενη αξιολόγηση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με τον αριθμό των αξιολογήσεων της συνάρτησης αντιστοιχεί στη κατηγορία φρυγανότοπος . Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0170 ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με 0,0177. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε διαφορά, με μία απότομη αύξηση της εκτιμώμενης συνάρτησης, κατά την διάρκεια της 6<sup>ης</sup> με 8<sup>ης</sup> αξιολόγησης της συνάρτησης. Στην συνέχεια δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ της ελάχιστης και της εκτιμώμενης συνάρτησης κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου.

Όσον αφορά το μοντέλο της αντικειμενικής συνάρτησης η παράμετρος  $\gamma$  είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή της αντιστοιχεί στο 998,4926 , ενώ η παράμετρος C ισούται με 14,9598. Η τιμή της παραμέτρου C είναι μεγάλη, οπότε έχουμε μικρό περιθώριο και την ικανότητα επιβολής ποινής στα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία. Τα σημεία έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα σε όλο το μήκος του και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να έχουμε μία αρκετά μεγάλη περιοχή εφικτότητας.



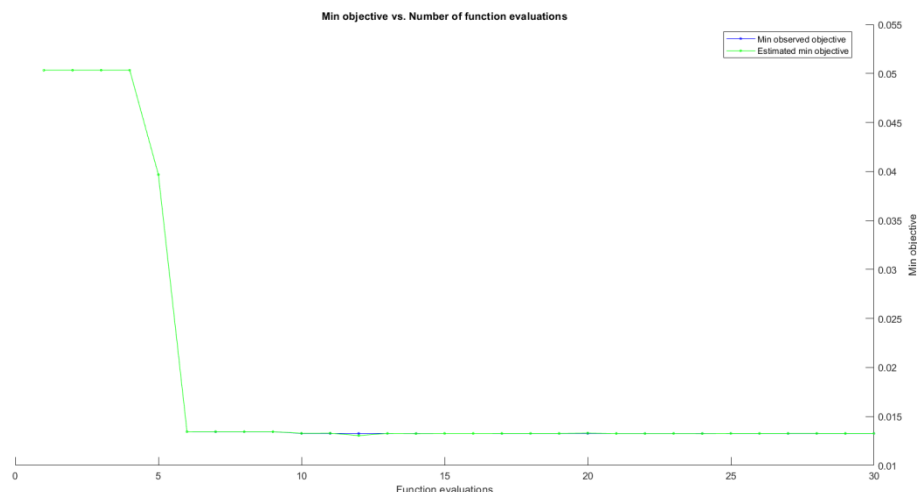
Εικόνα 19: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Φρυγανότοπος



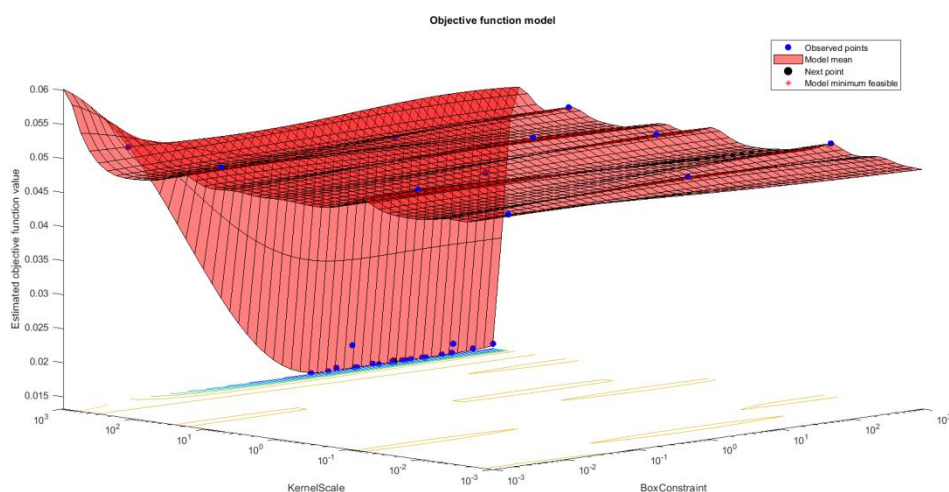
**Εικόνα 20: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Φρυγανότοπος**

Η αξιολόγηση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με τον αριθμό των αξιολογήσεων της συνάρτησης, που ακολουθεί, αντιστοιχεί στις δομημένες εκτάσεις. Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0131 ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με 0,0133. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε διαφορά, με μία απότομη μείωση της εκτιμώμενης συνάρτησης, κατά την διάρκεια της 6<sup>ης</sup> αξιολόγησης της συνάρτησης. Στην συνέχεια δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ της ελάχιστης και της εκτιμώμενης συνάρτησης κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου.

Το μοντέλο της αντικειμενικής συνάρτησης η παράμετρος  $\gamma$  είναι υψηλή και η τιμή της αντιστοιχεί στο 997,7616 , ενώ η παράμετρος C ισούται με 4,9315. Η τιμή της παραμέτρου C είναι μεγάλη, οπότε έχουμε μικρό περιθώριο και την ικανότητα επιβολής ποινής στα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία. Η πλειοψηφία των σημείων έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στο ελάχιστο της αντικειμενικής συνάρτησης , ενώ υπάρχουν σημεία στη μέγιστη τιμή της που είναι διάσπαρτα κατά μήκος των αξόνων των δύο παραμέτρων. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι η περιοχή εφικτότητας είναι πιο μικρή .



Εικόνα 21 : Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Δομημένες Εκτάσεις

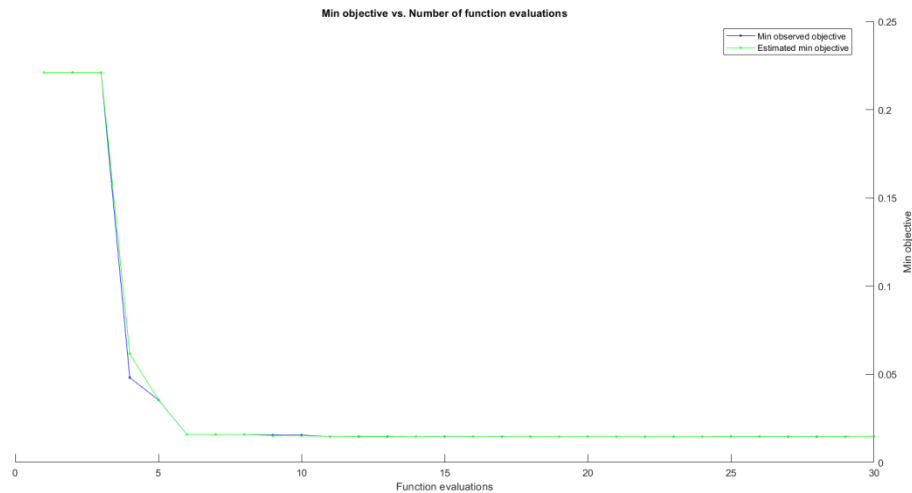


Εικόνα 22: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Δομημένες Εκτάσεις

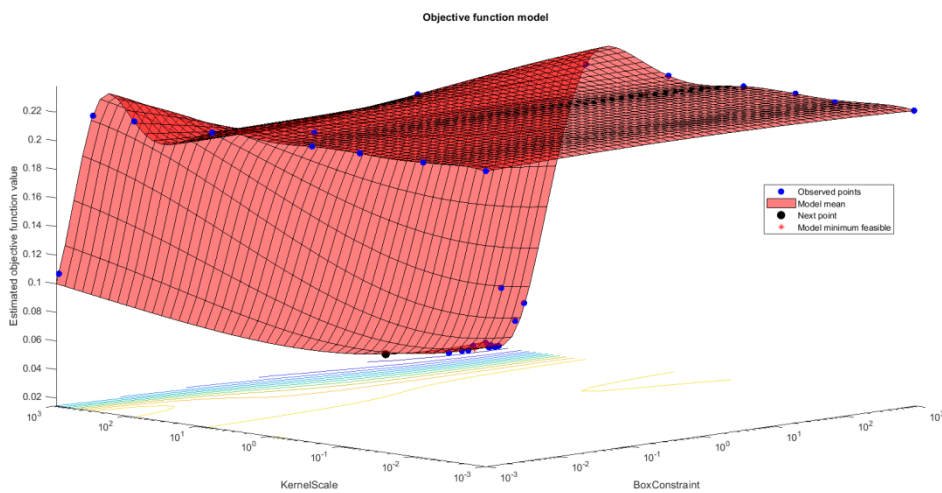
Το επόμενο διάγραμμα της αξιολόγησης της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης αντιστοιχεί στην κατηγορία της τραχείας πεύκης. Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0126 ενώ και η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με 0,0126. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε μικρές διαφορές στην ελάχιστη και την εκτιμώμενη συνάρτηση κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου. Ακόμα κατά την διάρκεια της 3<sup>ης</sup> με την 6<sup>η</sup> αξιολόγηση της συνάρτησης έγινε μια απότομη πτώση και στην ελάχιστη αλλά και στη εκτιμώμενη αντικειμενική συνάρτηση.

Στο διάγραμμά του μοντέλου της αντικειμενικής συνάρτησης παρατηρούμε ότι η παράμετρος  $\gamma$  είναι πιο μικρή σε σχέση με αυτές των υπολοίπων μοντέλων και η τιμή της

αντιστοιχεί στο 898,2980 , ενώ η παράμετρος C ισούται με 88,3212. Η τιμή της παραμέτρου C είναι μεγάλη, οπότε έχουμε μικρό περιθώριο , ενώ η ποιινή στο μοντέλο και τα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία είναι μεγάλη. Η πλειοψηφία των σημείων έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στο ελάχιστο της αντικειμενικής συνάρτησης , ενώ υπάρχουν σημεία στη μέγιστη τιμή της που είναι διάσπαρτα κατά μήκος των αξόνων των δύο παραμέτρων. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι η περιοχή εφικτότητας είναι πιο μεγάλη με μεγαλύτερο πλάτος στην περιοχή που βρίσκονται τα σημεία.



Εικόνα 23: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Τραχεία Πεύκη

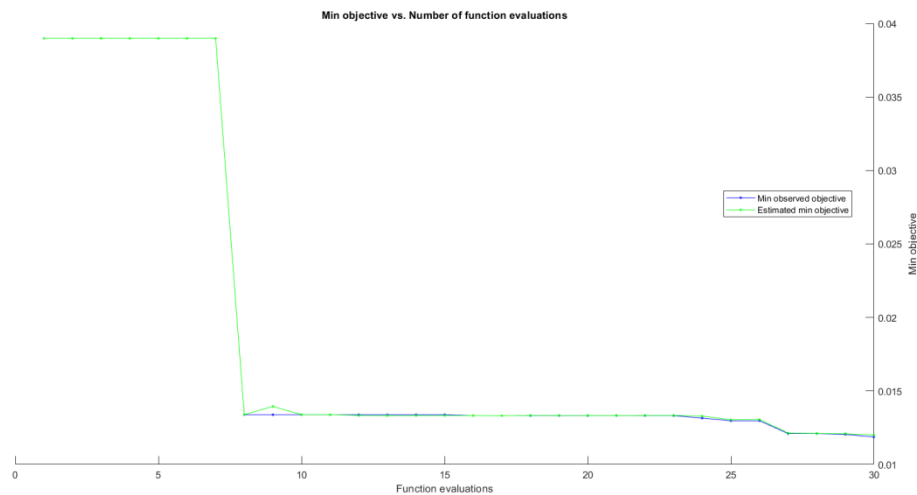


Εικόνα 24: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Τραχεία Πεύκη

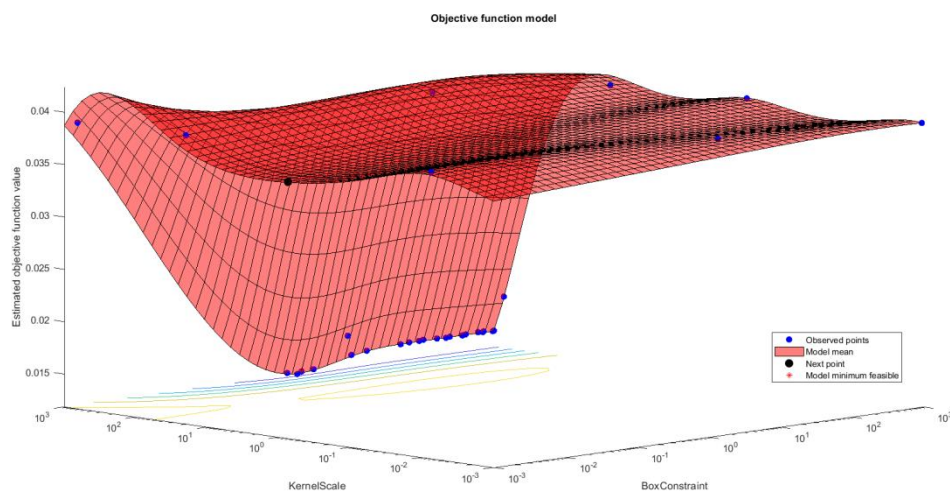
Η αξιολόγηση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με τον αριθμό των αξιολογήσεων της συνάρτησης, που ακολουθεί, αντιστοιχεί στους καστανιόνες. Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0127 ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με 0,0128. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε

διαφορά, με μία απότομη μείωση της εκτιμώμενης συνάρτησης, κατά την διάρκεια της 6ης με 7<sup>ης</sup> αξιολόγησης της συνάρτησης. Στην συνέχεια δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ της ελάχιστης και της εκτιμώμενης συνάρτησης κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου. Ακόμα κατά την διάρκεια της 26<sup>ης</sup> με 27<sup>ης</sup> αξιολόγησης παρατηρούμε μια μικρή πτώση.

Όσον αφορά το μοντέλο της αντικειμενικής συνάρτησης η παράμετρος  $\gamma$  είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή της αντιστοιχεί στο 999,7308, ενώ η παράμετρος C ισούται με 121,9324. Η τιμή της παραμέτρου C είναι μεγάλη, οπότε έχουμε μικρό περιθώριο, ενώ η ποινή στο μοντέλο και τα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία είναι μεγάλη. Η πλειοψηφία των σημείων έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στο ελάχιστο της αντικειμενικής συνάρτησης, ενώ υπάρχουν ελάχιστα σημεία στο υπόλοιπο πλέγμα που είναι διάσπαρτα κατά μήκος των αξόνων των δύο παραμέτρων.



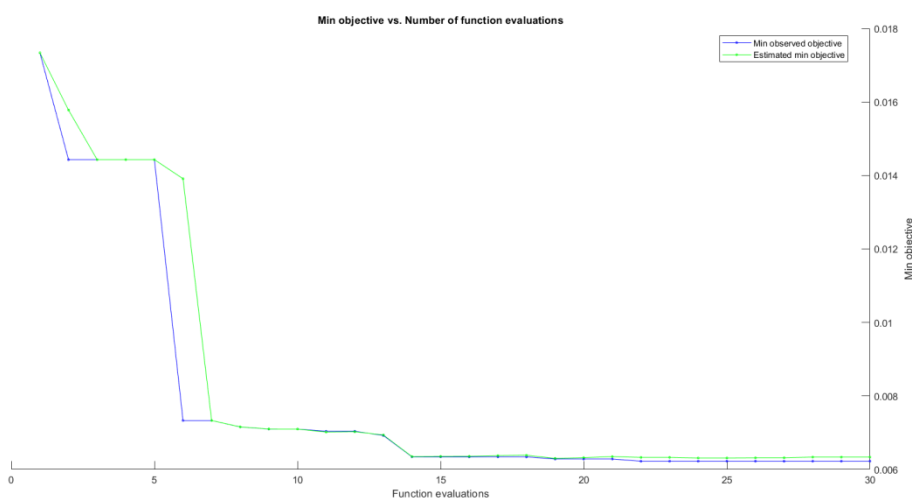
Εικόνα 25: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Καστανιώνας



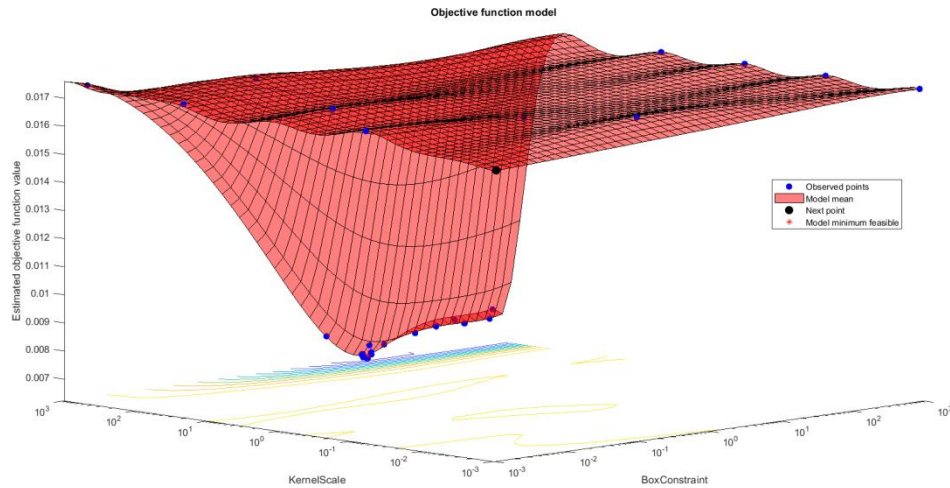
Εικόνα 26: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Καστανιώνας

Η επόμενη αξιολόγηση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με τον αριθμό των αξιολογήσεων της συνάρτησης αφορά την κατηγορία της μαύρης πεύκης . Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0063 ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με 0,0064. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε μία απότομη πτώση και της ελάχιστης αλλά και της εκτιμώμενης συνάρτησης, κατά την διάρκεια της 1<sup>ης</sup> με 2<sup>ης</sup> αξιολόγησης της συνάρτησης. Στην συνέχεια σταθεροποιείται η τιμή της έως την 5<sup>η</sup> αξιολόγηση, ενώ έχουμε απότομη πτώση από την 5<sup>η</sup> έως την 6<sup>η</sup> αξιολόγηση για τις τιμές της ελάχιστης συνάρτησης και από την 5<sup>η</sup> έως την 7<sup>η</sup> για την εκτιμώμενη συνάρτηση. Έπειτα η πορεία των τιμών των συναρτήσεων ανά αξιολόγηση είναι πιο ομαλή, ενώ δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ της ελάχιστης και της εκτιμώμενης συνάρτησης κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου.

Όσον αφορά το μοντέλο της αντικειμενικής συνάρτησης η παράμετρος  $\gamma$  είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή της αντιστοιχεί στο 801,0660 , ενώ η παράμετρος  $C$  ισούται με 604,5500. Η τιμή της παραμέτρου  $C$  είναι πολύ μεγάλη, οπότε έχουμε μικρό περιθώριο και την ικανότητα επιβολής ποινής στα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία. Τα σημεία έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στο ελάχιστο της αντικειμενικής συνάρτησης , ενώ υπάρχουν ελάχιστα σημεία στο υπόλοιπο πλέγμα που είναι διάσπαρτα κατά μήκος των αξόνων των δύο παραμέτρων. Ακόμα βλέπουμε ότι έχουμε μία αρκετά μικρή και περιορισμένη περιοχή εφικτότητας.



**Εικόνα 27: Διάγραμμά Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Μαύρη Πεύκη**

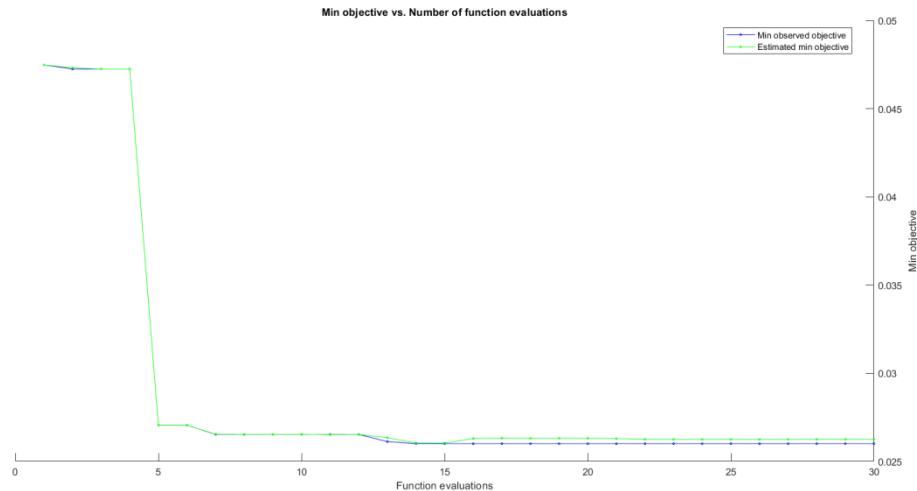


**Εικόνα 28: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Μαύρη Πεύκη**

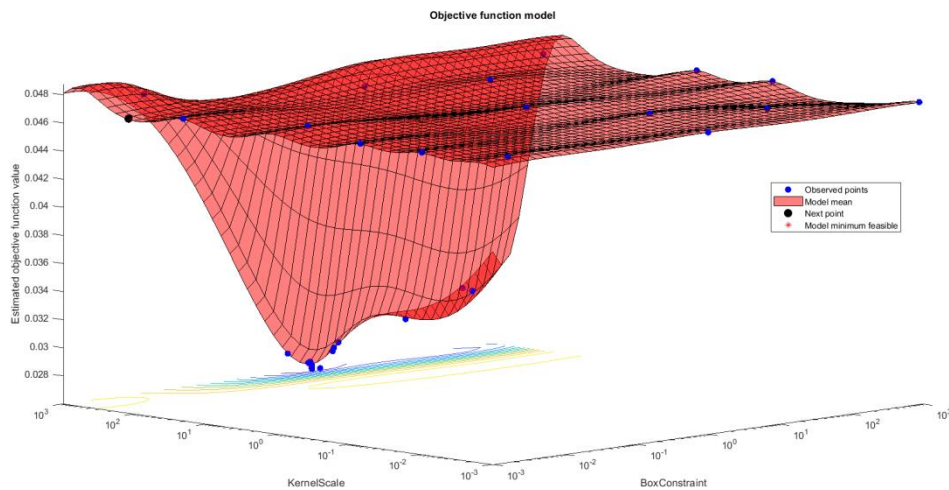
Η αξιολόγηση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με τον αριθμό των αξιολογήσεων της συνάρτησης, που ακολουθεί, αντιστοιχεί στα αείφυλλα σκληρόφυλλα. Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0261 ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με 0,0263. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε διαφορά, με μία απότομη μείωση της εκτιμώμενης συνάρτησης, κατά την διάρκεια της 4<sup>ης</sup> αξιολόγησης της συνάρτησης από το 0.0489 στο 0,0278. Στην συνέχεια υπάρχει απόκλιση μεταξύ της ελάχιστης και της εκτιμώμενης συνάρτησης, η οποία είναι μικρή, κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου.

Το μοντέλο της αντικειμενικής συνάρτησης η παράμετρος  $\gamma$  είναι υψηλή και η τιμή της αντιστοιχεί στο 989,5580, ενώ η παράμετρος  $C$  ισούται με 4,2067. Η τιμή της παραμέτρου  $C$  είναι μεγάλη, οπότε έχουμε και σε αυτό το μοντέλο μικρό περιθώριο και την ικανότητα επιβολής ποινής στα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία. Η πλειοψηφία των σημείων έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στο ελάχιστο της αντικειμενικής συνάρτησης, ενώ υπάρχουν σημεία στη μέγιστη τιμή της που είναι διάσπαρτα κατά μήκος των αξόνων των δύο παραμέτρων. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι η περιοχή εφικτότητας είναι πιο μεγάλη, ενώ οι γραμμές είναι πιο έντονες στο σημείο όπου η τιμή της παραμέτρου  $C$ , η τιμή της παραμέτρου  $\gamma$  και η ελάχιστη αντικειμενική συνάρτηση τέμνονται.





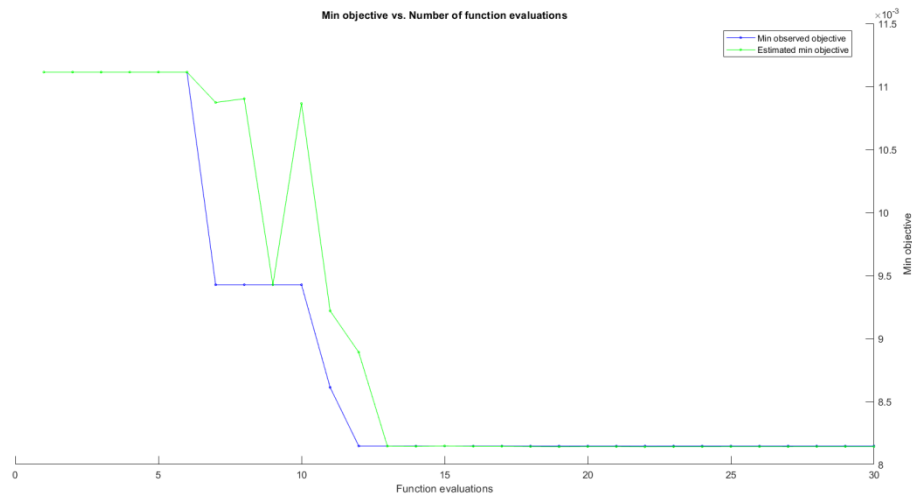
Εικόνα 29: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Αείφυλλά Σκληρόφυλλα



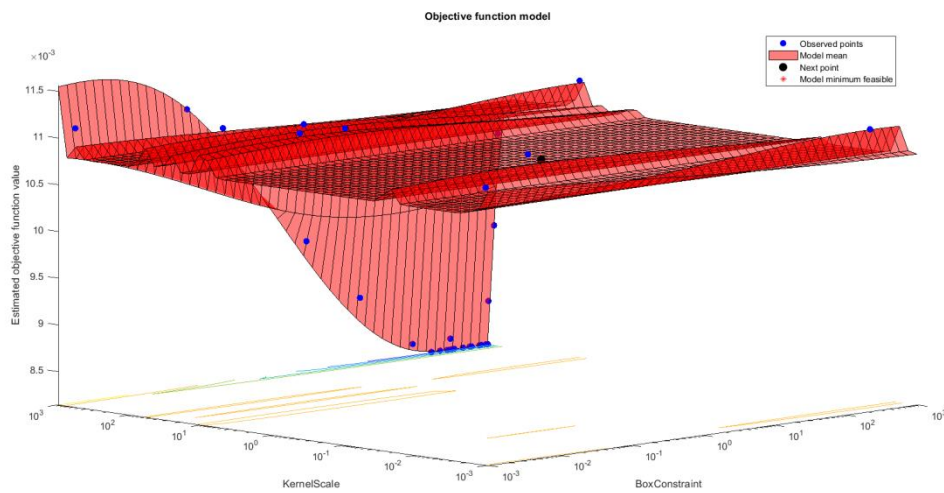
Εικόνα 30: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Αείφυλλά Σκληρόφυλλα

Η επόμενη αξιολόγηση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με τον αριθμό των αξιολογήσεων της συνάρτησης αφορά την κατηγορία του γυμνού εδάφους. Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0078 ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με 0,0082. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε μία απότομη πτώση και της εκτιμώμενης συνάρτησης, κατά την διάρκεια της 23<sup>ης</sup> με 26<sup>ης</sup> αξιολόγησης της συνάρτησης, ενώ καταγράφεται απότομη πτώση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης κατά την διάρκεια της 23<sup>ης</sup> με 24<sup>ης</sup> αξιολόγησης. Στην συνέχεια σταθεροποιείται η τιμή της έως την 25<sup>η</sup> αξιολόγηση, ενώ έχουμε πτώση από την 25<sup>η</sup> έως την 26<sup>η</sup> αξιολόγηση για τις τιμές της ελάχιστης συνάρτησης και μετά παραμένει σταθερή η τιμή της. Εν αντιθέσει η εκτιμώμενη συνάρτηση καταγράφει μία πτώση έως την 28<sup>η</sup> αξιολόγηση και έχει μία μικρή άνοδο της τάξεως του 0,0003 για τις επόμενες δύο αξιολογήσεις.

Όσον αφορά το μοντέλο της αντικειμενικής συνάρτησης η παράμετρος  $\gamma$  είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή της αντιστοιχεί στο 849,7745 , ενώ η παράμετρος C ισούται με 31,8493. Η τιμή της παραμέτρου C είναι αρκετά μεγάλη, οπότε έχουμε μικρό περιθώριο και την ικανότητα επιβολής ποινής στα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία. Τα σημεία έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στο μέγιστο της αντικειμενικής συνάρτησης που είναι διάσπαρτα κατά μήκος των αξόνων των δύο παραμέτρων στο πλέγμα , ενώ υπάρχουν ελάχιστα σημεία στο ελάχιστο της αντικειμενικής συνάρτησης. Ακόμα βλέπουμε ότι έχουμε μία αρκετά μικρή και περιορισμένη περιοχή εφικτότητας.



Εικόνα 31: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Γυμνό Έδαφος

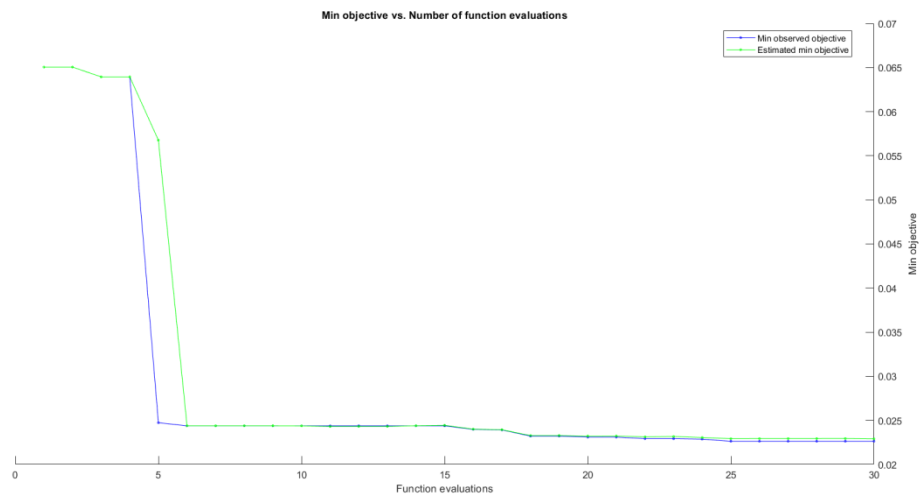


Εικόνα 32: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Γυμνό Έδαφος

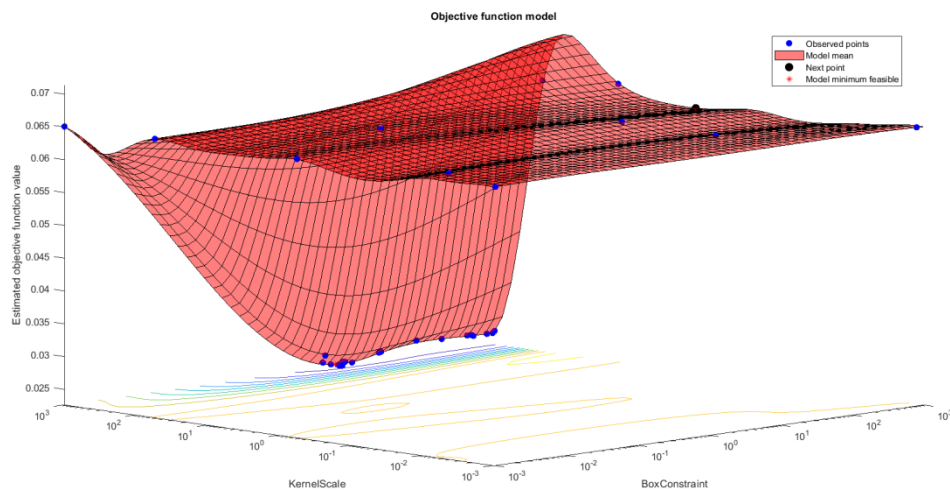
Η αξιολόγηση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με τον αριθμό των αξιολογήσεων της συνάρτησης, που ακολουθεί, αντιστοιχεί στις χορτολιβαδικές εκτάσεις. Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0241 ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με 0,0243. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε διαφορά, με μία απότομη μείωση της εκτιμώμενης συνάρτησης, κατά την διάρκεια της 4<sup>ης</sup>

με 6<sup>η</sup> αξιολόγησης της συνάρτησης, ενώ απότομη πτώση της τιμής της ελάχιστης συνάρτησης καταγράφεται κατά την 4<sup>η</sup> με 5<sup>η</sup> αξιολόγηση και στην συνέχεια η μεταβολή είναι πιο ομαλή. Ακόμα μετά την 6<sup>η</sup> αξιολόγηση δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ της ελάχιστης και της εκτιμώμενης συνάρτησης κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου.

Όσον αφορά το μοντέλο της αντικειμενικής συνάρτησης η παράμετρος  $\gamma$  είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή της αντιστοιχεί στο 992,8184, ενώ η παράμετρος C ισούται με 3,5566. Η τιμή της παραμέτρου C είναι μεγάλη, οπότε έχουμε μικρό περιθώριο, ενώ η ποινή στο μοντέλο και τα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία είναι μεγάλη. Η πλειοψηφία των σημείων έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στο ελάχιστο της αντικειμενικής συνάρτησης, ενώ υπάρχουν ελάχιστα σημεία στο υπόλοιπο πλέγμα που είναι διάσπαρτα κατά μήκος των αξόνων των δύο παραμέτρων στην τιμή της μέγιστης τιμής της εκτιμώμενης αντικειμενικής συνάρτησης. Τέλος η περιοχή εφικτότητας του μοντέλου είναι μεγάλη.



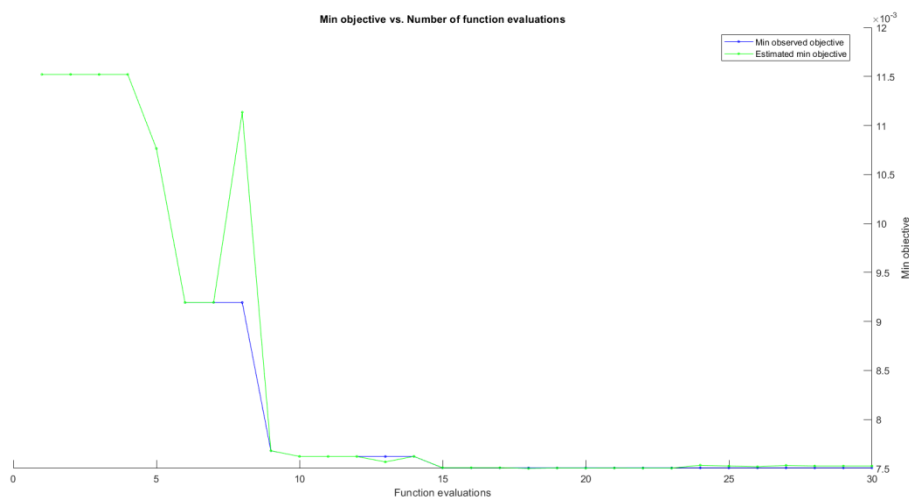
Εικόνα 33: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Χορτολιβαδικές Εκτάσεις



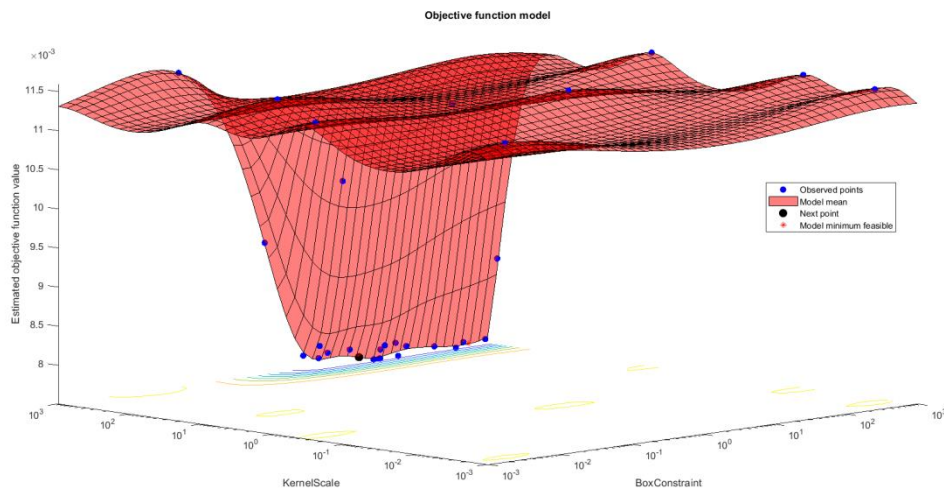
Εικόνα 34: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Χορτολιβαδικές Εκτάσεις

Η επόμενη αξιολόγηση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με τον αριθμό των αξιολογήσεων της συνάρτησης αφορά την κατηγορία λοιπά πλατύφυλλα . Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0079 ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται και αυτή με 0,0079. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε μία απότομη πτώση της εκτιμώμενης συνάρτησης, κατά την διάρκεια της 3<sup>ης</sup> με 6<sup>ης</sup> αξιολόγησης της συνάρτησης. Στην συνέχεια αυξάνεται η τιμή της έως την 8<sup>η</sup> αξιολόγηση, ενώ έχουμε απότομη πτώση από την 8<sup>η</sup> έως την 9<sup>η</sup> αξιολόγηση για τις τιμές της συνάρτησης. Σχετικά με τη ελάχιστη συνάρτηση έχουμε πτώση κατά την 7<sup>η</sup> με 8<sup>η</sup> αξιολόγηση. Έπειτα η πορεία των τιμών των συναρτήσεων ανά αξιολόγηση είναι πιο ομαλή, ενώ δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ της ελάχιστης και της εκτιμώμενης συνάρτησης κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου.

Όσον αφορά το μοντέλο της αντικειμενικής συνάρτησης η παράμετρος  $\gamma$  είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή της αντιστοιχεί στο 998,5179 , ενώ η παράμετρος C ισούται με 135,7270. Η τιμή της παραμέτρου C είναι πολύ μεγάλη, οπότε έχουμε μικρό περιθώριο και την ικανότητα επιβολής ποινής στα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία. Τα σημεία έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στο ελάχιστο της αντικειμενικής συνάρτησης , ενώ υπάρχουν ελάχιστα σημεία στο υπόλοιπο πλέγμα που είναι διάσπαρτα κατά μήκος των αξόνων των δύο παραμέτρων και την πλειοψηφία των αυτών να βρίσκεται στο ανώτατο όριο της εκτιμώμενης συνάρτησης. Ακόμα βλέπουμε ότι έχουμε μία σχετικά μικρή και περιορισμένη περιοχή εφικτότητας.



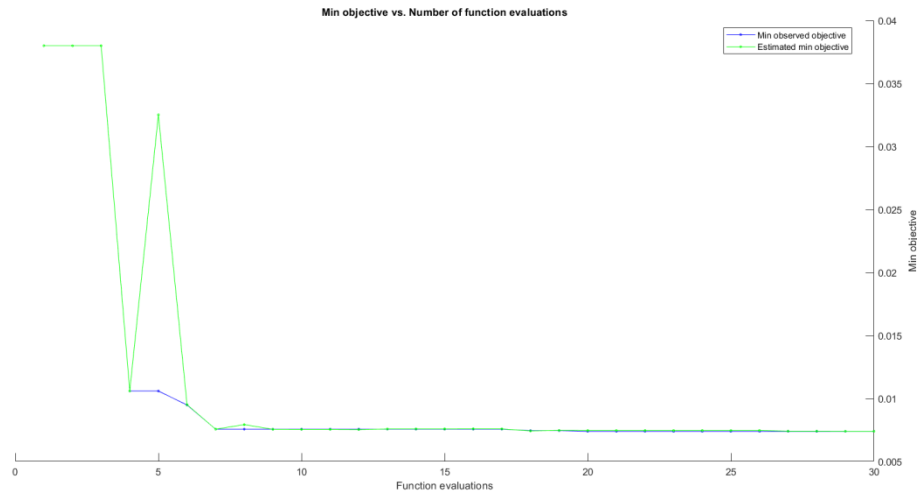
Εικόνα 35: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Λοιπά Πλατύφυλλα



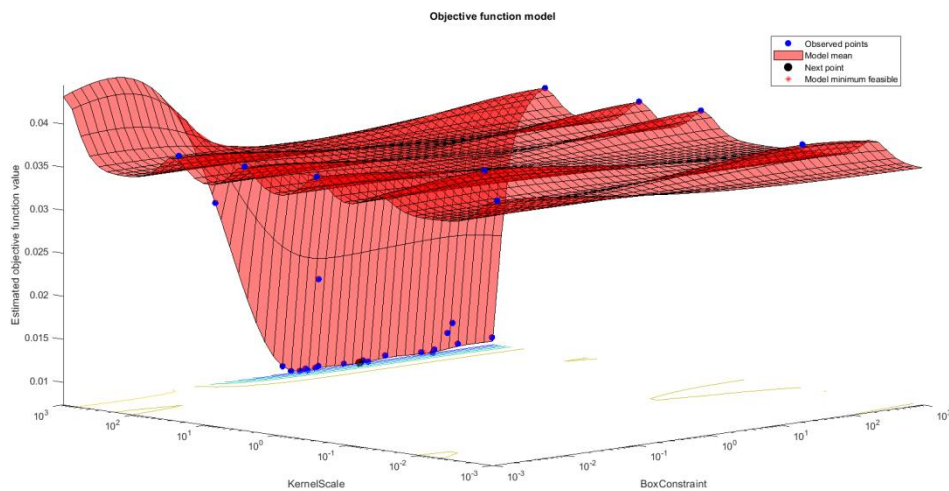
**Εικόνα 36: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Λουπά Πλατύφυλλα**

Η αξιολόγηση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με τον αριθμό των αξιολογήσεων της συνάρτησης, που ακολουθεί, αντιστοιχεί στις καλλιέργειες. Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με 0,0083 ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με 0,0083. Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε μία απότομη μείωση της εκτιμώμενης συνάρτησης, κατά την διάρκεια της 3<sup>ης</sup> με 4<sup>ης</sup> αξιολόγησης της συνάρτησης, ενώ απότομη αύξηση της τιμής της καταγράφεται κατά την 4<sup>η</sup> με 5<sup>η</sup> αξιολόγηση (τοπικό μέγιστο) και στην συνέχεια απότομη πτώση για την επόμενη αξιολόγηση. Ακόμα μετά την 7<sup>η</sup> αξιολόγηση σχεδόν η τιμή της παραμένει σταθερή. Όσον αφορά την ελάχιστη αντικειμενική συνάρτηση η πτώση της τιμής της είναι ομαλή και από την 6<sup>η</sup> αξιολόγηση δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ της ελάχιστης και της εκτιμώμενης συνάρτησης κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου.

Όσον αφορά το μοντέλο της αντικειμενικής συνάρτησης η παράμετρος  $\gamma$  είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή της αντιστοιχεί στο 999,5553, ενώ η παράμετρος C ισούται με 399,3811. Η τιμή της παραμέτρου C είναι αρκετά μεγάλη, οπότε έχουμε αρκετά μικρό περιθώριο, ενώ η ποινή στο μοντέλο και τα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία είναι μεγάλη. Η πλειοψηφία των σημείων έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στο ελάχιστο της αντικειμενικής συνάρτησης, ενώ υπάρχουν ελάχιστα σημεία στο υπόλοιπο πλέγμα που είναι διάσπαρτα κατά μήκος των αξόνων των δύο παραμέτρων στην τιμή της μέγιστης τιμής της εκτιμώμενης αντικειμενικής συνάρτησης. Τέλος η περιοχή εφικτότητας του μοντέλου είναι μικρή.



Εικόνα 37: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Καλλιέργειες

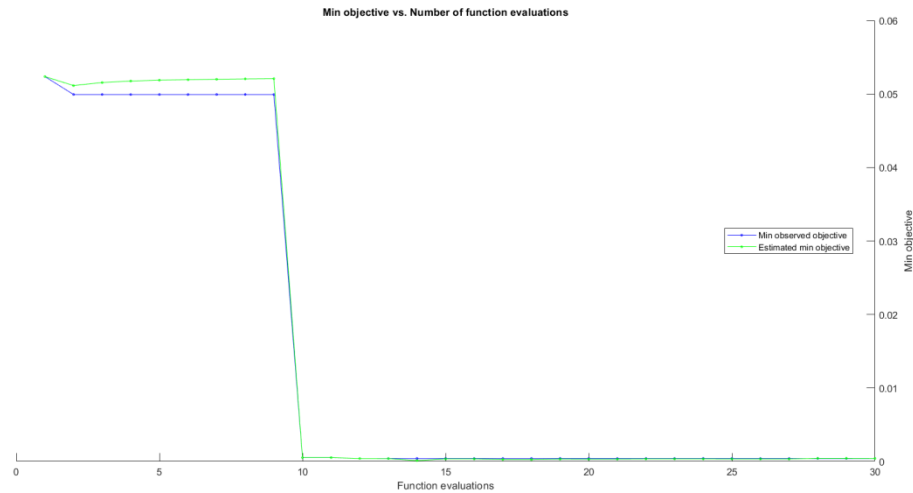


Εικόνα 38: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Καλλιέργειες

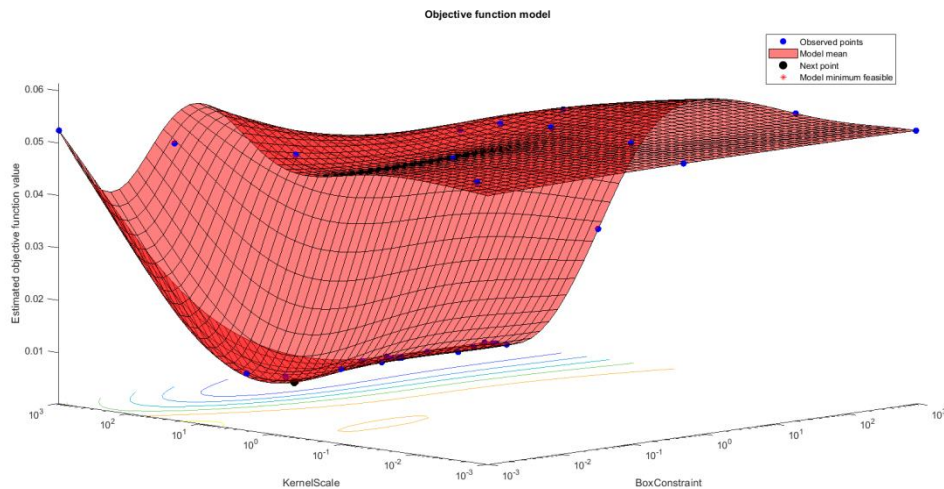
Τέλος, η αξιολόγηση της ελάχιστης αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με τον αριθμό των αξιολογήσεων της συνάρτησης της κατηγορία υδατινές επιφάνειες . Στην συγκεκριμένη κατηγορία η τιμή της ελάχιστης συνάρτησης ισούται με  $4,0731e-04$  ενώ η εκτιμώμενη συνάρτηση ισούται με  $3,9217e-04$ . Παρατηρώντας το διάγραμμα παρατηρούμε σταθερή την τιμή της ελάχιστης συνάρτησης και μια αύξηση της εκτιμώμενης συνάρτησης με μία απότομη πτώση και της ελάχιστης αλλά και της εκτιμώμενης συνάρτησης κατά την 9<sup>η</sup> αξιολόγηση των συναρτήσεων. Έπειτα η πορεία των τιμών των συναρτήσεων ανά αξιολόγηση είναι πιο ομαλή, ενώ δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ της ελάχιστης και της εκτιμώμενης συνάρτησης κατά την διάρκεια του διαχωρισμού των δεδομένων και την επιλογή του βέλτιστου περιθωρίου.

Όσον αφορά το μοντέλο της αντικειμενικής συνάρτησης η παράμετρος  $\gamma$  είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή της αντιστοιχεί στο 994,5124 , ενώ η παράμετρος C ισούται με 891,8336.

Η τιμή της παραμέτρου C είναι πολύ μεγάλη, οπότε έχουμε παρά πολύ μικρό περιθώριο (hard margin SVM) και μεγάλη ικανότητα επιβολής ποινής στα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία. Τα σημεία έχουν ταξινομηθεί όπως παρατηρούμε το πλέγμα στα όρια του ελαχίστου αλλά και του μέγιστου ορίου της αντικειμενικής συνάρτησης. Ακόμα βλέπουμε ότι έχουμε μία αρκετά ευρεία περιοχή εφικτότητας.



Εικόνα 39: Διάγραμμα Ελάχιστης Αντικειμενικής Συνάρτησης - Υδάτινες Επιφάνειες



Εικόνα 40: Μοντέλο Αντικειμενικής Συνάρτησης - Υδάτινες Επιφάνειες

Συνοψίζοντας, ένας γενικός σχολιασμός των διαγραμμάτων και όλων αυτών που παρατηρήθηκαν είναι ότι τα διαγράμματα τα οποία είχαν πολύ υψηλή τιμή στην παράμετρο C, που ουσιαστικά είναι μια trade-off παράμετρος, σήμαινε ότι υπήρχε αυστηρή ποινή στα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία σε σχέση με το μοντέλο, ενώ σηματοδοτούσε και ένα μικρό περιθώριο διαχωρισμού των σημείων. Γενικά τα διαγράμματα των οποίων η τιμή της παραμέτρου C τείνει στο μηδέν έχουν πολύ μεγάλο περιθώριο και αυτό σημαίνει ότι οι μεταβλητές χαλαρότητας αγνοούνται. Οι τιμές του C στην προκειμένη περίπτωση δεν ήταν τόσο κοντά στο μηδέν οπότε δεν είχαμε πάρα πολύ μεγάλο περιθώριο κατά των

διαχωρισμό των σημείων. Η μικρότερη τιμή της συγκεκριμένης παραμέτρου που καταγράφηκε αντιστοιχεί στο 1,3823, ενώ η μεγαλύτερη είναι 891,8336 που μας παραπέμπει σε ένα πολύ μικρό περιθώριο ή το λεγόμενο hard margin SVM και την μεγάλη ποινή των λανθασμένων ταξινομημένων σημείων. Όσον αφορά τις τιμές της παραμέτρου  $\gamma$  (gamma) ήταν όλες υψηλές. Η συγκεκριμένη παράμετρος καθορίζει το μέγεθος του εύρους των παρατηρήσεων και αυτό σημαίνει ότι όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή τόσο μικρότερη είναι η επιρροή των παρατηρήσεων ως προς την αναζήτηση, ενώ όσο πιο μικρή είναι η τιμή τόσο μεγαλύτερη η επιρροή των εκπαιδευτικών σημείων στην αναζήτηση. Στην προκειμένη περίπτωση η τιμή της παραμέτρου  $\gamma$  ήταν κατάλληλη για την βελτιστοποίηση του διαχωρισμού των δεδομένων μας. Ο διαχωρισμός των κατηγοριών και η δημιουργία των περιθωρίων τους έγινε πιο εύκολα στην πλειοψηφία των μοντέλων. Σημαντικό ρόλο είχε η χρήση των διαχρονικών δεδομένων, καθώς η αποτύπωση των φαινολογικών διαφορών της βλάστησης επέτρεψε την μέγιστη δυνατή διαφοροποίηση των διαφόρων φυτικών ειδών (ελαιώνες, δρυς, καστανιές, κλπ.). Ακόμα επιτρέψαμε στο ίδιο το σύστημα να μην έχει την ίδια τιμή στο C και το  $\gamma$  για όλα τα μοντέλα αλλά να επιλέγει αυτή που θα επέτρεπε την επιλογή του μέγιστου βέλτιστου περιθωρίου.

#### 4.2 Αποτελέσματα ταξινόμησης

Τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν συνολικά ήταν 13, όσες ήταν και οι κατηγορίες των τύπων εδαφοκάλυψης. Σε κάθε κατηγορία καταγράφηκαν τόσο σωστές όσο και λανθασμένες προβλέψεις. Παρατηρώντας τον πίνακα σύγχυσης, οι στήλες αντιπροσωπεύουν την κατηγορία την οποία ανήκουν τα σημεία και οι σειρές αντιπροσωπεύουν την κατηγορία στην οποία έχουν αντιστοιχηθεί. Η διαγώνιος δείχνει τα σημεία τα οποία έχουν ταξινομηθεί σωστά, ενώ περιμετρικά αυτής είναι οι λανθασμένες ταξινομήσεις.

Όσον αφορά την κατηγορία των ελαιώνων που αντιστοιχεί στο 1 συνολικά βρίσκονται σε συμφωνία 1086 σημεία και στον πίνακα είναι χρωματισμένο το πλαίσιο στο οποίο βρίσκονται με πράσινο προς γαλάζιο χρώμα. Τα σημεία που ταξινομηθήκαν από το μοντέλο ως ελαιώνες αλλά ανήκαν σε κάποια άλλη κατηγορία είναι συνολικά 122 και αντιστοιχούν στο 10,1% του συνόλου. Τα περισσότερα σημεία που ταξινομήθηκαν λάθος τοποθετήθηκαν στην κατηγορία των δρυών και είναι συνολικά 65 σημεία, ενώ αρκετά σημεία (συνολικά 24) καταχώρησε και στην κατηγορία του γυμνού εδάφους. Τα σημεία αυτά πιθανόν να τοποθετήθηκαν λάθος καθώς σε μία μικρή περιοχή του νησιού υπάρχουν διάσπαρτοι ελαιώνες και δρυς οπότε αυτό να οδήγησε σε αυτό τον μεγάλο αριθμό κατηγοριοποίησης τους ως δρυς. Βλέποντας την 1<sup>η</sup> στήλη εντοπίζουμε 105 σημεία τα οποία ήταν ελαιώνες και αντιστοιχήθηκαν σε άλλες κατηγορίες όπως οι δρυς και το γυμνό έδαφος.

Η επόμενη κατηγορία που αντιστοιχεί στο 2 είναι οι δρυς. Σύμφωνα με τον πίνακα έχουν ταξινομηθεί σωστά 386 σημεία από τα συνολικά 481 σημεία και αυτό ισούται με ακρίβεια ίση με το 89,9%. Τα σημεία που ανήκαν σε άλλες κατηγορίες αλλά θεωρήθηκαν ως δρυς ήταν συνολικά 95 με το 48,5% εκ των οποίων να αντιστοιχεί στους ελαιώνες, ενώ το 31,6% στην κατηγορία των αείφυλλων σκληρόφυλλων. Όσον αφορά τα σημεία που ήταν δρυς ταξινομήθηκε σωστά το 78,3% με 65 από τα 493 σημεία να αντιστοιχούνται στους ελαιώνες και 30 να τα ταξινομεί ως αείφυλλα σκληρόφυλλα. Ο λόγος που υπάρχει σύγχυση μεταξύ



των τιμών των ελαιώνων εξηγήθηκε παραπάνω, ενώ η σύγκριση μεταξύ των τιμών με τα αείφυλλα ίσως να οφείλεται σε κοντινές τιμές ανακλαστικότητας.

Η κατηγορία 3 αντιπροσωπεύει τους φρυγανότοπους / φρύγανα. Τα σημεία τα οποία σε αυτή την κατηγορία είναι 1616 εκ των οποίων τα 1559 ήταν φρυγανότοποι, δηλαδή το 96,5% του συνόλου. Κάποια από τα σημεία που ταξινομήθηκαν ως φρύγανα ανήκαν σε κατηγορίες όπως οι χορτολιβαδικές εκτάσεις, οι ελαιώνες, οι δρυς και το γυμνό έδαφος. Ο αριθμός των λανθασμένων ταξινομημένων σημείων είναι αρκετά μικρός και αντιστοιχεί στο 3,5%. Η ακρίβεια της ταξινόμησης για την συγκεκριμένη κατηγορία είναι πολύ υψηλή. Όσον αφορά τα ταξινομημένα σημεία από τα συνολικά 1605 σημεία, τα οποία ανήκουν στην κατηγορία μόλις τα 46 σημεία (2,9%) τοποθετήθηκαν σε άλλες κατηγορίες.

Η κατηγορία 4 είναι οι δομημένες εκτάσεις. Σύμφωνα με τον πίνακα έχουν ταξινομηθεί σωστά 370 σημεία από τα συνολικά 433 σημεία και αυτό ισούται με ακρίβεια ίση με το 85,5%. Τα σημεία που ανήκαν σε άλλες κατηγορίες αλλά θεωρήθηκαν ως δομημένη έκταση ήταν συνολικά 63, με το 50,3% εκ των οποίων να αντιστοιχεί στην κατηγορία του γυμνού εδάφους, ενώ κάποια τοποθετήθηκαν στις κατηγορίες των αείφυλλων σκληρόφυλλων, τις καλλιέργειες και τους φρυγανότοπους. Όσον αφορά τα σημεία που ήταν δομημένες εκτάσεις ταξινομήθηκαν σωστά το 98,4%. Ο λόγος, ο οποίος μπορεί να τοποθέτησε κάποια σημεία του γυμνού εδάφους, των φρύγανων ή των αείφυλλων στις δομημένες εκτάσεις μπορεί να οφείλεται στην ύπαρξη πρασίνου στις αυλές των χωριών οπότε το σημείο που είχε τοποθετηθεί σε αυτή την περιοχή να δίνει τις τιμές ανακλαστικότητας του πρασίνου. Ακόμα σε κάποιες περιοχές που έχει τσιμέντο ή καλλιέργειες οι οποίες έχουν θεριστεί και η έκταση αυτή είναι ακαλλιέργητη ίσως να αποτελούν λόγους που μπορεί να οδηγήσουν στην λανθασμένη ταξινόμηση.

Η επόμενη κατηγορία (5) αντιπροσωπεύει την τραχεία πεύκη. Η συγκεκριμένη κατηγορία παρουσία υψηλά ποσοστά ακρίβειας και ως προς τα ταξινομημένα σημεία και ως προς τα σημεία τα οποία ανήκαν στην εν λόγω κατηγορία. Σύμφωνα με τον πίνακα έχουν ταξινομηθεί σωστά 1527 σημεία από τα συνολικά 1526 σημεία και αυτό ισούται με ακρίβεια ίση με το 97,5%. Από τα σημεία αυτά τα 21 ήταν τραχεία πεύκη ωστόσο το ποσοστό των λανθασμένων τιμών είναι πολύ μικρό. Το ίδιο συμβαίνει και με τα σημεία που είναι τραχεία πεύκη αλλά κατά την διάρκεια της ταξινόμησης κατηγοριοποιήθηκαν ως μαύρη πεύκη, το ποσοστό λάθους ισούται με 1,4% που είναι πολύ μικρό.

Η κατηγορία 6 είναι οι καστανιόνες. Σύμφωνα με τον πίνακα έχουν ταξινομηθεί σωστά 246 σημεία από τα συνολικά 281 σημεία και αυτό ισούται με ακρίβεια ίση με το 87,5%. Τα σημεία που ανήκαν σε άλλες κατηγορίες αλλά θεωρήθηκαν ως καστανιόνες ήταν συνολικά 35 με το 42,8% εκ των οποίων να αντιστοιχεί στην κατηγορία των αείφυλλων σκληρόφυλλων, ενώ το 40% τοποθετήθηκε στην κατηγορία των λοιπών πλατύφυλλων. Τα σημεία που είναι καστανιόνες αλλά έχουν τοποθετηθεί λανθασμένα είναι 40 με ποσοστό μεγαλύτερο του 50% να ανήκει στα αείφυλλα σκληρόφυλλα. Μία εικασία για αυτά τα λάθος ταξινομημένα σημεία είναι η ύπαρξη, στο νότιο τμήμα του δάσους των καστανιών, λοιπών πλατύφυλλων και αείφυλλων σκληρόφυλλων. Σε κάποια σημεία τα δείγματα που

συλλέχθηκαν ήταν κοντά στα όρια της αλλαγής του τύπου εδαφοκάλυψης οπότε δυσκολεύεται ο διαχωρισμός των κατηγοριών αυτών σε εκείνα τα σημεία.

Η κατηγορία 7 αντιπροσωπεύει την μαύρη πεύκη. Τα σημεία τα οποία ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι 124 εκ των οποίων τα 107 ήταν μαύρη πεύκη, δηλαδή το 86,3% του συνόλου. Η πλειοψηφία των λανθασμένων σημείων ταξινομήθηκαν ως τραχεία πεύκη ενώ άλλα ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες όπως σε κατηγορίες όπως οι ελαιώνες, οι δρυς, τα αείφυλλα σκληρόφυλλα και τα λοιπά πλατύφυλλα . Ο αριθμός των λανθασμένων ταξινομημένων σημείων αντιστοιχεί στο 13,7%. Όσον αφορά τα σημεία που ανήκουν στην εν λόγω κατηγορία και έχουν ταξινομηθεί λάθος από τα συνολικά 133 σημεία, τα οποία ανήκουν στην κατηγορία τα 26 σημεία (19,5%) τοποθετήθηκαν σε άλλες κατηγορίες.

Η κατηγορία 8 είναι τα αείφυλλα σκληρόφυλλα. Στην εν λόγω κατηγορία έχουν ταξινομηθεί συνολικά 351 σημεία εκ των οποίων τα 266 ανήκουν στην εν λόγω κατηγορία. Η συνολική ακρίβεια των σωστά ταξινομημένων σημείων είναι 75,8%, ενώ μεγάλο μέρος των λανθασμένων σημείων τοποθετήθηκε στην κατηγορία δρυς, ελαιώνες και καστανιόνες. Το ίδιο παρατηρείται και για τα σημεία που ανήκουν στην κατηγορία των αείφυλλων σκληρόφυλλων και έχει τοποθετηθεί ένα μέρος της τάξεως του 23,1% στις ίδιες κατηγορίες.

Η κατηγορία που ακολουθεί είναι η 9 και αφορά το γυμνό έδαφος. Η συγκεκριμένη κατηγορία είχε ποσοστό σωστά ταξινομημένων σημείων της τάξεως του 89,4%. Το ποσοστό των λανθασμένων σημείων αντιστοιχεί στο 10,6% και οι κατηγορίες που τοποθετήθηκαν ήταν ο φρυγανότοπος και οι δομημένες εκτάσεις. Όσον αφορά τα σημεία τα οποία ανήκαν στην κατηγορία του γυμνού εδάφους και τοποθετήθηκαν λάθος συνολικά είναι 34 εκ των οποίων τα 32 τοποθετήθηκαν στις δομημένες εκτάσεις.

Οι χορτολιβαδικές εκτάσεις αντιστοιχούν στην κατηγορία 10. Τα ταξινομημένα σημεία είναι συνολικά 492 εκ των οποίων τα 436 σημεία (88,6%) ταξινομήθηκαν ορθώς και τα 56 τοποθετήθηκαν λάθος. Από τα λάθος ταξινομημένα σημεία φαίνεται τα περισσότερα να τοποθετήθηκαν στους ελαιώνες. Τα σημεία που ανήκαν στις χορτολιβαδικές εκτάσεις ήταν συνολικά 521 με εκ των οποίων τα 40 ταξινομήθηκαν λάθος στην κατηγορία φρύγανα, ενώ 24 ταξινομήθηκαν λάθος στην κατηγορία ελαιώνες.

Η κατηγορία 11 αντιπροσωπεύει την ταξινόμηση της κατηγορίας λοιπά πλατύφυλλα. Στο πίνακα σύγχυσης παρατηρούμε ότι το ποσοστό ακρίβειας των σημείων που ταξινομήθηκαν ισούται με 78,2% ( 43 σημεία), ενώ συνολικά τα σημεία είναι 55 και τα περισσότερα ταξινομήθηκαν (4 σημεία) στην κατηγορία των καστανιώνων. Τα σημεία τα οποία ανήκουν στην εν λόγω κατηγορία είναι συνολικά 86 εκ των οποίων μόνο τα 43 (50%) έχουν αντιστοιχηθεί με την κατηγορία στην οποία ανήκουν, δηλαδή τα λοιπά πλατύφυλλα. Η πλειοψηφία των λανθασμένα ταξινομημένων σημείων τοποθετήθηκαν στις κατηγορίες των καστανιώνων και των αείφυλλων σκληρόφυλλων.

Η 12<sup>η</sup> κατηγορία είναι οι καλλιέργειες, οι οποίες έχουν καταγράψει υψηλό ποσοστό ταξινόμησης με το 94,1% των σημείων να έχει ταξινομηθεί σωστά. Ένας μικρός αριθμός

σημείων ταξινομήθηκε στην κατηγορία των χορτολιβαδικών εκτάσεων και αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι κάποιες καλλιέργειες όπως το στάρι μπορεί να παραπέμπουν με τις τιμές ανακλαστικότητας τους σε φρυγανότοπους κατά την αρχή της θερινής περιόδου που είναι και η εποχή θέρους τους. Τα σημεία που ανήκουν στις καλλιέργειες είναι συνολικά 264 και το ποσοστό που έχει αντιστοιχηθεί σωστά με την κατηγορία των ελαιώνων ισούται με 95,8%.

Τελευταία κατηγορία είναι η 13<sup>η</sup>, η οποία αντιπροσωπεύει τις υδάτινες επιφάνειες. Το ποσοστό των σωστά ταξινομημένων σημείων ισούται με 100% αντιστοιχία. Όλα τα σημεία που ανήκαν στην εν λόγω κατηγορία αντιστοιχήθηκαν όλα σε αυτή χωρίς κανένα λάθος ταξινομημένο σημείο.

Τα στοιχεία αυτά, όλες οι παρατηρήσεις και η αρίθμηση των κατηγοριών αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα σύγχυσης ή αλλιώς confusion matrix.

Confusion Matrix															
Output Class	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	1086 14.7%	65 0.9%	8 0.1%	1 0.0%	4 0.1%	0 0.0%	3 0.0%	15 0.2%	0 0.0%	24 0.3%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	89.9% 10.1%	ΕΛΑΙΩΝΕΣ
2	46 0.6%	386 5.2%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	6 0.1%	0 0.0%	30 0.4%	0 0.0%	8 0.1%	5 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	80.2% 19.8%	ΔΡΥΣ
3	12 0.2%	2 0.0%	1559 21.2%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	40 0.5%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	96.5% 3.5%	ΦΡΥΓΑΝΟΤΟΠΟΣ
4	1 0.0%	3 0.0%	4 0.1%	370 5.0%	0 0.0%	4 0.1%	0 0.0%	7 0.1%	32 0.4%	4 0.1%	2 0.0%	6 0.1%	0 0.0%	85.5% 14.5%	ΔΟΜΗΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ
5	8 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1527 20.7%	0 0.0%	21 0.3%	6 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	4 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	97.5% 2.5%	ΤΡΑΧΕΙΑ ΠΕΥΚΗ
6	2 0.0%	4 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	246 3.3%	0 0.0%	15 0.2%	0 0.0%	0 0.0%	14 0.2%	0 0.0%	0 0.0%	87.5% 12.5%	ΚΑΣΤΑΝΙΩΝΑΣ
7	2 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	12 0.2%	0 0.0%	107 1.5%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	86.3% 13.7%	ΜΑΥΡΗ ΠΕΥΚΗ
8	10 0.1%	30 0.4%	0 0.0%	0 0.0%	4 0.1%	26 0.4%	2 0.0%	266 3.6%	0 0.0%	1 0.0%	12 0.2%	0 0.0%	0 0.0%	75.8% 24.2%	ΑΕΙΦΥΛΛΑ ΣΚΛΗΡΟΦΥΛΛΑ
9	1 0.0%	0 0.0%	3 0.0%	3 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	59 0.8%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	89.4% 10.6%	ΓΥΜΝΟ ΕΔΑΦΟΣ
10	21 0.3%	1 0.0%	30 0.4%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	436 5.9%	0 0.0%	4 0.1%	0 0.0%	88.6% 11.4%	ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ
11	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	4 0.1%	0 0.0%	6 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	43 0.6%	0 0.0%	78.2% 21.8%	ΛΟΙΠΑ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΑ
12	1 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	8 0.1%	4 0.1%	253 3.4%	0 0.0%	94.1% 5.9%	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
13	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	424 5.8%	100% 0.0%	ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ
	91.2% 8.8%	78.3% 21.7%	97.1% 2.9%	98.4% 1.6%	98.6% 1.4%	86.0% 14.0%	80.5% 19.5%	76.9% 23.1%	63.4% 36.6%	83.7% 16.3%	50.0% 50.0%	95.8% 4.2%	100% 0.0%	91.8% 8.2%	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
	Target Class														

Εικόνα 41: Confusion Matrix

Ένας γενικός σχολιασμός για όσα παρατηρήθηκαν στον πίνακα είναι ότι η ταξινόμηση των υδάτινων επιφανειών παρουσίασε την μεγαλύτερη ακρίβεια, ενώ υψηλά ποσοστά ορθώς ταξινομημένων σημείων παρουσίασαν αντίστοιχα και οι καλλιέργειες, οι ελαιώνες, οι φρυγανότοποι και η μαύρη πεύκη. Τα περισσότερα λανθασμένα ταξινομημένα σημεία

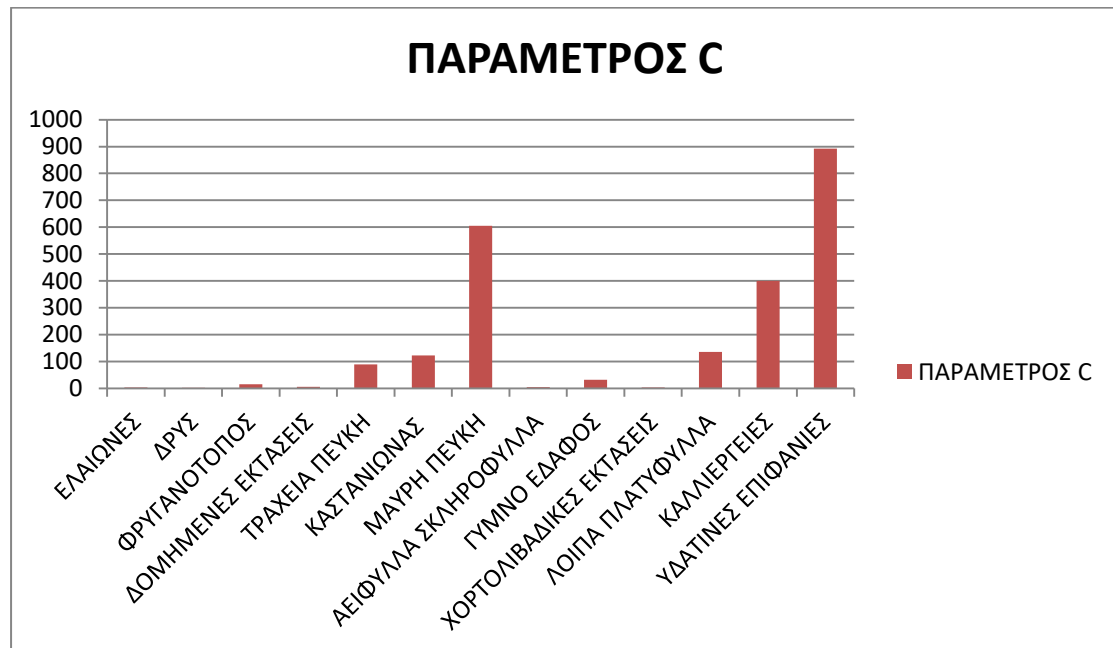
σημειώθηκαν στα λουπά πλατύφυλλά που είχαν ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό που ταξινομήθηκε στους καστανιώνες και τα αείφυλλα σκληρόφυλλά. Όσον αφορά την κατηγορία του γυμνού εδάφους και ταξινόμηση κάποιων σημείων της στις δομημένες εκτάσεις ή σημείων των δομημένων εκτάσεων σε κατηγορίες βλάστησης (π.χ. ελαιώνες) αυτό μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως η ύπαρξη πρασίνου σε περιοχές αστικής ανάπτυξης (πάρκα, πράσινο κατά μήκος των πεζοδρόμων) ή σε χωριά όπου υπάρχουν κήποι και πολύ περισσότερο διάφορα είδη βλάστησης. Ακόμα, στα χωριά υπάρχουν επιφάνειες οι οποίες είναι καλυμμένες με σκυρόδεμα και οπότε οι τιμές της ανακλαστικότητας να είναι κοντά σε αυτές του γυμνού εδάφους. Έτσι μπορεί αυτό να είναι ένας παράγοντας για την ταξινόμηση των κάποιων σημείων σε άλλη κατηγορία από αυτή που ανήκουν στην πραγματικότητα. Ωστόσο στο σύνολο τους τα αποτελέσματα είχαν εξαιρετικές αποδόσεις.

**Πίνακας 4: Πίνακας Ακρίβειας Χρήστη και Ακρίβειας Ταξινομητή**

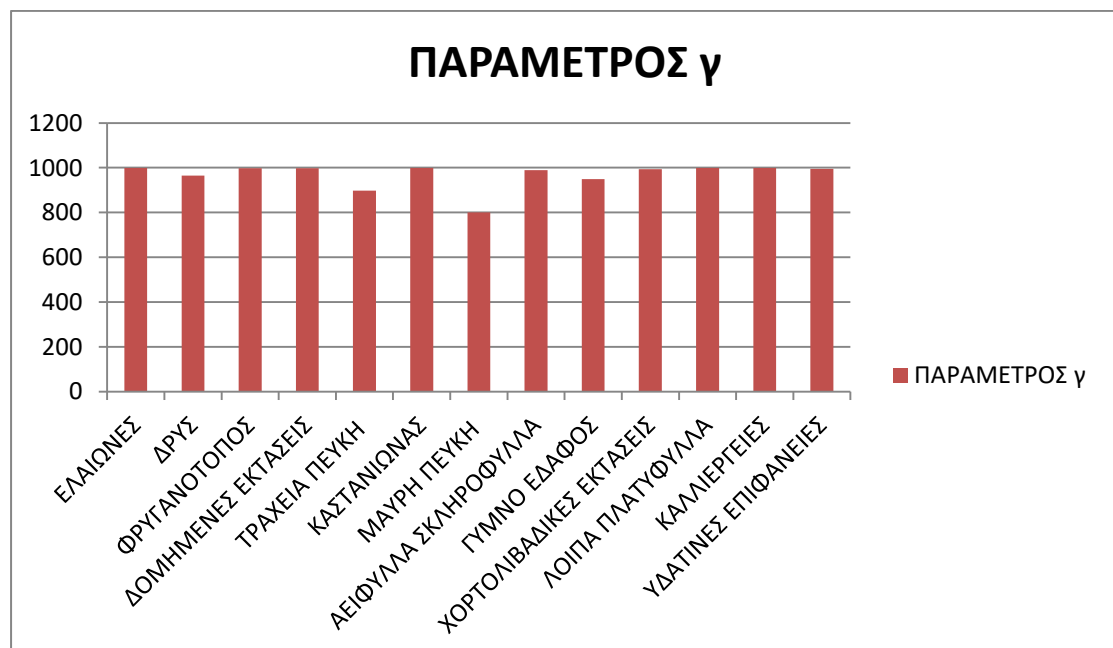
ΤΥΠΟΙ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ	Ακρίβεια χρήστη	Ακρίβεια αναλυτή
Ελαιώνες	89,9%	91,2%
Δρυς	80,2%	78,3%
Φρυγανότοπος	96,5%	97,1%
Δομημένες Εκτάσεις	85,5%	98,4%
Τραχεία Πεύκη	97,5%	98,6%
Καστανιώνας	87,5%	86,0%
Μαύρη Πεύκη	86,3%	80,5%
Αείφυλλά Σκληρόφυλλά	75,8%	76,9%
Γυμνό έδαφος	89,4%	63,4%
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	88,6%	83,7%
Λουπά Πλατύφυλλα	78,2%	50,0%
Καλλιέργειες	94,1%	95,8%
Υδάτινες Επιφάνειες	100%	100%

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε την ακρίβεια χρήστη και την ακρίβεια του ταξινομητή. Η ακρίβεια του χρήστη είναι ο λόγος των ταξινομημένων σημείων ως προς τον συνολικό αριθμό των σημείων που είναι σε κάθε γραμμή. Μέσω της ακρίβειας του χρήστη εκφράζεται το πόσο σωστά είναι ταξινομημένα τα στοιχεία για την κάθε κατηγορία. Παρατηρούμε ότι η υψηλότερη ακρίβεια χρήστη ανήκει στην κατηγορία των υδάτινων επιφανειών και η χαμηλότερη ακρίβεια στα λουπά πλατύφυλλα. Όσον αφορά την ακρίβεια αναλυτή είναι ο λόγος των ταξινομημένων σημείων ως προς τον συνολικό αριθμό των σημείων που είναι σε κάθε στήλη. Μέσω της ακρίβειας του αναλυτή εκφράζεται το πόσο σωστά έχουν ταξινομηθεί τα στοιχεία από τον αλγόριθμο. Ακόμα η τιμή του δείκτη Cohen's kappa για την ταξινόμηση ισούται με 0,9047 που σημαίνει ότι υπάρχει τέλεια συμφωνία μεταξύ των δεδομένων.

Πίνακας 5: Διάγραμμα Παραμέτρου C



Πίνακας 6: Διάγραμμά Παραμέτρου γ



### 4.3 Θεματικός χάρτης εδαφοκάλυψης

Ο παρόν θεματικός χάρτης είναι το αποτέλεσμα της ταξινόμησης που πραγματοποιήθηκε με βάση την μέθοδο Support Vector Machines. Όπως παρατηρούμε και στον χάρτη με σκούρο πράσινο χρώμα απεικονίζεται η τραχεία πεύκη και κατανέμεται βορειοδυτικά στην περιοχή του βουνού του Ολύμπου, που βρίσκεται νότια του νησιού. Σε αυτό το βουνό μπορούμε να διακρίνουμε επίσης το δάσος με τις καστανιές που βρίσκεται νότια του χωριού της Αγιάσου και απεικονίζεται με ανοικτό καφέ. Στην ευρύτερη περιοχή συναντάμε αρκετούς ελαιώνες που συμβολίζονται με πιο ανοικτό πράσινο. Όσον αφορά τα τις κατηγορίες δομημένες εκτάσεις και γυμνό έδαφος συμβολίζονται με ανοικτό γκρι και σκούρο γκρι χρώμα αντίστοιχα. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι περιοχές με αμμώδεις εκτάσεις ( παραλίες) έχουν ταξινομηθεί στις δομημένες εκτάσεις.. Ακόμα έχουν αποτυπωθεί ορθώς και οι καλλιέργειες στην περιοχή της Καλλονής και του Πολυχνίτου. Παρατηρούμε ότι βορειοδυτικά του νησιού στην περιοχή του Σιγρίου έχει ταξινομηθεί και χαρακτηριστεί ορθώς ως φρυγανότοποι, αλλά έχει κάποιες πολύ μικρές περιοχές που ήταν γυμνό έδαφος και θεωρήθηκαν ως δομημένες εκτάσεις. Ακόμα παρατηρούμε τις χορτολιβαδικές εκτάσεις στο βόρειο τμήμα του νησιού στην περιοχή της Συκαμνείας.

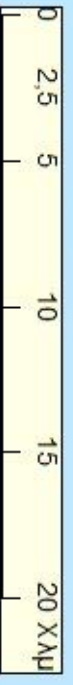
Γενικά, η ταξινόμηση των τύπων εδαφοκάλυψης είναι αντιπροσωπευτική αυτών που υπάρχουν στο νησί και υπάρχει μεγάλη ακρίβεια. Έχουν διαχωριστεί με επιτυχία κατηγορίες όπως οι ελαιώνες και οι δρυς που σε κάποιες περιοχές συναντιούνται και οι δύο κατηγορίες μεικτά.

# ΧΑΡΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΣΒΟΥ

**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- ΕΡΑΙΩΝΕΣ
- ΔΡΥΣ
- ΦΡΥΓΑΝΟΤΟΤΟΣ
- ΔΟΜΗΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ
- ΤΡΑΧΕΙΑ ΠΕΥΚΗ
- ΚΑΣΤΑΝΙΔΑΣ
- ΜΑΥΡΗ ΠΕΥΚΗ
- ΑΕΙΦΥΛΛΑ ΣΚΛΗΡΟΦΥΛΛΑ
- ΓΥΜΝΟ ΕΔΑΦΟΣ
- ΧΟΡΤΟΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ
- ΛΟΙΠΑ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΑ
- ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
- ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

ΚΑΙΜΑΚΑ: 1:250.000



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑΝΤΑ  
ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ: ΕΓΣΑ 87  
ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2020



Εικόνα 42: Θεματικός Χάρτης

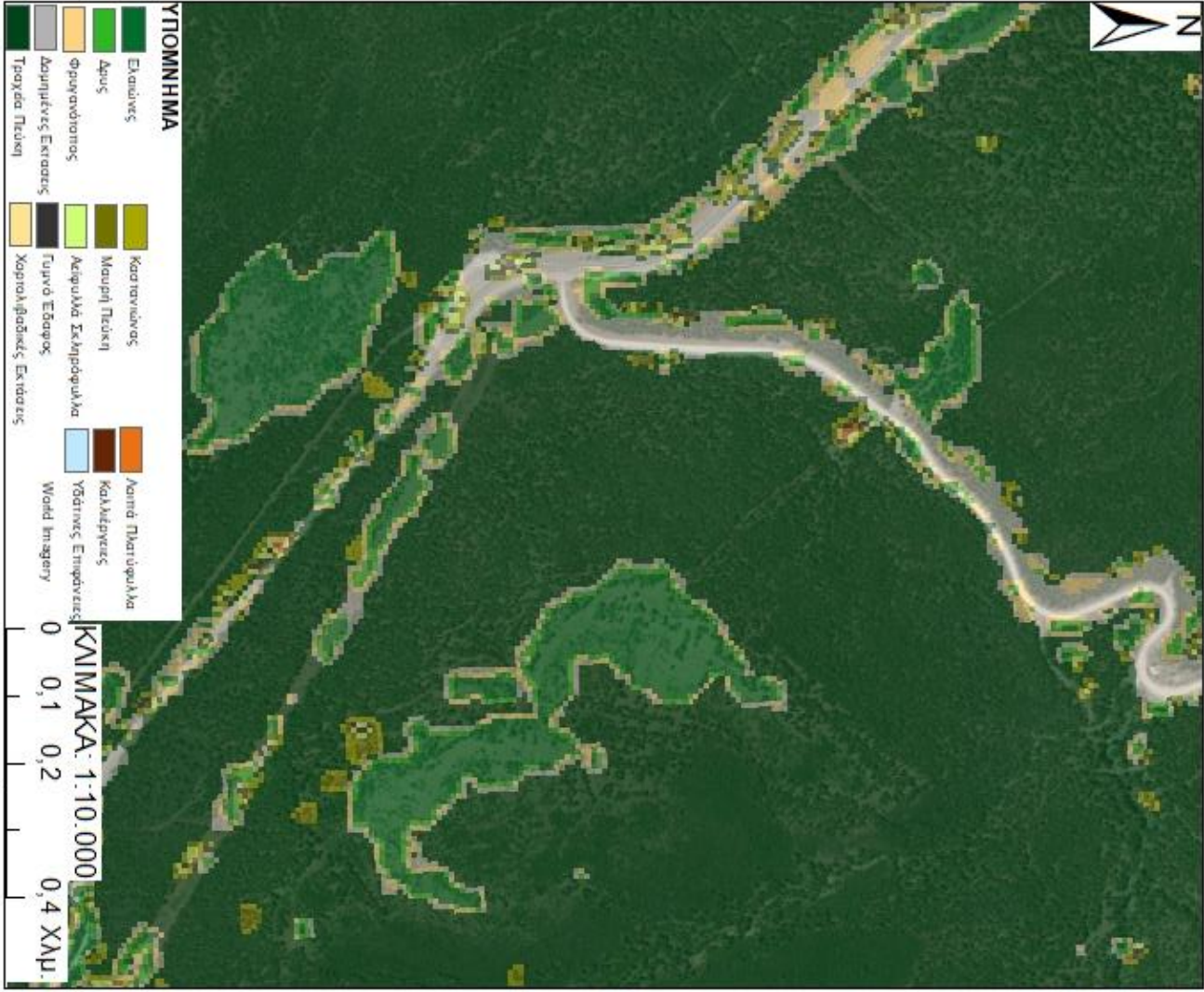
#### 4.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων χάρτη με την δορυφορική εικόνα και το υπόβαθρο του Google Basemap

Παρακάτω θα πραγματοποιηθεί μια σύγκριση των αποτελεσμάτων της ταξινομημένης εικόνας σε σχέση με την δορυφορική εικόνα και το υπόβαθρο του Google Basemap . Για κάθε χάρτη αριστερά παρατηρούμε την σύγκριση του Google Basemap και της ταξινομημένης εικόνας και δεξιά την σύγκριση της ταξινομημένης εικόνας σε σχέση με την διαχρονική πολυφασματική εικόνα μας.

Η πρώτη εικόνα αποτελεί στιγμιότυπο από το δάσος της τραχείας πεύκης .Όπως παρατηρούμε περιοχές που η βλάστηση της πεύκης είναι πιο αραιή θεωρήθηκε ως ελαιώνες. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι και κάποια σημεία των ελαιώνων έχουν αρκετά αραιή βλάστηση οπότε σε αυτή την περίπτωση ίσως παρουσιάζουν παρόμοια φασματικά χαρακτηριστικά. Ακόμα υπάρχουν κάποιες πολύ μικρές περιοχές που απεικονίζονται καστανιόνες, ενώ ο δρόμος που είναι γυμνό έδαφος έχει χαρακτηριστεί ως δομημένη έκταση.



Συγκριτικός Χάρτης Ταξινομημένης εικόνας, Εικόνας Ταξινόμησης και Google Basemap  
 Περιοχή Δάσους Τραχείας Πεύκης Ολύμπου

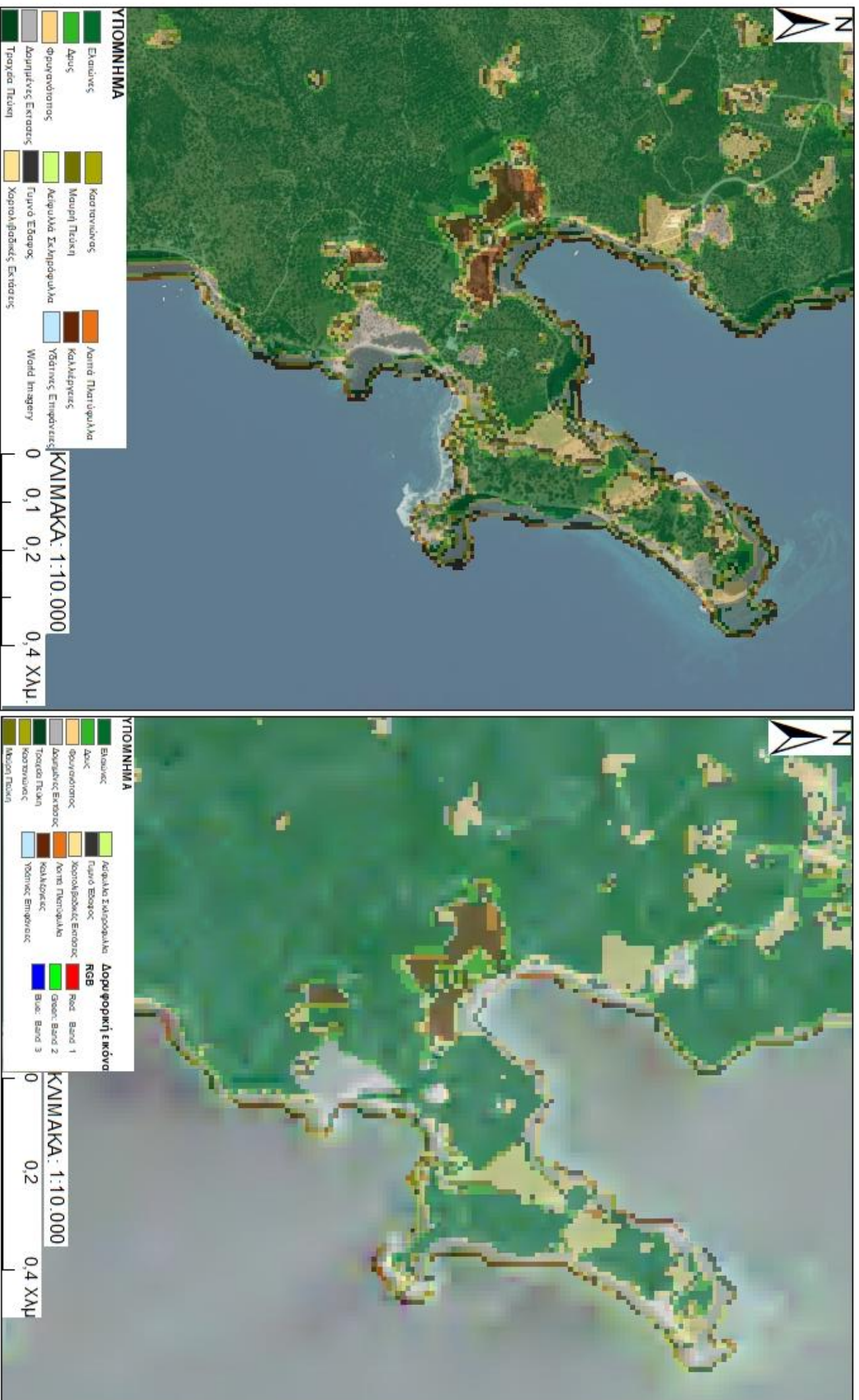


ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑΝΤΑ  
 ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2020

Εικόνα 43: Χάρτης σύγκρισης ταξινομημένης εικόνας, δορυφορικής εικόνας και Google Basemap – Περιοχή Δάσους Πεύκης Ολύμπου

Ο επόμενος χάρτης απεικονίζει την περιοχή Φτέλι που βρίσκεται στο νότιο τμήμα του νησιού . Στην περιοχή όπως παρατηρούμε από την εικόνα του Google Basemap οι ελαιώνες , ενώ υπάρχει και παρατηρείται και μια μικρή περιοχή με καλλιέργειες κάτι που αποτυπώνεται και στην ταξινομημένη εικόνα. Στην περιοχή υπάρχουν φρύγανα σε κάποιες μικρές εκτάσεις που έχουν αποτυπωθεί και στην ταξινομημένη εικόνα μας.

# Συγκριτικός Χάρτης Ταξινομημένης εικόνας, Εικόνας Ταξινόμησης και Google Basemap Περιοχή Χωριού Φτέλι



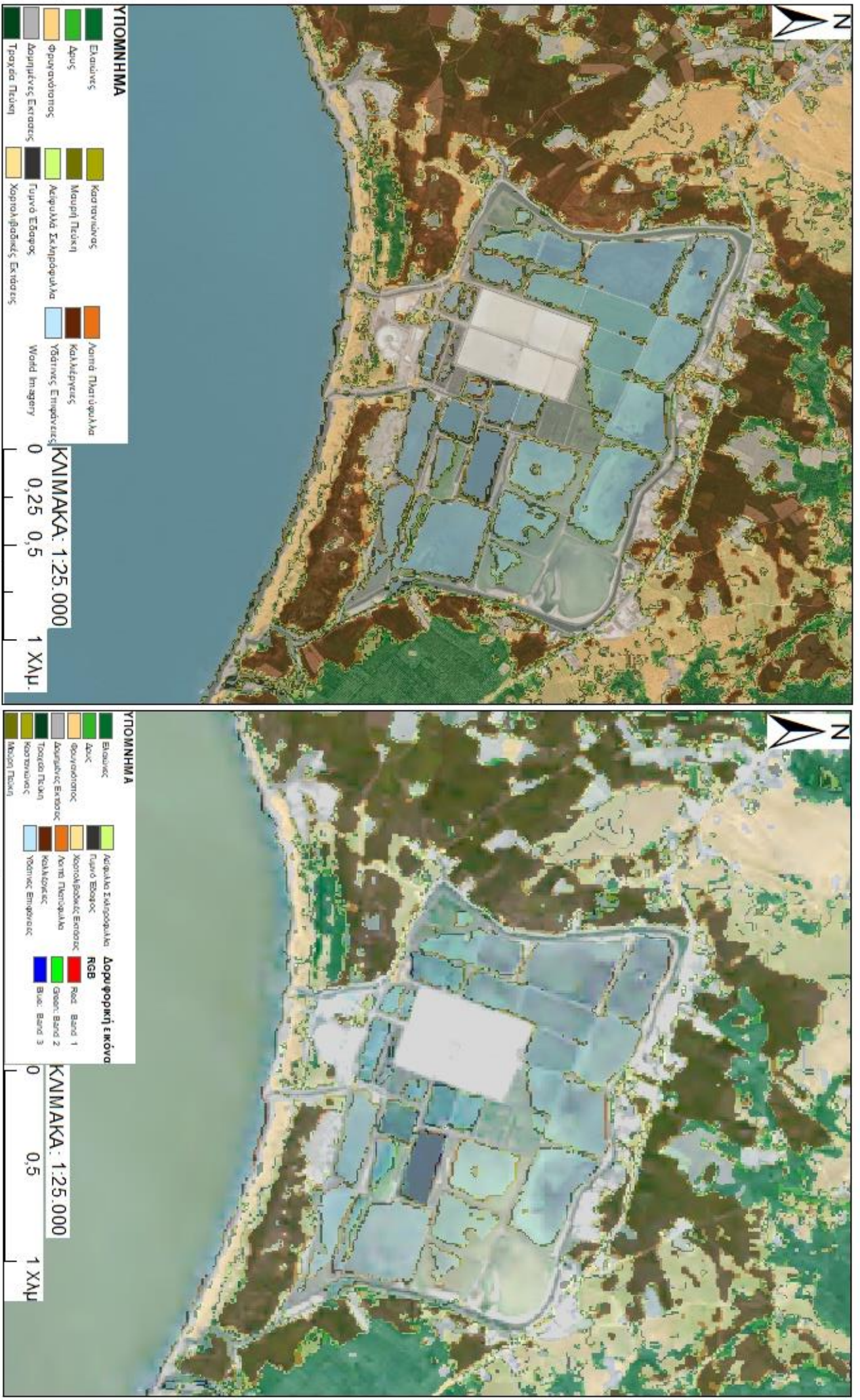
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΑΝΤΑ  
ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2020

Εικόνα 44: Χάρτης σύγκρισης ταξινομημένης εικόνας , δορυφορικής εικόνας και Google Basemap – Περιοχή Χωριού Φτέλι

Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζονται οι αλυκές στην περιοχή της Καλλονής. Στην ευρύτερη περιοχή διακρίνουμε ελαιώνες, άλλες καλλιέργειες και φρύγανα. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε στο σημείο των αλυκών δεν καλύπτεται όλη η έκταση τους με νερό αυτό έχει ως αποτέλεσμα να θεωρούνται τμήματα της, στην ταξινομημένη εικόνα, ως αστικό. Τα τμήματα που δεν χαρακτηρίζονται ως υδάτινες περιοχές παρατηρούμε και από την δορυφορική μας εικόνα ότι δεν καλυπτόταν από νερό οπότε ορθώς χαρακτηρίστηκαν ως μη υδάτινες επιφάνειες.

Ο επόμενος χάρτης αφορά την περιοχή Αποθήκες στο νότιο τμήμα του νησιού. Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής χαρακτηρίζεται από χορτολιβαδικές εκτάσεις, ενώ κάποιες περιοχές είναι γυμνό έδαφος και καλλιέργειες. Βλέπουμε ότι αυτό αποτυπώνεται με μεγάλη ακρίβεια ενώ πολύ μικρές εκτάσεις γυμνού εδάφους ταξινομούνται ως δομημένες εκτάσεις.

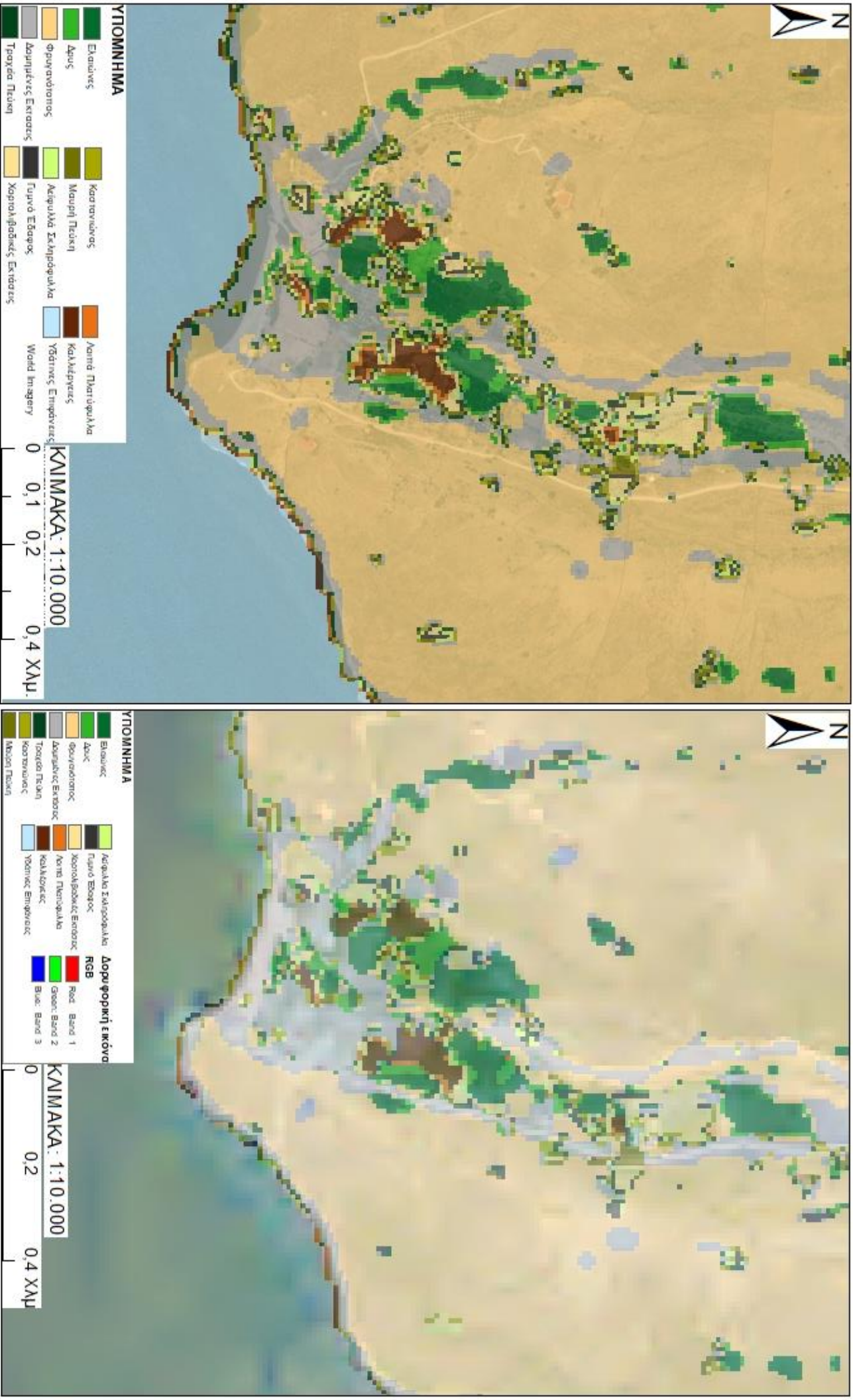
Συγκριτικός Χάρτης Ταξινομημένης εικόνας, Εικόνας Ταξινόμησης και Google Basemap  
Περιοχή Καλλονής - Αλυκές



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΑΝΤΑ  
ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2020

Εικόνα 45: Χάρτης σύγκρισης ταξινομημένης εικόνας, δορυφορικής εικόνας και Google Basemap – Περιοχή Καλλονής - Αλυκές

Συγκριτικός Χάρτης Ταξινομημένης εικόνας, Εικόνας Ταξινόμησης και Google Basemap  
Περιοχή Αποθήκης

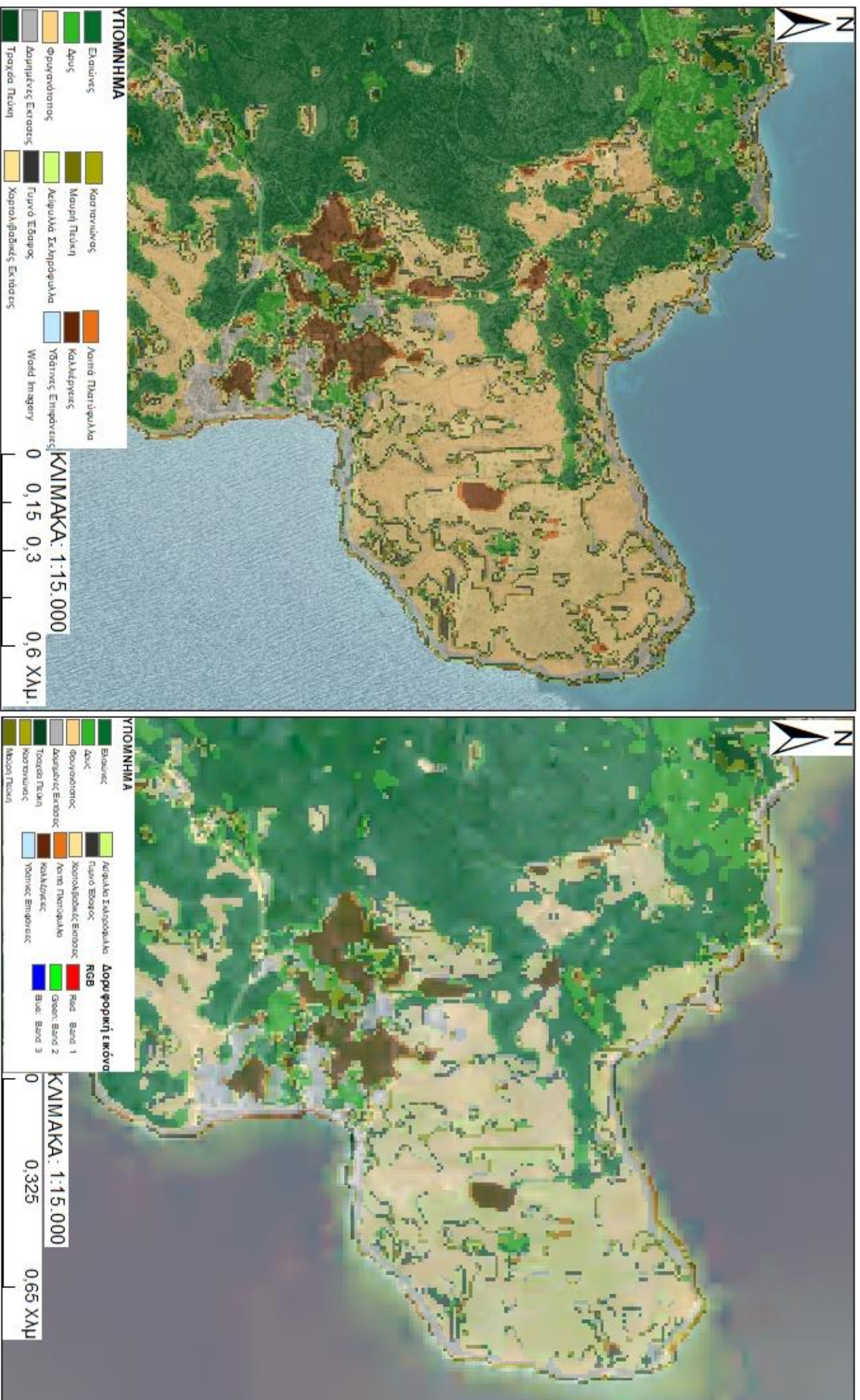


ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΑΝΤΑ  
ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2020

Εικόνα 46: Χάρτης σύγκρισης ταξινομημένης εικόνας , δορυφορικής εικόνας και Google Basemap – Περιοχή Αποθήκης

Τέλος, η περιοχή, η οποία αναπαριστάται στον παρακάτω χάρτη, βρίσκεται βόρεια του νησιού κοντά στο χωριό Τσόνια. Η εν λόγω περιοχή χαρακτηρίζεται από αραιή τραχεία πεύκη φρύγανα, χορτολιβαδικές εκτάσεις, δρυς και καλλιέργειες. Στην συγκεκριμένη περιοχή απαντώνται 6 διαφορετικοί τύποι εδαφοκάλυψης παρατηρώντας την εικόνα του google earth και την εικόνα Sentinel. Όπως μπορούμε να δούμε αυτές οι κατηγορίες αποτυπώνονται και στην ταξινομημένη εικόνα μας. Μπορούμε να διακρίνουμε το χωριό Τσόνια με ανοικτό γκρι (δομημένες εκτάσεις), τα φρύγανα και την χορτολιβαδική έκταση στο άκρο Φέρος, τους δρυς και την τραχεια πεύκη ενώ απεικονίζονται και οι καλλιέργειες που υπάρχουν βόρεια του χωριού.

# Συγκριτικός Χάρτης Ταξινομημένης εικόνας, Εικόνας Ταξινόμησης και Google Basemap Περιοχή Άκρα Φέρος - Χωριό Τσόνια



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑΝΤΑ  
ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2020

Εικόνα 47: Χάρτης σύγκρισης ταξινομημένης εικόνας , δορυφορικής εικόνας και Google Basemap – Περιοχή Άκρα Φέρος - Χωριό Τσόνια



## 5. Συμπεράσματα - Συζήτηση

Η ολική ακρίβεια των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης με την μέθοδο διανυσματικών μηχανών μάθησης ήταν υψηλή και ισούται με 91,8%, Σύμφωνα με τον δείκτη cohen's kappa υπάρχει τέλεια συμφωνία των δεδομένων. Η κατηγορία με την μεγαλύτερη ακρίβεια είναι οι υδάτινες επιφάνειες ενώ η μικρότερη αντιστοιχία αντιστοιχούσε αείφυλλα σκληρόφυλλα και ήταν τις τάξεως του 75,8%. Η χρήση διαχρονικών δεδομένων και συγκεκριμένα τριών εικόνων Sentinel, που αντιστοιχούσαν στην εποχή της άνοιξης (Απρίλιος), του καλοκαιριού (Ιούλιος) και του φθινοπώρου (Νοέμβριος) ήταν σημαντική για τον καλύτερο διαχωρισμό των τύπων βλάστησης και την δημιουργία ενός χάρτη εδαφοκάλυψης υψηλής ακρίβειας που ήταν και ο αρχικός στόχος.

Στην περίπτωση σύγχυσης των δεδομένων και την ταξινόμηση των παραλιακών ακτών στην κατηγορία των δομημένων εκτάσεων αντί της κατηγορίας του γυμνού εδάφους ευθύνεται ο μικρός αριθμός των εκπαιδευτικών σημείων για την εν λόγω κατηγορία. Παρατηρήθηκε μια μικρή δυσκολία στην ταξινόμηση των λοιπών πλατύφυλλων, η δυσκολία αυτή ίσως να προκύπτει από φασματική ομοιότητα των υπογραφών των δυο κατηγοριών.

Όσον αφορά την ίδια την μέθοδο είναι ικανή να ανταποκριθεί σε μεγάλο όγκο δεδομένων. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί χρονοβόρα ως προς τον χρόνο που απαιτείται να ταξινομήσει τις τιμές τις εικόνες. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της SVM είναι ότι βρίσκει το ολικό ελάχιστο της συνάρτησης, δεν εγκλωβίζεται σε τοπικό ελάχιστο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να βρίσκεται η βέλτιστη λύση.

## 6. Βιβλιογραφία

- Bernhard E Boser, Isabell M. Guyon, Vladimir N Vapnik. «A Training Algorithm for Optimal Margin Classier.» 1992.
- C. Huang, L. S. Davis & L. R. G. Townshend. « An assessment of support vector machines for land cover classification.» *Remote Sens.*, 2002.
- Chakraborty, Ujjwal Maulik and Debasis. «Remote Sensing Image Classification: A survey of support – vector – machine – based advanced techniques.» *IEEE*, 2017.
- Corinna Cortes, Vladimir Vapnik. *Support – Vector Networks*. Boston, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1995.
- Cristina Gomez, Joanne C. White, Michael A. Wulder. « Optical remotely sensed time series data for land cover classification : A review.» *Remote Sens.*, 2016.
- Darrel L. Williams, Samuel Goward and Terry Arvidson. «Landsat: Yesterday, Today, and Tomorrow.» *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* , May 2016.
- Eugene F. Knott, John F. Shaeffer, Michael T. Tuley. «Radar Ccross Section.» *SCITECH PUBLISHING, INC*, April 2014.
- Flávio F. Camargo, Edson E. Sano, Cláudia M. Almeida, Jose C. Mura, and Tati Almeida. "A Comparative Assessment of Machine-Learning Techniques for Land Use and Land Cover Classification of the Brazilian Tropical Savanna Using ALOS-2/PALSAR-2 Polarimetric Images." *MDPI*, July 5, 2019.
- Genbatu Ge, Zhongjie Shi, Yuanjun Zhu, Xiaohui Yang, and Yuguang Hao. "Land use/cover classification in an arid desert-oasis mosaic landscape of China using remote sensed imagery: Performance assessment of four machine learning algorithms." *ELVESIER*, February 14, 220: 1-13.
- Giles M. Foody, and Ajay Mathur. "A relative evaluation of multiclass image classification by support vector machines." *IEEE*, June 2004: 1335 - 1343.
- Giorgos Mountrakis, Jungho Im, Caesar Ogole. «Support vector machines in remote sensing: A review.» *Remote Sens.*, 2010.
- J. R. Otukei, and T. Blaschke. "Land cover change assessment using Decision Trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms." *ELVESIER*, November 9, 2009: 27-31.
- James R. Anderson, Ernest E. Hardy, John T. Roach and Richard E. Witmer. *A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*. WASHINGTON : UNITED STATES GOVERNMENT PRINTING OFFICE, 1976.
- John Rogana, DongMei Chen. «Remote sensing technologyfor mapping and motoring land - cover and land - use change.» *Elvesier*, 2003.

- Kappas, Phan Thanh Noi and Martin. «Comparison of Random Forest, k-Nearest Neighbor and Support Vector Machine Classifiers for Land Cover Classification Using Sentinel – 2 Imagery.» *Remote Sens.*, October 2017.
- Laurel Ballanti, Leonhard Blesius, Ellen Hines and Bill Kruse. «Tree Species Classification Using Hyperspectral Imagery: A Comparison of Two Classifiers.» *Remote Sens*, 2016.
- Mahendra H. N., Shivakumar B. R. Praveen J. «Pixel-Based Classification of Multispectral Remotely Sensed Data Using Support Vector Machine Classifier.» *Remote Sens.*, 2015.
- Merphy, Kevin P. Στο *“Machine Learning: A Probabilistic Perspective*, 2 – 24, 481 – 482 . Cambridge, Massachusetts London, England: THE MIT Press, 2012.
- Michell, Tom M. «Machine Learning.» 367 – 370 . McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITOR, Computer Science Series, 1997.
- Norvig, Stuart Russell and Peter. Στο *ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΥΜΟΣΥΝΗ: ΜΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΡΟΣΣΕΓΙΣΗ*, 31 – 61 , 731 – 733 . ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, 2005.
- Norvig, Stuart Russell and Peter. «Artificial Intelligence: A modern Approach.» 3-28. Hall Series in Artificial Intelligence, 1995.
- Pramaditya Wicaksono, Prama Ardha Aryaguma and Wahyu Lazuardi. «Benthic Habitat Mapping Model and Cross Validation Using Machine – Learning Classification Algorithms.» *Remote Sens.*, May 2019.
- Sergios, Theodoridis. «Machine Learning: A Bayesian and optimization perspective.» 1-5. ELVESIER, Academic Press, 2015.
- Smola, Bernhard Schölkopf Alexander J. «Kernels.» Στο *Learning with Kernels*, 25-29, 189-222. Cambridge, Massachusetts London, England: THE MIT Press, 2012.
- Soulakellis, I.D Novak and N. «Identifying geomorphic features using LANDSAT-5/TM data processing techniques on Lesbos, Greece.» *Science Direct*, 2000.
- Thomas Key, Timothy A. Warner, James B. McGraw and Mary Ann Fajvan. «A Comparison of Multispectral and Multitemporal Information in High Spatial Resolution Imagery for Classification of Individual Tree Species in a Temperate Hardwood Forest.» *Elvesier*, 2001.
- Vapnik, Vladimir N. *An Overview of Statistical Learning Theory*. IEEE, 1999.
- Yang, Jonathan Li and Xiaojun. «Support Vector Machines for Land Cover Mapping from remote sensor imagery.» Στο *Monitoring and Modeling of Global Changes: A Geomatics Perspective*, 265-279. Springer, 2015.
- Yang, Xiaojun. «Parameterizing Support Vector Machines for Land Cover Classification.» *Remote Sens.*, 2011.

Yuguo Qian, Weiqi Zhou, Jingli Yan, Weifeng Li and Lijian Han. «Comparing Machine Learning Classifiers for Object – Based Land Cover Classification Using Very High Resolution Imagery.» *Remote Sens.*, 2014.

ΒΛΑΧΑΒΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΚΕΦΑΛΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΚΟΚΚΟΡΑΣ ΦΩΤΗΣ, ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ ΗΛΙΑΣ. Στο *ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΥΜΟΣΥΝΗ*, 1 – 16 , 333 – 370 .  
THESSALONIKI: ΄Γ ΕΚΔΟΣΗ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, 2011.

Θωμάϊδου, Ευθυμία Λ. *Η γεωλογική δομή της Νήσου Λέσβου*. 2009.

Κ. Καρτάλης, Χ. Φείδας. *Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης*. Εκδόσεις Τζιόλα, 2017.

Μερτίκας, Σ. *Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση εικόνας*. Εκδόσεις Ίων, 2009.