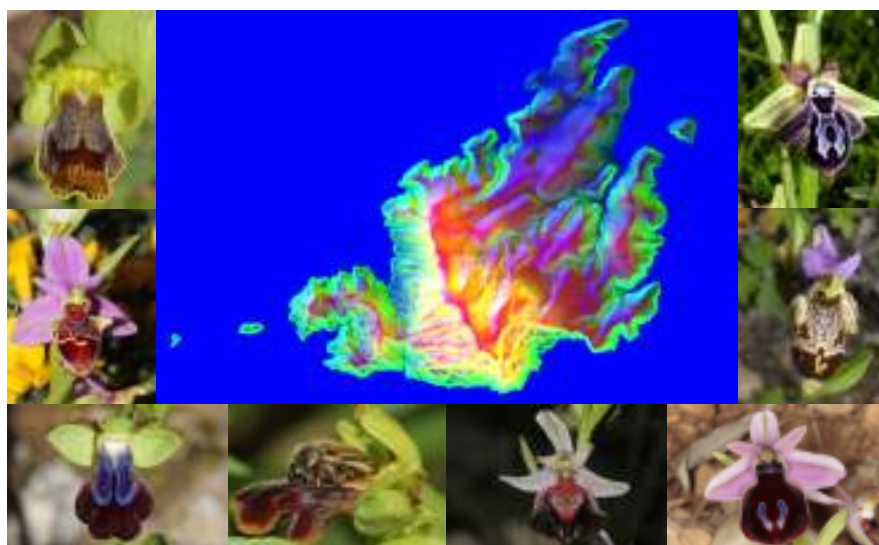




Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Διερεύνηση δυνατότητας μοντελοποίησης των φυσικών βιοτόπων αυτοφυών ορχιδεών της οικογένειας “ORCHIDACEAE” και γένους “OPHRYS”, με χρήση τηλεπισκοπικών μεθόδων και τεχνικών ΣΓΠ»



Φοιτητής: ΓΑΒΑΛΑΣ ΗΛΙΑΣ

Επιβλέπων Καθηγητής ΑΡΓΙΑΛΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί τον καρπό μιας διαρκούς προσπάθειας για δημιουργία άρρηκτων δεσμών μεταξύ της επιστημονικής μου εξέλιξης και της πατρώας γης Ν. Ηρακλείας. Προσβλέπω στην ανάδειξη των επιστημονικών δυνατοτήτων που συνδέονται με τη φυσική και πολιτιστική μας κληρονομιά, μέρος της οποίας είναι η πλούσια και ξεχωριστή παρουσία αυτοφυών ορχιδεών.

Σημαντικό κίνητρο για το εγχείρημα της εργασίας αυτής είναι η υπάρχουσα κατακτημένη γνώση γύρω από τις αυτοφυείς ορχιδέες του νησιού, χάρη στη χρόνια μελέτη και καταγραφή αυτών από τον πατέρα και μέντορά μου σε αυτήν την προσπάθεια Ιωάννη Γαβαλά, χωρίς το αρχείο και τη συμβολή του οποίου κάθε τέτοια προσπάθεια θα ήταν πολύ πιο δύσκολη.

Στο σημείο αυτό θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους ηθελημένα ή άθελά τους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση των σπουδών μου, που σφραγίζεται με την παρουσίαση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οφείλω να μνημονεύσω ξεχωριστά τον επιβλέποντα καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης κ Δ.Αργιαλά για τη στήριξη και το συντονισμό της προόδου μου. Καθοριστική ήταν η συμβολή του Δρ.Πολυχρόνη Κολοκούση στην εκπόνηση και ολοκλήρωση της εργασίας, καθώς χάρη στην απεριόριστη υπομονή και το ευρύ γνωστικό του πεδίο, με βοήθησε να υπερσκελίσω σημαντικά τεχνικά εμπόδια. Δεν παραλείπω να ευχαριστήσω προσωπικά τους Τοπογρ. Μηχ. Β. Ανδρώνη, Δρ. Χρήστο Ιωσηφίδη και τοπογράφο Στέφανο Δογγούρη και κα Μίλη Ανδρώνη για την πολύπλευρη στήριξη και καθοδήγηση καθ'όλη της διάρκεια της φοιτητικής μου θητείας.

Ανεκτίμητη φυσικά είναι η απεριόριστη στήριξη και υπομονή των γονιών μου Ιωάννη και Κωνσταντίνας Γαβαλά που τους χρωστάω πολύ περισσότερα από μερικές γραμμές σε αυτόν τον πρόλογο και στη γυναίκα μου Κατερίνα Μερτίκα που έχει πολλά ακόμη να υπομείνει!

Κλείνοντας, θέλω να αφιερώσω τη συνολική αυτή προσπάθεια στον αείμνηστο παππού μου Θεοφάνη Γαβαλά, η μνήμη του οποίου αποτελεί πηγή στήριξης και έμπνευσης για μένα.

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας μοντελοποίησης των φυσικών βιοτόπων αυτοφυών ορχιδεών του γένους *Ophrys*. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η νήσος Ηράκλεια Κυκλάδων, η οποία θεηρήθηκε ιδανική για τη διερεύνηση αυτή λόγω του μικρού της μεγέθους, της εκτενούς έρευνας των ορχιδεών και της μεγάλης βιοποικιλότητας ορχιδεών που τη χαρακτηρίζει, σε συνδυασμό με την ποικιλία φυσικών βιοτόπων (παραθαλάσσιες περιοχές, βραχώδεις περιοχές, ομοιογενείς περιοχές βλάστησης διαφορετικής έντασης, καλλιέργειες ή εγκαταλειμμένες πρώην καλλιεργούμενες εκτάσεις κτλ).

Για τις ανάγκες της ανάπτυξης του εν λόγω μοντέλου έγινε συλλογή τόσο επίγειων δεδομένων όσο και δορυφορικών (*Landsat 8*), που σε συνδυασμό με πληθώρα διαφορετικών χαρτών προσφέρουν τη δυνατότητα για πολύπλευρη προσέγγιση.

Αρχικώς, έγινε διαλογή των διαθέσιμων δεδομένων με κριτήριο την κλίμακα (για τους διαθέσιμους χάρτες και ορθοφωτοχάρτη του νησιού), την ανάλυση και τα πολυφασματικά κανάλια (ορθοφωτοχάρτης και δορυφορικές εικόνες). Όσα από αυτά χρησιμοποιήθηκαν υπέστησαν κατάλληλη προεπεξεργασία (διανυσματοποίηση, γεωαναφορά και διαμόρφωση τιμών για καλύτερη διαχείριση των δεδομένων) για να ακολουθήσει η κυρίως φάση των επεξεργασιών. Στη φάση αυτή δημιουργήθηκαν επιπλέον σημαντικά δεδομένα (δημιουργία πολυγώνων εκπαίδευσης) ή μεταποιήθηκαν (χάρτης προσανατολισμών, γεωλογικός χάρτης).

Με τα δεδομένα να αναφέρονται πλέον σε κοινό σύστημα αναφοράς (ΕΓΣΑ 87) με τη μορφή επιθεμάτων (*layers*) για διαχείριση σε περιβάλλον ΣΓΠ (*QGIS*) αλλά και διαχείρισης τηλεπισκοπικών δεδομένων (*ER-Mapper*), έγινε εξαγωγή τιμών για τα σημεία και για τα πολύγωνα εκπαίδευσης. Η προσέγγιση με τα σημεία δεν προσφέρθηκε για στατιστική ανάλυση ενώ η προσέγγιση με τα πολύγωνα έδωσε τη δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας.

Στα πλαίσια επιλογής του τρόπου προσέγγισης του προβλήματος ολοκληρώθηκε μία σειρά εργασιών, αρχικώς με χρήση 23 πολυγώνων εκπαίδευσης ποικίλου μεγέθους και χαρακτηριστικών ενώ στην εναλλακτική προσέγγιση με χρήση 26 μικρότερων, ομοιόμορφων-ισομεγέθων κατά το δυνατόν πολυγώνων για αντιπαραβολή των τελικών αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά είναι χάρτες βιοποικιλότητας των υπό μελέτη ορχιδεών (*taxa*). Η αξιολόγηση του εκάστοτε μοντέλου έχει να κάνει με τη δυνατότητα αυτού να αποδώσει σωστές τιμές βιοποικιλότητας σε περιοχές όπου αυτή είναι γνωστή (από επίγεια δεδομένα).

Το όλο εγχείρημα δεν έδωσε τα αναμενόμενα αποτελέσματα ωστόσο ανέδειξε τη μεθοδολογική προσέγγιση που με καλύτερης ακρίβειας αρχικά δεδομένα θα μπορούσε να παράξει καλύτερο μοντέλο. Η σημασία του εγχειρήματος αυτού δεν περιορίζεται στη χρησιμότητά του ως εργαλείο εύρεσης νέων άγνωστων πληθυσμών ή αξιολόγησης βιοτόπων. Αποτελεί παράλληλα τον πυλώνα για αντίστοιχη προσέγγιση για την ανάπτυξη μοντέλων με διαφορετικό αντικείμενο μελέτης

εξαρτημένο από διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά-παραμέτρους (απειλούμενα είδη φυτών ή ζώων).

Abstract

The aim of this study is to investigate the possibility of modeling natural habitat of wild orchids of the genus *Ophrys*. As study area island Heraclea of Cyclades cluster was selected, which was considered ideal for this investigation because of its small size, the comprehensive research of orchids and high biodiversity of orchids that characterizes it, in combination with the variety of natural habitats (coastal areas, rocky areas, numerous types of homogenous areas with different vegetation density, crops or abandoned former farmland etc.).

For the needs of the development of the above mentioned model both ground and satellite data was collected (Landsat 8), which in combination with many different maps offer the possibility for multilateral approach.

Initially, the available data was screened on the basis of the scale (for available maps and orthophotomap of the island), the analysis and multispectral channels (orthophotomaps and satellite images). The data used were appropriately pretreated (vectorized, georeferenced and value transmutated for better management of the data) to be followed by the main processing phase. During that phase additional important data was created (educational polygons creation) or processed (map orientations, geological map).

With the data now reported in a common reference system (EGSA 87) in the form of patches (layers) for environmental management in GIS (QGIS) and remote sensing data management (ERMapper) values were extracted for educational points and polygons. The approach through points was not offered for statistical analysis while the approach through polygons enabled further processing.

In the context of choosing the approach to the problem a series of operations was completed, initially using 23 training polygons of different sizes and characteristics and alternatively using 26 smaller, uniform - same sized as possible polygons for comparison of the final results. These results are maps of biodiversity of the orchids under study (taxa). The evaluation of each model has to do with their capability of attributing correct values of biodiversity in areas where this is known (through surface data).

The whole venturing did not give the expected results, however, highlighted the methodological approach which could produce a better model with original data of better precision. The importance of this exercise is not limited in usefulness as a tool

of finding new unknown populations or habitat assessing . It consists at the same time the pillar of corresponding approach to modelling with different subject of study dependent on different qualities - parameters (endangered species of plants or animals) .

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	6
2	Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	6
2.1	Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.....	6
2.1.1	Επιλογή της περιοχής μελέτης.....	6
2.1.2	Περιγραφή της περιοχής μελέτης.....	7
2.1.2.1	Γεωγραφία.....	7
2.1.2.2	Ιστορία.....	8
2.1.2.3	Κλίμα.....	8
2.1.2.4	Τοπογραφικά και Υδρολογικά στοιχεία.....	8
2.1.2.5	Καθεστώς Προστασίας.....	9
2.1.2.6	Χλωρίδα.....	9
2.1.2.7	Πανίδα.....	11
2.1.2.8	Στοιχεία εδάφους και Γεωλογικά στοιχεία.....	11
2.1.2.9	Χρήσεις γης.....	13
2.2	Ορχιδέες.....	13
2.2.1	Γενικά.....	13
2.2.2	Το γένος <i>Ophrys</i>	16
2.2.2.1	Γενικά.....	16
2.2.2.2	Ταξινόμηση.....	16
2.2.2.3	Εξάπλωση.....	16
2.2.2.4	Βιολογία-Μορφολογία.....	16
	18
	19
2.2.3	Οι ορχιδέες της Ηρακλείας.....	19
2.2.3.1	Γενικά.....	19
2.2.3.2	Το γένος <i>Ophrys</i> στην Ηρακλεία.....	20
2.3	Μέθοδοι και τεχνικές.....	26
2.3.1	Τηλεπισκόπηση.....	26
2.3.2	Τηλεπισκοπικά δεδομένα Landsat.....	28
2.3.2.1	Πρόγραμμα Landsat.....	28
2.3.2.2	Εφαρμογές δεδομένων Landsat.....	28

2.3.3 Γεωμορφομετρία.....	28
2.3.4 Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ).....	29
3 Μεθοδολογία.....	29
3.1 Περιγραφή δεδομένων.....	29
3.1.1 Δεδομένα LandSat.....	30
3.1.2 Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (DEM).....	30
.....	31
3.1.3 Χάρτες.....	31
3.1.4 Επίγειες μετρήσεις.....	32
3.2 Προεπεξεργασίες δορυφορικής ψηφιακής απεικόνισης.....	33
3.2.1 NDVI.....	34
3.2.2 SMI.....	34
.....	35
3.3 Προεπεξεργασίες ΨΜΕ.....	35
3.3.1 Κλίσεις εδάφους.....	35
3.3.2 Προσανατολισμός.....	36
.....	37
3.3.3 ΤΡΙ (Topographic Position Index).....	37
3.3.4 Προεπεξεργασίες επίγειων δεδομένων.....	39
3.3.5 Προεπεξεργασίες χαρτών.....	45
3.4 Επεξεργασίες.....	54
3.4.1 Στατιστική ανάλυση.....	57
3.4.2 Ανάπτυξη μοντέλου.....	65
4 Αποτελέσματα.....	74
4.1 Συζήτηση.....	75
4.2 Προοπτικές.....	75

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1: <i>Ophrys lutea</i> , παράδειγμα μορφής κονδύλων.....	11
Εικόνα 2: Μέρη φυτού <i>Ophrys</i>	15
Εικόνα 3: <i>Euophrys</i> , μέρη άνθους.....	15
Εικόνα 4: <i>Pseudophrys</i> , μέρη άνθους.....	15
Εικόνα 5: <i>O.aegaea</i>	16
Εικόνα 6: <i>O.ariadnae</i>	16
Εικόνα 7: <i>O.basilissa</i>	17
Εικόνα 8: <i>O.bicornuta</i>	17
Εικόνα 9: <i>O.blitopertha</i>	17
Εικόνα 10: <i>O.bombyliflora</i>	17
Εικόνα 11: <i>O.calypsus</i>	18
Εικόνα 12: <i>O.ceto</i>	18
Εικόνα 13: <i>O.ferrum-equinum</i>	18
Εικόνα 14: <i>O.gortynia</i>	19
Εικόνα 15: <i>O.heracleotica</i>	19
Εικόνα 16: <i>O.icariensis</i>	19
Εικόνα 17: <i>O.iricolor</i>	20
Εικόνα 18: <i>O.israelitica</i>	20
Εικόνα 19: <i>O.omegaifera</i>	20
Εικόνα 20: <i>O.parosica</i>	20
Εικόνα 21: <i>O.parvula</i>	21
Εικόνα 22: <i>O.phryganae</i>	21
Εικόνα 23: <i>O.sicula</i>	21
Εικόνα 24: <i>O.tenthredinifera</i>	22
Εικόνα 25: Δείκτης Τοπογραφικής Θέσης (πηγή: weiss, 1999).....	33
Εικόνα 26: Περιοχές εκπαίδευσης (αρχική προσέγγιση με 23 πολύγωνα).....	34

Εικόνα 27: Τελική επιλογή περιοχών εκπαίδευσης (είκοσι έξι πολύγωνα).....	35
Εικόνα 28: Χρώμα απεικόνισης ειδών στους χάρτες 13,14,15.....	40

Πίνακας πινάκων

Πίνακας 1: Διαθέσιμα δεδομένα και πηγή προέλευσής τους.....	31
Πίνακας 2: Ταχον και αντίστοιχος κωδικός.....	43
Πίνακας 3: Βιοποικιλότητα (πλήθος ταχα) ανά πολύγωνο εκπαίδευσης.....	45
Πίνακας 4: Πολύγωνο και βιοποικιλότητα.....	46
Πίνακας 5: Περιγραφή πετρωμάτων και υδατοπερατότητα αυτών.....	48
Πίνακας 6: Εύρος σημειακών προσανατολισμών και τιμή απόδοσης.....	51
Πίνακας 7: Τιμές παραμέτρων ανά πολύγωνο (περίπτωση 23 πολυγώνων).....	60
Πίνακας 8: Κανονικοποιημένες τιμές των παραμέτρων ανά πολύγωνο (περίπτωση 23 πολυγώνων).....	60
Πίνακας 9: Αποτελέσματα παλινδρόμησης (προσπάθεια 1).....	61
Πίνακας 10: Νέες τιμές παραμέτρων 23 πολυγώνων εκπαίδευσης.....	62
Πίνακας 11: Αποτελέσματα παλινδρόμησης (προσπάθεια 2).....	62
Πίνακας 12: Αποτελέσματα παλινδρομήσεων με δοκιμές απαλοιφής πολυγώνων (αρχικό δείγμα 23 πολυγώνων).....	63
Πίνακας 13: Αποτελέσματα επιλεχθείσας παλινδρόμησης για αρχικό δείγμα 23 πολυγώνων (με χρήση των 22 πολυγώνων).....	64
Πίνακας 14: Αποτέλεσμα παλινδρόμησης (περίπτωση 26 πολυγώνων εκπαίδευσης).....	65
Πίνακας 15: Αποτελέσματα παλινδρομήσεων με δοκιμές απαλοιφής πολυγώνων (αρχικό δείγμα 26 πολυγώνων).....	66
Πίνακας 16: Αποτελέσματα επιλεχθείσας παλινδρόμησης για αρχικό δείγμα 26 πολυγώνων (με χρήση των 23 πολυγώνων).....	67

1 Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στη μελέτη των αυτοφυών ορχιδεών της Ν. Ηρακλείας με χρήση τηλεπισκοπικών μεθόδων. Έχει ως στόχο τη διερεύνηση μοντελοποίησης των φυσικών βιοτόπων τους αξιοποιώντας τόσο διαθέσιμα δεδομένα (π.χ επίγεια δεδομένα, χάρτες κτλ) όσο και δεδομένα που μπορούν να συλλεχθούν με τηλεπισκοπικές μεθόδους.

Η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων έγινε με χρήση του προγράμματος ER-Mapper, ενώ χρησιμοποιήθηκε και το λογισμικό eCognition για τη συνολική διαχείριση και εποπτεία των διαθέσιμων χαρτών. Έγινε επίσης περιορισμένη χρήση του λογισμικού saga.

2 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1 Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

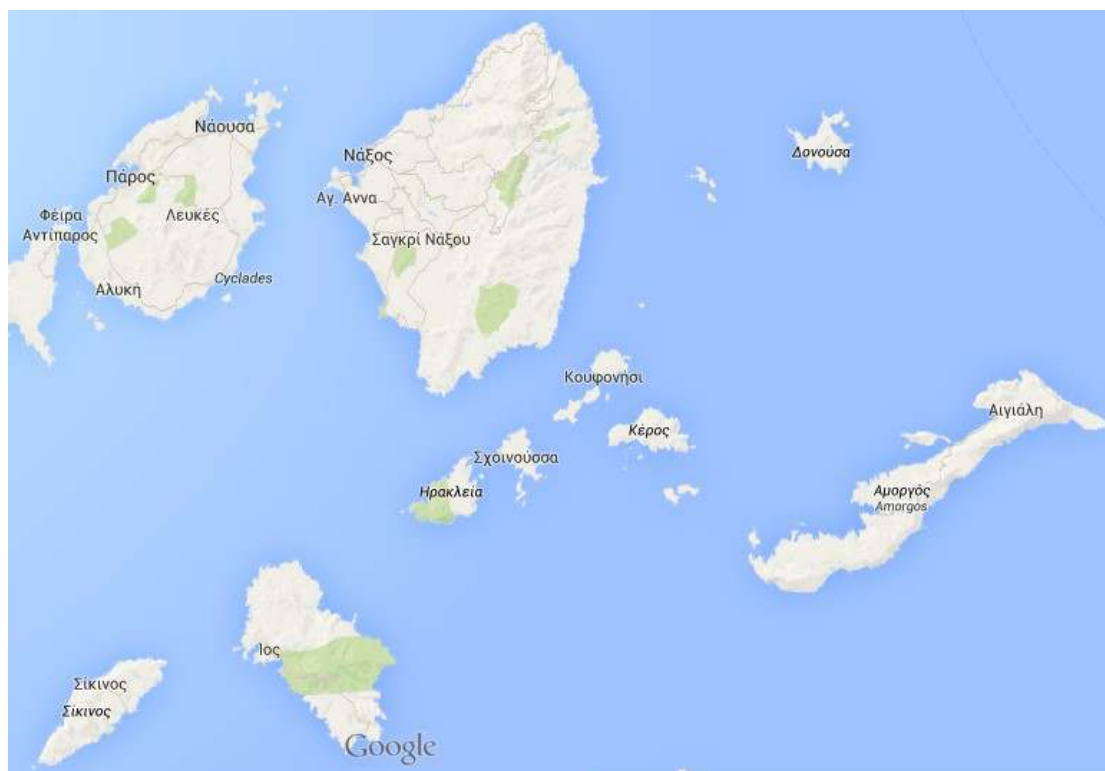
2.1.1 Επιλογή της περιοχής μελέτης

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η νήσος Ηράκλεια Κυκλάδων. Ανάμεσα στην πληθώρα διαφορετικών περιοχών που θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο μελέτης επιλέχθηκε η συγκεκριμένη, αφενός λόγω της εντοπιότητας του συγγραφέως, αφετέρου λόγω της εκτενούς κι εμπειριστατωμένης μελέτης των αυτοφυών ορχιδεών του νησιού από ντόπιο ερασιτέχνη ερευνητή. Σημειώνεται ότι το υπό μελέτη γένος “*Ophrys*” εμφανίζει τη μεγαλύτερη βιοποικιλότητα ανά επιφανειακή μονάδα ανάμεσα σε όλα τα νησιά των Κυκλάδων (ίσως και λόγω της πληρέστερης μελέτης τους συγκριτικά με τα υπόλοιπα νησιά).

2.1.2 Περιγραφή της περιοχής μελέτης

2.1.2.1 Γεωγραφία

Η Ηρακλεία βρίσκεται στην περιοχή του Κεντρικού Αιγαίου και υπάγεται στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου ,στο Νομό Κυκλάδων και ανήκει στο Δήμο Νάξου και Μικρών Κυκλάδων (Χάρτης 1). Πρωτεύουσα των Κυκλάδων είναι η Ερμούπολη της Σύρου. Το σύμπλεγμα των Κυκλάδων αποτελεί μια νησιωτική περιφέρεια η οποία αριθμεί 39 συνολικά νησιά - μικρά και μεγάλα - εκ των οποίων μόνο τα 24 κατοικούνται. Πρόκειται για μια νησιωτική διοικητική περιφέρεια, η οποία συγκροτήθηκε με βάση κυρίως το κοινό ιστορικό και πολιτισμικό της παρελθόν.



Χάρτης 1: Ηράκλεια Κυκλάδων και γειτονικά νησιά (απόσπασμα από Google maps)

Ο Νομός Κυκλάδων είναι ένα νησιωτικό σύμπλεγμα που βρίσκεται στο νότιο και μέχρι το κεντρικό Αιγαίο, μεταξύ Κρήτης, Πελοποννήσου, Εύβοιας και των Νομών Σάμου και Δωδεκανήσου. Τα νησιά βρέχονται από το Αιγαίο, το Μυρτώο και το Κρητικό Πέλαγος. Τα κυριότερα νησιά των Κυκλάδων είναι η Νάξος, η Άνδρος, η Τήνος, η Πάρος, η Κέα, η Μήλος, η Αμοργός, η Ίος, η Σύρος, η Κύθνος, η Μύκονος, η Σίφνος, η Σέριφος, η Θήρα (ή Σαντορίνη), η Σίκινος, η Κίμωλος, η Φολέγανδρος, η Ανάφη, η Αντίπαρος, η Γυάρος, η Ηράκλεια, η Μακρόνησος, η Πολύαιγος, η Ρήνεια, η Δονούσα, η Κέρος, η Θηρασιά, το Δεσποτικό και η Δήλος. Γύρω από τα νησιά αυτά υπάρχουν πολυάριθμες ακατοίκητες νησίδες και βραχονησίδες.

Η Ηρακλεία χωροθετείται στα νότια της Νάξου και γειτνιάζει με τη Ν.Σχινούσα και τη Ν. Ίο. Περικλείεται από τους βόρειους παράλληλους $36^{\circ} 52' 18''$ και $36^{\circ} 49' 08''$, καθώς και από τους ανατολικούς μεσημβρινούς $25^{\circ} 24' 54''$ και $25^{\circ} 28' 54''$.

Η έκταση του νησιού εκτιμάται σε $18,1 \text{ Km}^2$, ενώ το μήκος της ακτογραμμής του είναι $29,2 \text{ Km}$.

Σύμφωνα με την τελευταία απογραφή της Ε.Σ.Υ το 2011 έχει 181 κατοίκους, ενώ το 2001 απογράφηκαν 151 άτομα.

2.1.2.2 Ιστορία

Υπάρχουν δύο διαφορετικές εκδοχές για την προέλευση της ονομασίας του νησιού. Κατά τη μία εκδοχή η Ηρακλειά οφείλει το όνομά της στο μυθικό ήρωα Ηρακλή, ο οποίος φέρεται να έχει περάσει από το νησί στα πλαίσια των ταξιδιών του. Η άλλη εκδοχή είναι πως το νησί πήρε το όνομά του από την “Ηράκλεια Δύναμη” των κατοίκων του, η οποία ήταν ονομαστή στα νησιά της ευρύτερης περιοχής. Για την ιστορία του νησιού ελάχιστα είναι γνωστά.

Περιορισμένες ανασκαφές έφεραν στο φως ευρήματα του Κυκλαδικού Πολιτισμού, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι το νησί συνέχισε να κατοικείται κατά τη διάρκεια των Κλασικών και Ελληνιστικών χρόνων. Στη σύγχρονη ιστορία της ανήκε στο μοναστήρι της Παναγίας Χοζοβιώτισσας της Αμοργού και Αμοργιανοί εγκαταστάθηκαν το 19ο αιώνα στο νησί, ιδρύοντας τέσσερις οικισμούς: τον Άγιο Αθανάσιο, που σήμερα έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί, το Κάστρο, που έχει πλέον ερειπωθεί, την Παναγία και τον Άγιο Γεώργιο, που εξακολουθούν να κατοικούνται.

2.1.2.3 Κλίμα

Το κλίμα της Ηρακλειάς είναι εύκρατο μεσογειακό και χαρακτηρίζεται από ήπιους και ξηρούς χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια, με τις ετησίες (μελτέμια), που είναι βόρειοι ισχυροί άνεμοι που πνέουν το καλοκαίρι, κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι επικρατέστεροι άνεμοι είναι οι βόρειοι. Άλλο χαρακτηριστικό είναι η μεγάλη ηλιοφάνεια και το μικρό ύψος βροχοπτώσεων, που συχνά έχουν τη μορφή σύντομων καταιγίδων. Το κλίμα επηρεάζεται από τον ορεινό όγκο της Νάξου που βρίσκεται μόλις 3 ν.μ βόρεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να περιορίζονται οι βροχές όταν φυσάει ο βοριάς, αφού το βουνό “Ζας” (1004 μ) λειτουργεί ως φυσικό φράγμα για τα βροχοφόρα νέφη. Ακραίες θερμοκρασίες που έχουν καταγραφεί είναι από -2 έως 38 βαθμούς Κελσίου. Σε σπάνιες περιπτώσεις παρατηρούνται χιονοπτώσεις, όπως τον Ιανουάριο του 1983 και τον Φεβρουάριο του 2008, που όλο το νησί έμεινε χιονισμένο για τρεις ημέρες.

2.1.2.4 Τοπογραφικά και Υδρολογικά στοιχεία

Το νότιο τμήμα του νησιού χαρακτηρίζεται από έντονα φαινόμενα διάβρωσης (γκρεμοί και κατολισθήσεις), που έχουν προκληθεί κυρίως από την έντονη σεισμική δραστηριότητα (ηφαιστειακό τόξο νοτίου Αιγαίου) και από ακραία φαινόμενα υετού.

Παρατηρείται έντονο υδρογραφικό δίκτυο, που προκύπτει από το αρκετά έντονο ανάγλυφο του νησιού σε σχέση με το περιορισμένο του μέγεθος, με μέγιστο υψόμετρο στον λόφο “Πάπα” να φτάνει τα 418 μ. Η φυσική απορροή εξυπηρετείται αποκλειστικά από χειμάρρους ενώ δημιουργείται και εποχιακό έλος στον όρμο “Λιβάδι”.

Το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού αποτελείται από ασβεστολιθικά πετρώματα, τα οποία είναι υδατοπερατά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία υπόγειας αποταμίευσης του βρόχινου νερού. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση μιας υπόγειας πηγής (σε μέρος που ασβεστολιθικά πετρώματα συναντούν σχιστολιθικά πετρώματα) στην περιοχή “Βρύση”, στην οποία υπάρχει πηγάδι για άντληση φυσικού πόσιμου νερού. Πλέον τα αποθέματα νερού της φυσικής αυτής πηγής αντλούνται και διοχετεύονται στο υδρευτικό δίκτυο του νησιού.

2.1.2.5 Καθεστώς Προστασίας

Στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος “NATURA 2000” η Ηρακλεία χαρακτηρίστηκε ως περιοχή που χρήζει προστασίας με σκοπό “τη διατήρηση της άγριας ορνιθοπανίδας και των οικοτόπων/ενδιαιτημάτων της” (κοινή υπουργική απόφαση Αριθμ. Η.Π. 37338/1807/Ε.103, ΦΕΚ1495/Β/01-06.09.2010) με κωδικό **GR4220021**.

Επιπροσθέτως χαρακτηρίστηκε ως περιοχή με “χερσαίους τύπους οικοτόπων Κοινοτικής Σημασίας” (κοινή υπουργική απόφαση Αριθμ. 110/1205322, ΦΕΚ1419/Β/02.03.2012-30.04.2012) με κωδικό **GR4220013**.

2.1.2.6 Χλωρίδα

Η χλωρίδα της Ηρακλείας είναι πλούσια, παρά τη μικρή έκταση του νησιού. Αυτό οφείλεται στην ποικιλία βιοτόπων που διαθέτει (μακκία βλάστηση, φρυγανότοποι, εγκαταλειμμένες αναβαθμίδες, ελαιώνες, πεδινές εκτάσεις με μη αρδευόμενες χειμερινές καλλιέργειες, απόκρημνες ακτές, αμμώδεις και βραχώδεις ακτές, σπηλιές, βραχονησίδες και εγκαταλειμμένοι μικροί οικισμοί). Η επίδραση των ισχυρών ανέμων και της έλλειψης τακτικών βροχοπτώσεων έχει ως αποτέλεσμα τα φυτά να έχουν μικρό μέγεθος και μηχανισμούς επιβίωσης σε μεγάλες ξηρασίες. Το χώμα έχει την ιδιότητα να συγκρατεί και να αποθηκεύει ακόμη και τις μικρότερες ποσότητες νερού.

Στα μέσα του 2014 είχαν αναγνωριστεί περισσότερα από 650 είδη φυτών και εκτιμάται ότι ο συνολικός αριθμός ειδών είναι 660-700.

Στις αμμώδεις ακτές συναντάμε το προστατευόμενο Θαλασσόκρino (*Pancratium maritimum*), την Μαργαρίτα (*Anthemis rigida*) και το Ελίχρυσσο (Απαλοχορτιά - *Helichrysum stoechas*).

Στις βραχώδεις ακτές συναντάται το Σταμναγκάθι (Θαλασσοράδιο - *Cichorium spinosum*), την *Euphorbia acanthothamnus*, τις Αγριοβιολέτες (*Malcolmia chia*, *Malcolmia flexuosa*, *Matthiola tricuspidata*) και το αγριόσκορδο (*Allium sphaerocephalon* subsp. *Aegaeum*).

Στη βραχονησίδα Μικρός Άβελας φυτρώνει η Αγριοβιολέτα (*Matthiola sinuata*), η Μαργαρίτα (*Anthemis Scopulorum*) και το αλόφυτο *Mesembryanthemum nodiflorum*.

Στις απόκρημνες ακτές συναντώνται οι θάμνοι *Staehelina Fruticosa*, *Euphorbia dendroides*, η κάπαρη (*Capparis spinosa*), το σκαρολάχανο (*Brassica cretica* subsp. *Aegaea*), το σταυρανθές *Figibia lunarioides* και η *Centaurea oliveriana*.

Στις καλλιεργούμενες εκτάσεις και τους ελαιώνες τα φυτά που κυριαρχούν είναι οι Καλέντουλες (*Calendula arvensis*), οι μεγάλες Μαργαρίτες (*Chrysanthemum coronarium* - Μαντελίδα), οι Νάρθηκες (*Ferula communis* - Άρτηκας), οι Παπαρούνες (*Papaver rhoeas* - Κουτσουνάδα), οι Μολόχες (*Lavatera cretica*) και οι Άγριες Γλαδιόλες (*Gladiolus italicus* - Σπαθόχορτο).

Οι φρυγανότοποι συνθέτουν το βίοτοπο με τη μεγαλύτερη έκταση και ποικιλία ειδών. Κυριαρχούν οι χαμηλοί θάμνοι: Ασπάλαθος (*Calicotome villosa*), Αφάνα

(*Genista acanthoclada*), Αστοιβή (*Sarcopoterium spinosum*), Θυμάρι (*Thymus capitatus*), Λαδανιά (*Cistus creticus* - Ακίσαρος), Θρούμπη (*Satureja thymbra*), Ρείκι (*Erica manipuliflora*) και πολλοί άλλοι. Ανάμεσά τους φυτρώνουν πλήθη από μικρά αγριολούλουδα.

Το φθινόπωρο ανθίζουν τα Κολχικά (*Colchicum variegatum*, *Colchicum pusillum*), οι Στερνμπέργιες (*Sternbergia sicula*), οι Νάρκισοι (*Narcissus serotinus*), οι Κρόκοι (3 είδη, με πιο σημαντικό την Ζαφορά - *Crocus tournefortii* - που χρησιμοποιείται παραδοσιακά στη μαγειρική), η ορχιδέα *Spiranthes spiralis* και σε μεγάλο αριθμό η Σκιλλοκρεμμύδα (*Urginea maritima* - Ασφόντυλας).

Το χειμώνα κυριαρχούν οι Ανεμώνες (*Anemone coronaria*, *Anemone pavonina* - Πούλες), οι Μανδραγόρες (*Mandragora autumnalis* - Βουδογλωσσίδα), οι Μπελεβάλιες (*Bellevalia hyacinthoides*), τα Μούσκαρι (*Muscari commutatum* και *Muscari comosum*, που είναι ο γνωστός βρώσιμος Βολβός) και οι Ρομουλέες (*Romulea bulbocodium*).

Την άνοιξη κυριαρχούν οι Ασφόδελοι (*Asphodellus aestivus*, *Asphodellus fistulosus*), οι Σιληνές (*Silene colorata*, *behen*, *sartorii*, *gallica*, *nocturna*, *vulgaris*), οι μικρές Μαργαρίτες (*Anthemis auriculata*) και κυρίως οι αυτοφυείς Ορχιδέες (*Ophrys aegaea*, *ariadnae*, *icariensis*, *basilissa*, *gortynia*- *Anacamptis sancta*, *fragrans*, *Orchis anatolica*, *Neotinea maculata*- *Serapias orientalis* και πολλές άλλες).

Στο τέλος της άνοιξης και το καλοκαίρι ανθίζουν τα δελφίνια (*Delphinium peregrinum*), οι κίξιες (*Kickxia elatine*) και πολλά είδη Αγκαθίων (*Onopordum caulescens*, *Carlina lanata*, *Carlina corymbosa*, *Silybum marianum* και άλλα).

Εμφανίζονται και σπάνια είδη, όπως τα *Dianthus cinnamomeus* και *Nigella doerfleri*.

Στις περιοχές με μακκία βλάστηση κυρίαρχα είδη είναι το Θαμνοκυπάρισσο (*Juniperus phoenicea* - Φίδα) και η Σχινιά (*Pistacia lentiscus*). Ανάμεσά τους υπάρχουν διάσπαρτες Αγριελιές (*Olea europaea*) και Χαρουπιές (*Ceratonia siliqua*). Σε εγκαταλειμμένες αναβαθμίδες συναντά κανείς γερασμένες Συκιές και Αμυγδαλιές.

Τέλος, κοντά και μέσα στους οικισμούς βρίσκονται πολλές Φραγκοσυκιές (*Opuntia ficus-indica*).

Το γένος *Ophrys* των αυτοφυών ορχιδεών αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, γι'αυτό και θα αναλυθεί εκτενώς σε επόμενα κεφάλαια.

2.1.2.7 Πανίδα

Τα θηλαστικά δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς. Από χερσαία θηλαστικά έχουν καταγραφεί μόνο τα τρωκτικά *Rattus rattus* (αρουραίος), *Mus domesticus* (Ποντικός ο κατοικίδιος), πιθανόν όμως να υπάρχουν και άλλα είδη εκτός των οικισμών. Παρατηρούνται λίγα άτομα νυχτερίδων αγνώστου είδους.

Τα θαλάσσια θηλαστικά που εμφανίζονται είναι το Ρινοδέλφιο (*Tursiops truncatus* - πολύ κοινό), το Ζωνοδέλφιο (*Stenella coeruleoalba* - σχετικά κοινό) και το Κοινό Δελφίνι (*Delphinus delphis*- σπάνιο), ενώ έχει παρατηρηθεί και ο Φουσητήρας

(*Physeter macrocephalus* - σπάνιο). Υπάρχει και ένας αναπαραγωγικός πληθυσμός της Μεσογειακής φώκιας (*Monachus monachus*) 2-3 ζευγών.

Η θαλάσσια χλωρίδα και η υπόλοιπη θαλάσσια πανίδα δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς και γι αυτό δε γίνεται περαιτέρω αναφορά.

Τα χερσαία ερπετά περιλαμβάνουν τρία (3) είδη φιδιών και τρία (3) είδη σαυρών. Αυτά είναι τα : Έρυξ (*Eryx jaculus*), Λαφίτης (*Elaphe quatuorlineata*), Οχιά (*Vipera ammodytes*), Σιλιβούτι (*Podarcis erhardii*), Κυρτοδάκτυλος (*Cyrtopodion kotschy*) και Σαμιαμίδι (*Hemidactylus turcicus*). Στη θάλασσα παρατηρείται συχνά η χελώνα Καρέττα (*Caretta caretta*).

Οι πεταλούδες έχουν μελετηθεί λεπτομερώς και περιλαμβάνουν 26 είδη.

Τα πουλιά έχουν μελετηθεί εκτενώς. Έχουν καταγραφεί 171 είδη, ενώ 26 είδη φωλιάζουν. Σημαντικότερα από αυτά είναι τα θαλασσοπούλια Αρτέμης (*Calonectris diomedea*), Μύχος (*Puffinus yelkouan*), Θαλασσοκόρακας (*Phalacrocorax aristotelis*) και τα αρπακτικά Όρνιο (*Gyps fulvus*), Σπιζαετός (*Hieraaetus fasciatus*), Μαυροπετρίτης (*Falco eleonorae*). Πολλά ενδιαφέροντα είδη αρπακτικών περνάνε κατά τις μεταναστευτικές περιόδους, κυρίως τον Σεπτέμβριο.

2.1.2.8 Στοιχεία εδάφους και Γεωλογικά στοιχεία

Σε βραχώδεις περιοχές και σε φρυγανότοπους το έδαφος δεν ξεπερνά τα τριάντα εκατοστά, ενώ στους καλλιεργούμενους αγρούς ξεπερνά το ενάμισι μέτρο.

Γεωλογικά, η Ηρακλειά ανήκει στην Αττικοκυκλαδική Γεωτεκτονική Ζώνη και ειδικότερα στην Ενότητα Νοτίων Κυκλάδων. Στο νησί απαντούν μόνο χημικά ιζηματογενή πετρώματα, που αποτελούνται κυρίως από ανθρακικό ασβέστιο. Κατά την μεγαλύτερη έκταση υπάρχουν ασβεστόλιθοι ηλικίας Α. Κρητιδικού, ενώ σε μία μικρή περιοχή στο ΝΔ τμήμα του νησιού βρίσκεται κανείς ασβεστόλιθους και δολομίτες ηλικίας Τριαδικού - Κ. Ιουρασικού. Οι συγκεκριμένοι ασβεστόλιθοι είναι κυρίως βιοσπαρουδίτες (Χάρτης 2).



Χάρτης 2: Γεωλογικός χάρτης Ηρακλείας

Σπήλαιο

Ιδιαίτερος γεωλογικός σχηματισμός είναι και το σπήλαιο του Αγίου Ιωάννη (Χάρτης 3), το οποίο χωροθετείται στο ΝΔ τμήμα του νησιού, κοντά στον όρμο Βουρκαριά και σε υψόμετρο περίπου 100 μ. Η είσοδος του είναι τόσο μικρή, που μόνο έρποντας μπορεί να βρεθεί κανείς στο εσωτερικό του. Είναι το μεγαλύτερο σπήλαιο των Κυκλάδων και ένα από τα μεγαλύτερα μη αξιοποιημένα σπήλαια της Ελλάδας, με

πλουσιότατο και εντυπωσιακό σταλακτιτικό διάκοσμο, που συμπεριλαμβάνει και το "σπηλαιόγαλα" (σπάνια σταλαγματική ύλη σε υδαρή κατάσταση).



Χάρτης 3: Το σπήλαιο του Αγίου Ιωάννη (πηγή:ΤΕΕ Ηρακλείας 2006)

2.1.2.9 Χρήσεις γης

Το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού είναι δασική έκταση με φρυγανότοπους και μακκία βλάστηση, που χρησιμοποιείται αποκλειστικά ως βοσκότοπος για ήμερα αλλά και άγρια κατσίκια. Το υπόλοιπο νησί καλύπτεται από δύο ενεργούς οικισμούς, τον Άγιο Γεώργιο (το λιμάνι του νησιού) και την Παναγία (την πρωτεύουσα του νησιού), καθώς και δύο ακόμη οικισμούς, τον Άγιο Αθανάσιο (κατοικείται από ζευγάρι βοσκών μερικούς μήνες του έτους και μια ακόμη οικογένεια κατά τους θερινούς μήνες) και το "Κάστρο" (ερειπωμένο χωριό). Κοντά κυρίως στους οικισμούς υπάρχουν αγροί, που καλλιεργούνται κατά κύριο λόγο με κριθάρι και βίκο, που προορίζονται για ζωτροφές. Υπάρχουν και περιορισμένης έκτασης ελαιώνες και αμπέλια.

2.2 Ορχιδέες

2.2.1 Γενικά

Τι εννοούμε όταν μιλάμε για ορχιδέες;

Η λέξη "Ορχιδέες" προέρχεται από την ελληνική λέξη "όρχις", λόγω του χαρακτηριστικού σχήματος των δύο κονδύλων που έχουν τα περισσότερα ελληνικά είδη (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: *Ophrys lutea*, παράδειγμα μορφής κονδύλων

Ορχιδέες ονομάζονται όσα είδη φυτών ανήκουν στην οικογένεια *Orchidaceae* (Ορχεοειδή). Περιλαμβάνοντας περίπου 20.000 είδη, η οικογένεια *Orchidaceae* είναι μία από τις πολυπληθέστερες οικογένειες ανθοφόρων φυτών, πιθανότατα δεύτερη σε αριθμό ειδών μετά την οικογένεια *Asteraceae*. Υπολογίζεται πως ένα στα έξι είδη ανθοφόρων φυτών είναι ορχιδέα. Τα ορχεοειδή ανήκουν στα Μονοκοτυλήδονα, τάξη *Asparagales* (βλέπε: [Angiosperm Phylogeny Group](#)) και όχι στα *Liliales* όπως συνήθως γράφεται, και χωρίζονται σε πέντε υποοικογένειες: *Cypripedioideae*, *Apostasioideae*, *Vanilloideae*, *Orchidoideae* και *Epidendroideae* (Dressler in Pridgeon et al. 1999). Δύο υποοικογένειες εκπροσωπούνται και στην Ελληνική χλωρίδα (*Orchidoideae* και *Epidendroideae*).

Η *Orchidaceae* είναι μια κοσμοπολίτικη οικογένεια που εξαπλώνεται σε όλες τις ηπείρους εκτός της Ανταρκτικής, έχοντας προσαρμοστεί σε μεγάλη ποικιλία βιοτόπων, από τούνδρες μέχρι ερήμους και από παραθαλάσσιες περιοχές μέχρι τα αλπικά λιβάδια.

Παρά το γεγονός ότι πολλοί μελετητές πιστεύουν πως η οικογένεια είναι σχετικά νέα από εξελικτική σκοπιά (με ηλικία περίπου 15 εκατομμυρίων χρόνων), τελευταίες μελέτες βασισμένες στη μοριακή γενετική τοποθετούν την γένεσή της πριν από περίπου 80-100 εκατομμύρια χρόνια, γεγονός που συνάδει με την παγκόσμια κατανομή της (Chase in Pridgeon et al. 2001).

Οι ορχιδέες ανήκουν σε μία από τις πλέον δημοφιλείς και αναγνωρίσιμες οικογένειες φυτών παγκοσμίως. Η δημοτικότητά τους ξεκινάει από την αρχαιότητα, καθώς κάποια είδη έχουν χρησιμοποιηθεί ως φαρμακευτικά φυτά. Για παράδειγμα, το σερνικοβότανο και το σαλέπι προέρχονται από κάποια είδη του γένους *Orchis*, το ξερίζωμα των οποίων για τη παρασκευή σαλεπιού αποτελεί σήμερα σημαντική απειλή για την επιβίωση πολλών ειδών στην Ελλάδα. Ουσιαστικά όμως, πέρα από τη χρήση τους ως διακοσμητικά φυτά, η οικογένεια έχει μόνο ένα είδος με πραγματική

εμπορική αξία, τη βανίλια, η οποία παράγεται από το τροπικό αναρριχητικό *Vanilla planifolia* και τα συγγενή είδη *V. pompona* και *V. tahitensis*.

Ο περισσότερος κόσμος, όταν αναφέρεται στη λέξη 'ορχιδέα', σκέφτεται τροπικά δάση γεμάτα μυστηριώδη, εξωτικά φυτά, με μεγάλα, θεαματικά, εύοσμα άνθη. Σήμερα ωστόσο, χάρη στις μεθόδους μαζικής παραγωγής, μπορεί κάποιος να αγοράζει το γλαστράκι με την ανθισμένη *Phalaenopsis* από τα ανθοπωλεία ή ακόμη και τις λαϊκές αγορές, για να διακοσμήσει το σπίτι του. Με τη βοήθεια του παγκόσμιου εμπορίου οι ορχιδέες γίνονται όλο και πιο δημοφιλείς καθώς η απόκτησή τους καθίσταται περισσότερο εύκολη, ενώ το πολυπληθές της οικογένειας διασφαλίζει πως πάντα θα υπάρχουν είδη κατάλληλα για οποιαδήποτε συνθήκη, σπίτι και βάλαντιο. Σημειώνεται ότι αυτά ισχύουν για τα τροπικά είδη ορχιδεών, αφού τα ευρωπαϊκά είδη δεν μπορούν να καλλιεργηθούν μαζικά, επιπλέον δε είναι μικρότερα σε μέγεθος.

Στην Ελλάδα ίσως να συγκεντρώνεται ο μεγαλύτερος αριθμός ειδών αυτοφυών ορχιδεών από όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, αφού υπάρχουν αναφορές για τουλάχιστον διακόσια (200) είδη, ενώ τα ενδημικά ανέρχονται περίπου στα πενήντα εφτά (57).

Περιγραφή

Οι ορχιδέες είναι ποώδη, πολυετή φυτά. Τα άνθη τους είναι ζυγόμορφα (δηλαδή είναι συμμετρικά ως προς έναν μόνο, κατακόρυφο άξονα) και αποτελούνται από έξι τμήματα. Τα τρία σέπαλα, είναι συνήθως όμοια μεταξύ τους. Τα δύο πλευρικά πέταλα, είναι όμοια μεταξύ τους, ενώ το τρίτο που ονομάζεται χείλος, είναι αρκετά μεγαλύτερο, έχει ιδιαίτερη μορφολογία, και μπορεί να φέρει κηλίδες, γραμμές και σημάνσεις, καθώς και διαφορετικούς χρωματισμούς από τα υπόλοιπα πέταλα. Σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζει επίσης πλήκτρο που σε μερικά είδη μπορεί να έχει νέκταρ, ενώ σε άλλα όχι. Τα αναπαραγωγικά όργανα έχουν ενωθεί σε μία κυλινδρική κατασκευή που ονομάζεται γυνοστήμιο, το οποίο βρίσκεται αντίθετα (στη βάση) του χείλους. Οι στήμονες έχουν ουσιαστικά μειωθεί σε 1 στα περισσότερα γένη, με εξαίρεση τις υποοικογένειες *Apostasioideae* (2 ή 3 στήμονες) και *Cypripedioideae* (2 στήμονες). Οι γυρεόκοκκοι είναι συνενωμένοι και όχι ελεύθεροι σαν σκόνη όπως στα άλλα φυτά, σχηματίζοντας 2, 4 ή 8 συμπαγείς μάζες, τα τρομάγματα (ανάλογα των ανθέρων σε άλλα φυτά) στο άκρο του γυνοστήμιου. Η στιγματική κοιλότητα βρίσκεται συνήθως πίσω από τα γυρεομάγματα, πάνω στο γυνοστήμιο, με εξαίρεση τις υποοικογένειες *Apostasioideae* και *Cypripedioideae*, στις οποίες τα γυρεομάγματα βρίσκονται πίσω από το στίγμα. Η ωθήκη βρίσκεται στο πίσω και κάτω μέρος του άνθους και στην ένωσή της με τον βλαστό φέρει ένα φυλλάριο που ονομάζεται βράκτιο. Τα σπέρματα είναι πολυάριθμα (μπορεί να φτάσουν ή να ξεπεράσουν τα 10.000 ανά άνθος) και μικροσκοπικά.

Επειδή οι γυρεόκοκκοι στα ορχεοειδή δεν είναι ποτέ ελεύθεροι αλλά σχηματίζουν λίγο ή πολύ συμπαγείς μάζες, δεν τίθεται ποτέ θέμα αλλεργίας από γύρη ορχιδέας.

Βασική βιολογία

Τα σπέρματα των ορχιδεών (συχνά αποκαλούνται λανθασμένα ως σπόροι) παράγονται σε τεράστιες ποσότητες και ταξιδεύουν με τον αέρα σε μεγάλες

αποστάσεις, καθιστώντας τα φυτά ικανά να αποικίσουν περιοχές που βρίσκονται αρκετά μακριά. Ωστόσο, τα μικροσκοπικά αυτά σπέρματα δεν έχουν αποθέματα τροφής για να θρέψουν το νεαρό φυτό. Αυτόν τον ρόλο τον αναλαμβάνουν διάφορα είδη συμβιωτικών μυκήτων, που παρέχουν στο έμβρυο και το νεαρό φυτό νερό και θρεπτικά συστατικά. Η σχέση ανάμεσα στο μύκητα και το φυτό φαίνεται να είναι αρκετά συγκεκριμένη: δεν μπορούν όλα τα στελέχη/είδη μυκήτων να βοηθήσουν τη βλάστηση όλων των ειδών ορχιδέας. Η σχέση του φυτού με τον μύκητα δε σταματά όταν το φυτό εμφανίσει φύλλα, αλλά φαίνεται να συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του, χωρίς όμως να είναι απαραίτητη για την επιβίωση του. Μερικά είδη, εκμεταλλευόμενα τη σχέση αυτή, δεν παράγουν χλωροφύλλη, και άρα δεν παράγουν ποτέ τη δική τους τροφή, αλλά χρησιμοποιούν τον μύκητά τους ως τροφό. Αυτά αποκαλούνται μυκότροφα ή μυκοετερότροφα (παλαιότερα ονομάζονταν λανθασμένα σαπρόφυτα) είδη.

Αν λοιπόν το σπέρμα βρει κατάλληλες συνθήκες, ανάλογα με το είδος, θα εμφανίσει το πρώτο του φύλλο και θα αρχίσει να αναπτύσσεται. Αυτό συνήθως συμβαίνει ένα ή δύο χρόνια μετά τη φύτευση. Τα περισσότερα είδη χρειάζονται 2 έως 5 χρόνια για να φτάσουν από το σπέρμα στην άνθιση.

2.2.2 Το γένος *Ophrys*

2.2.2.1 Γενικά

Το όνομα “*Ophrys*” εικάζεται ότι προέρχεται από την αρχαία ελληνική λέξη “οφρύς”, που σημαίνει φρύδι, εξαιτίας της έντονης πλαϊνής τριχοφυΐας του χείλους του άνθους.

2.2.2.2 Ταξινόμηση

Οικογένεια *Orchidaceae* > Υποοικογένεια *Orchidoideae* > Ομάδα - Φυλή *Orchideae* > Υποομάδα - Υποφυλή *Orchidinae* > Γένος *Ophrys*

2.2.2.3 Εξάπλωση

Είναι καθαρά μεσογειακό γένος, αφού εξαπλώνεται κυρίως γύρω από τη λεκάνη της Μεσογείου με περιορισμένη εξάπλωση σε Βόρεια Αφρική, Βόρεια Ευρώπη και ανατολικά ως την Κασπία θάλασσα και το Ιράκ. Από τα 250 ευρωπαϊκά είδη στην Ελλάδα απαντώνται περισσότερα από 100.

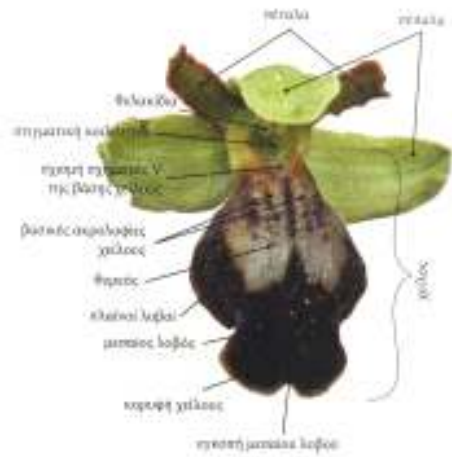
2.2.2.4 Βιολογία-Μορφολογία

Είναι χαμηλές πόες, που ξεκινούν να βλασταίνουν νωρίς το φθινόπωρο, μεγαλώνοντας κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Φύονται σε ρηχά ασβεστολιθικά εδάφη από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι τα 2000 μέτρα, με προτίμηση σε φωτεινές θέσεις, όπως εκτάσεις με θαμνώδη ή χαμηλή βλάστηση, ακαλλιέργητα χωράφια και παλιούς ελαιώνες. Ανθίζουν από Δεκέμβριο ως Ιούνιο, ανάλογα με το είδος και τη γεωγραφική κατανομή τους. Το ριζικό σύστημα αποτελείται από δύο σχεδόν σφαιρικούς κονδύλους. Τα φύλλα σχηματίζουν ρόδακα, είναι άμισχα και άστικτα, αγκαλιάζουν τη βάση του βλαστού, ενώ μερικά μπορεί να φύονται και πάνω του (Εικόνα 4). Τα άνθη είναι εντυπωσιακά και μοιάζουν με έντομα (Εικόνα 3, Εικόνα 2). Τα βράκτια έχουν υφή φύλλου. Η ωθήκη είναι άμισχη, καθόλου ή ελαφρά στριφτή και λεία. Το γένος χωρίζεται σε δύο υπογένη, ανάλογα με τη στάση του επικονιαστή κατά την ψευδοσυνουσία (με το κεφάλι προς τη στιγματική κοιλότητα ή όχι), που ονομάζονται αντίστοιχα *Euophrys* και *Pseudophrys*. Το γένος βρίσκεται σε

ταξινομικό χάος καθώς διάφοροι μελετητές έχουν συνήθως αντικρουόμενες απόψεις για είδη, υποείδη και ποικιλίες. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί ο όρος *taxon* που ανάλογα με τον μελετητή μπορεί να αντιστοιχεί σε είδος, υποείδος ή και ποικιλία.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των μελών του γένους αυτού είναι ο περίεργος τρόπος διασταύρωσης και αναπαραγωγής τους, μέσω σεξουαλικής εξαπάτησης αρσενικών εντόμων, κυρίως υμενοπτέρων των οικογενειών *Andrenidae*, *Anthophoridae*, *Megachilidae*, *Apidae* και *Colletidae*, σφηκών των οικογενειών *Sphecidae* και *Scolidae* και σε δύο περιπτώσεις σκαθαριών που ανήκουν στα *Scarabidae*. Τα άνθη των *Ophrys* εξελίχθηκαν έτσι ώστε να μοιάζουν με θηλυκά μέλη των παραπάνω οικογενειών. πολύπλοκοι εξελικτικοί μηχανισμοί οδήγησαν στην εδραίωση μοναδικών αμφίδρομων σχέσεων μεταξύ εντόμων - φυτών, όπου κάθε είδος *Ophrys* έλκει εξειδικευμένα ένα ξεχωριστό είδος εντόμου. Διαφαίνεται τα τελευταία χρόνια ότι η σεξουαλική εξαπάτηση στηρίζεται κυρίως στην έκκριση χημικών ουσιών με ιδιότητες σεξουαλικής προσέγγισης προς τα έντομα (φερομόνες) από τα άνθη των *Ophrys* και όχι μόνο στην οπτική ομοιότητα, γεγονός που δικαιολογεί τις ανύπαρκτες για το ανθρώπινο μάτι διαφορές μεταξύ συγγενικών ειδών. Με πολλές μεθόδους λοιπόν τα άνθη των *Ophrys* εξαπατούν σεξουαλικά τα αρσενικά έντομα τα οποία συνήθως εκκολάπτονται νωρίτερα από τα θηλυκά. Οι μέθοδοι αυτές που επινόησαν οι *Ophrys* μέσω εξελικτικών πιέσεων, περιλαμβάνουν οπτικά (σχήμα χείλους, σχήμα και χρώμα θυρεού, χρωματισμός περιαιλίου), απτικά (τρίχες και προεξοχές στο άνθος) και οσφρητικά (φερομόνες) ερεθίσματα. Τα αρσενικά έντομα λόγω απειρίας και σεξουαλικής παρόρμησης προσπαθούν να ζευγαρώσουν (ψευδοσυνουσία-*pseudocopulation*) με το υποτιθέμενο θηλυκό και αυτό το κάνουν μερικές ακόμη φορές πριν καταλάβουν την απάτη, με αποτέλεσμα να μεταφέρουν γύρη από το ένα φυτό στο άλλο. Η πολυπλοκότητα αυτή του τρόπου γονιμοποίησης την καθιστά όχι ιδιαίτερα αποδοτική, με αποτέλεσμα να γονιμοποιούνται μόνο το 10% των ανθέων. Ωστόσο ο πολλαπλασιασμός λόγω της μεγάλης παραγωγής σπερμάτων, αφού κάθε γονιμοποιημένο άνθος μπορεί να παράξει ως και 12.000 μικροσκοπικά σπέρματα.

Τα σπέρματα ταξιδεύουν με τον αέρα σε μεγάλες αποστάσεις αποικίζοντας μακρινές περιοχές. Δεν έχουν αρκετά αποθέματα τροφής για να θρέψουν το νέο φυτό. Αυτό το ρόλο αναλαμβάνουν διάφορα είδη συμβιωτικών μυκήτων, που παρέχουν στο έμβρυο νερό και θρεπτικά συστατικά. Η σχέση του φυτού με τον μύκητα φαίνεται να συνεχίζεται σε όλη τη διάρκεια της ζωής του χωρίς όμως να είναι απαραίτητη για την επιβίωσή του. Ο μύκητας είναι απαραίτητος για δύο (2) τουλάχιστο χρόνια ώσπου να δημιουργηθεί ο πρώτος κόνδυλος που θα έχει αρκετή ενέργεια για να οδηγήσει το φυτό στην άνθιση. Ο ετήσιος κύκλος των φυτών αρχίζει το φθινόπωρο, συνήθως μετά τις πρώτες βροχές, αρκεί η θερμοκρασία να είναι κατάλληλη. Πρώτα αναπτύσσονται τα φύλλα, τα οποία χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να δημιουργήσουν έναν δεύτερο κόνδυλο που θα χρησιμεύσει για την βλάστηση του επόμενου κύκλου. Ο αρχικός κόνδυλος τροφοδοτεί την ανάπτυξη του φυτού μέχρι και την καρποφορία. Μετά την καρποφορία, στα τέλη της άνοιξης, ξεραίνεται μαζί με το υπόλοιπο φυτό, αφήνοντας τον νέο κόνδυλο σε νάρκη για να τροφοδοτήσει την ανάπτυξη του φυτού στον επόμενο κύκλο της ζωής του. Σε κάποιους κύκλους της ζωής του, το φυτό μπορεί να μην ανθίσει εφόσον οι καιρικές συνθήκες δεν ευνοήσουν την ικανοποιητική αποθήκευση ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό συσσωρεύει ενέργεια για να ανθίσει σε επόμενο κύκλο με καλύτερες συνθήκες.



Εικόνα 2: Pseudophrys, μέρη άνθους



Εικόνα 3: Euophrys, μέρη



Εικόνα 4: Μέρη φυτού *Ophrys*

2.2.3 Οι ορχιδέες της Ηρακλείας

2.2.3.1 Γενικά

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα αρχεία και γνωστά στοιχεία, η πρώτη συστηματική έρευνα και καταγραφή της χλωρίδας της Ηρακλείας ξεκίνησε το 1934, για λογαριασμό του Σουηδικού Πανεπιστημίου «LUND». Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων των δειγμάτων του πανεπιστημίου, ο *K. H. Rechinger* συνέλεξε τα πρώτα δείγματα χλωρίδας στις 03/05/1934. Η πρώτη καταγραφή δείγματος φυτού της οικογένειας *Orchidaceae* έγινε στις 08/06/1957 για το είδος «*pyramidalis*» του γένους «*Anacamptis*» από τον *Hans Runemark*. Τα πρώτα δείγματα φυτών του γένους «*ophrys*» συλλέχθηκαν από τους *Hans Runemark* και *Sven Snogerup* στις 10/04/1958 και αφορούν στα είδη «[Ophrys fusca](#)», «[Ophrys holoserica](#)», «[Ophrys scolopax](#)». Σημειώνεται ότι η ονοματολογία έχει αλλάξει έκτοτε.

Δυστυχώς δεν έχει γίνει αντίστοιχη έρευνα από Έλληνες ειδικούς (βοτανικούς). Ωστόσο έχει γίνει συστηματική έρευνα και καταγραφή από τον ερασιτέχνη φυσιδίφη Ι. Γαβαλά, μόνιμο κάτοικο του νησιού που σε συνεργασία με Έλληνες και ξένους ερασιτέχνες και επαγγελματίες βοτανικούς έχει στοιχειοθετήσει μια εμπειριστατωμένη μελέτη των ειδών αυτοφυών ορχιδεών που υπάρχουν στο νησί και της διασποράς αυτών.

Στην έρευνα αυτή έως τώρα έχουν καταγραφεί τα γένη *Anacamptis* (5 taxa), *Neotinea* (1 taxon), *Ophrys* (20 taxa), *Orchis* (2 taxa), *Serapias* (3 taxa) και *Spiranthes* (1 taxon)

2.2.3.2 Το γένος *Ophrys* στην Ηρακλειά

Εργασίες πολλών ερευνητών στις Κυκλάδες έδωσαν ισχυρές ενδείξεις για περιοχές με πιθανά μεγάλη βιοποικιλότητα του γένους *Ophrys*. Οι σπουδαιότερες θετικές ενδείξεις ήταν: φρυγανότοποι με βόρειο προσανατολισμό, εγκαταλειμμένες αναβαθμίδες και μέτριας κλίμακας βόσκηση. Με γνώμονα αυτές τις ενδείξεις εντοπίστηκαν στο νησί περιοχές ποικίλου μεγέθους με σημαντική βιοποικιλότητα του γένους *Ophrys*. Βέβαια το γένος έχει μικρότερη παρουσία και σε πολλές άλλες περιοχές, σε ποικιλία βιοτόπων.

Με αλφαβητική σειρά ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση κάθε *taxon*, οι ακραίες ημερομηνίες παρατήρησης ανθισμένων φυτών (σε συνολική έρευνα οκτώ ετών) και χαρακτηρισμός ως προς την ένταση παρουσίας (διασπορά, πλήθος ατόμων), σύμφωνα με την παρακάτω κλίμακα:

1: Πολύ σπάνιο, έχουν καταγραφεί συνολικά 1-5 άτομα σε όλο το νησί

2: Σχετικά σπάνιο, έχουν καταγραφεί μεμονωμένα άτομα σε αρκετές περιοχές ή περισσότερα άτομα σε λίγες περιοχές.

3: Σχετικά κοινό σε πληθυσμό και εξάπλωση.

4: Πολύ κοινό σε πληθυσμό και εξάπλωση.

O.aegaea

Είδος που αρχικά βρέθηκε σε Κάσο-Κάρπαθο, αργότερα σε Αμοργό-Ηρακλειά-Δονούσα (Εικόνα 5). Πιθανόν να υπάρχει και σε άλλα νησιά των Κυκλάδων. Ανθοφορία 21/01-27/03. Κλίμακα 3.

O.ariadnae

Το είδος εξαπλώνεται σε Κρήτη, Κάρπαθο, Κυκλάδες, Κύθηρα (Εικόνα 21). Ανθίζει 17/02-21/04.

Κλίμακα 3.

O.basilissa

Εξαπλώνεται στο Κεντρικό και Νότιο Αιγαίο, από Χίο ως Κρήτη, όχι όμως σε όλα τα νησιά (Εικόνα 7). Ανθίζει 27/12-25/03.

Κλίμακα 3.

O.bicornuta

Είδος της Κρήτης και των Κυκλάδων (Error: Reference source not found). Πολύ σπάνιο στο νησί, έχει βρεθεί μόνο ένα άτομο την 16/03/2014.

Κλίμακα 1.

O.blitopertha

Είδος των Κυκλάδων και του Αν. Αιγαίου (Εικόνα 9). Ανθίζει 04/03-12/05.

Κλίμακα 4.

O.bombyliflora

Το είδος συναντάται σε όλη τη Μεσόγειο (Εικόνα 10). Στην Ελλάδα είναι αρκετά κοινό στις παραθαλάσσιες κυρίως περιοχές. Ανθίζει 17/01-08/04.

Κλίμακα 3.

O. calypsus

Ποικιλόμορφο είδος, με εξάπλωση σε Κυκλάδες και Αν. Αιγαίο (Εικόνα 8). Παρουσιάζεται σε 4 ποικιλίες: ***calypsus***, ***pseudoapulica***, ***scolopaxoides***, όπως φαίνονται με την ίδια σειρά στις παρακάτω φωτογραφίες. Πολλά φυτά μοιάζουν με την ***O. heldreichii*** της Κρήτης και μέχρι να αποσαφηνιστεί η ταξινόμησή τους περιλαμβάνονται σε αυτό το είδος. Ανθίζει 06/02-24/04.

Κλίμακα 4.

O. ceto

Είδος κυρίως των Κυκλάδων (Εικόνα 11). Ανθίζει 26/03-01/06.

Κλίμακα 4.

O. ferrum-equinum

Είδος με εξάπλωση στο μεγαλύτερο τμήμα της ηπειρωτικής και της νησιωτικής Ελλάδας (Εικόνα 12). Έχει μεγάλη ποικιλομορφία. Στην Ηρακλειά εμφανίζονται οι ποικιλίες ***minor***, ***subtrilova***, ***anafiensis***, ***parnasica*** και πιθανόν η ***gottfriediana***. Ανθίζει 31/01-18/04.

Κλίμακα 4.

O. gortynia

Απειλούμενο είδος της Κρήτης και των Κυκλάδων (Εικόνα 15). Ανθίζει 26/03-28/05.

Κλίμακα 3.

O. heracleotica

Είδος ενδημικό της Ηρακλειάς που δεν έχει βρεθεί πουθενά αλλού ως τώρα (Εικόνα 14). Περιγράφηκε το 2010 από τους Ιωάννης Γαβαλάς, Ζήσης Αντωνόπουλος και Karel Kreutz. Ανθίζει 26/02-22/04.

Κλίμακα 4.

O. icariensis

Απειλούμενο ενδημικό της Ικαρίας και της Νάξου, που όμως έχει μεγάλους πληθυσμούς στην Ηρακλειά (Εικόνα 16). Πρόσφατα παρατηρήθηκε και στη γειτονική Σχινούσα. Ανθίζει 13/01-01/05.

Κλίμακα 3.

O. iricolor

Είδος πλατιά εξαπλωμένο στην Κεντρική και Νότια Ελλάδα (Εικόνα 17). Ανθίζει από αρχές Φεβρουαρίου μέχρι μέσα Απριλίου. Ανθίζει 09/02-15/04.

Κλίμακα 3.

O. israelitica

Είδος της Αν. Μεσογείου με μεγάλη εξάπλωση στις Κυκλάδες (Εικόνα 18). Ανθίζει 08/01-18/04.

Κλίμακα 3.

O.omegaiifera

Είδος του Κεντρικού και Νότιου Αιγαίου (Εικόνα 19). Ανθίζει 12/02-27/04.

Κλίμακα 3.

O.parosica

Είδος των Κυκλάδων και του Αν. Αιγαίου (Εικόνα 13). Πολύ σπάνιο στην Ηρακλειά, έχει βρεθεί μόνο μία συστάδα φυτών. Ανθίζει 06/03-24/03.

Κλίμακα 1.

O.parvula

Μικροσκοπικό είδος με εξάπλωση στα Δωδεκάνησα και πιθανόν σε μερικά νησιά του Αν.Αιγαίου. (Εικόνα 20) Έχει βρεθεί και στη Σχινούσα. Ανθίζει 05/03-21/04.

Κλίμακα 2.

O.phryganae

Είδος κυρίως της Κεντρικής και Νότιας Ελλάδας (Εικόνα 22). Ανθίζει 23/02-25/04.

Κλίμακα 3.

O.sicula

Είδος που απαντάται σχεδόν σε όλη την Ελλάδα, εκτός από τα Βόρεια και Δυτικά ηπειρωτικά (Εικόνα 23). Ανθίζει 06/02-28/04.

Κλίμακα 4.

O.tenthredinifera

Μεσογειακό είδος που απαντάται σε όλη την Ελλάδα εκτός από Μακεδονία και Θράκη (Εικόνα 24). Ανθίζει 13/01-29/03.

Κλίμακα 3.



Εικόνα 5: O. aegaea



Εικόνα 6: O. ariadnae



Εικόνα 7: O. basilissa



Εικόνα 8: O. blitopertha



Εικόνα 9: O. bombyliflora



Εικόνα 10: O. calypsus



Εικόνα 11: O. ceto



Ε
Εικόνα 12: *O. ferrum-equinum*



Εικόνα 13: *O. bicornuta*



Εικόνα 14: *O. heracleotica* Εικόνα 15: *O. gortynia*



Εικόνα 16: *O. icariensis*



Εικόνα 17: *O. iricolor*



Εικόνα 18: O.israelitica



Εικόνα 19: O.phryganae



Εικόνα 20: O.parosica



Εικόνα 21: O.sicula



Εικόνα 22: O.tenthredinifera



Εικόνα 23: *O.omegaifera*

2.3 Μέθοδοι και τεχνικές

2.3.1 Τηλεπισκόπηση

Η Τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη και τεχνική που ασχολείται με τις αρχές, τις αναλογικές και ψηφιακές μεθόδους και τα όργανα με τα οποία επιτυγχάνεται από απόσταση η συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών για τα διάφορα φαινόμενα ή αντικείμενα. Έχει εφαρμογή σε επιστήμες όπως η δασολογία, η γεωλογία, η γεωμορφολογία, ωκεανογραφία, κλιματολογία, γεωγραφία, περιφερειακή ανάπτυξη αλλά και στην καταγραφή και παρακολούθηση των φυσικών και ανθρώπινων διαθέσιμων γενικότερα (Αργιαλάς 1998).

Οι πηγές ψηφιακών δεδομένων περιλαμβάνουν όχι μόνο τους γνωστούς δορυφόρους παρατήρησης της γης αλλά και μετεωρολογικούς δορυφόρους, αερομεταφερόμενους σαρωτές ή τη σάρωση υπαρχόντων αεροφωτογραφιών ή δορυφορικών εικόνων ακόμα και δεδομένα υψηλής διακριτικής ικανότητας από βιντεοκάμερες.

Τα τηλεπισκοπικά δεδομένα αποτελούν διάφορες καταγραφές της φυσικής και κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας και του περιβάλλοντος όπως αυτά προκύπτουν σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή από τους αντίστοιχους δέκτες. Τα δεδομένα που μεταδίδονται από τους δέκτες μετατρέπονται σε 2-διάστατους πίνακες n γραμμών x m στηλών όπου η τιμή κάθε εικονοστοιχείου αντιπροσωπεύει την αντανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Η επεξεργασία εικόνων περιλαμβάνει διαδικασίες διόρθωσης και αποκατάστασης, ενίσχυσης και ταξινόμησης. Σκοπός της διόρθωσης εικόνων είναι η εξάλειψη των γεωμετρικών και ραδιομετρικών παραμορφώσεων που υφίσταται η εικόνα κατά τη διαδικασία λήψης. Οι γεωμετρικές παραμορφώσεις οφείλονται στη μεταβολή σε ύψος ή προσανατολισμό των αξόνων, της ταχύτητας της πλατφόρμας που μεταφέρει το δέκτη, στην καμπυλότητα της Γης, την ατμοσφαιρική διάθλαση, τη μετατόπιση λόγω ανάγλυφου κ.α. Αντίθετα οι ραδιομετρικές αφορούν σε παραμορφώσεις της έντασης της ακτινοβολίας και οφείλονται σε μεταβολές στο φωτισμό του αντικειμένου κατά τη λήψη, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, τη θέση παρατήρησης κ.α. Η ενίσχυση των εικόνων συμβάλλει στην ποιοτικότερη και πιο εύκολη φωτοερμηνεία των δορυφορικών εικόνων καθώς επιχειρεί να βελτιστοποιήσει της συμπληρωματικές ικανότητες ανθρώπου και υπολογιστή (Αργιαλάς 1998). Οι τεχνικές ενίσχυσης περιλαμβάνουν την κατωφλίωση των τόνων

του γκρι, τεμαχιοποίηση και επέκταση ιστογράμματος, την εφαρμογή χωρικών φίλτρων, ενίσχυση ακμών κ.α.

Η ψηφιακή επεξεργασία δορυφορικών εικόνων στηρίζεται στην ανάλυση και περιγραφή των αντικειμένων και των χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας περισσότερο ως κατηγορίες, δηλαδή ως ομάδες όμοιων αντικειμένων παρά ως υλικά. Αυτός είναι άλλωστε και ο τρόπος που αντιλαμβάνεται μία εικόνα ο ανθρώπινος εγκέφαλος, δηλαδή χωρίζοντάς τη σε ομοιογενείς περιοχές. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ταξινόμηση. Υπάρχουν δύο ιδιότητες, το σχήμα και το γενικότερο περιβάλλον, με βάση τις οποίες διαχωρίζουμε τις κατηγορίες που εμπεριέχονται σε μία εικόνα ακόμα και αν κάποιες από αυτές αποτελούνται από τα ίδια υλικά. Υπάρχουν δύο είδη ταξινόμησης με βάση τα φασματικά κριτήρια των αντικειμένων της εικόνας, η επιβλεπόμενη και η μη επιβλεπόμενη. Η διαφορά μεταξύ των δύο είναι το στάδιο της επίβλεψης κατά το οποίο ο φωτοερμηνευτής αναγνωρίζει τις κατηγορίες που εμπεριέχονται στην εικόνα και ξεκινά τη δειγματοληψία έτσι ώστε να τις περιγράψει με όσο το δυνατόν καταλληλότερα και αντιπροσωπευτικότερα χαρακτηριστικά. Η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση αντίθετα περιλαμβάνει αλγόριθμους ομαδοποίησης των εικονοστοιχείων με βάση τις φυσικές ομαδοποιήσεις ή συσσωρεύσεις που ενυπάρχουν στις ψηφιακές τιμές της εικόνας (Αργιαλάς 1998).

Η διαδικασία της ταξινόμησης εξελίχθηκε με την εισαγωγή του όρου «αντικείμενο» στην ανάλυση της εικόνας. Δε χρησιμοποιούνται μόνο φασματικά αλλά τοπολογικά και ιεραρχικά κριτήρια για την ταξινόμηση όχι πλέον εικονοστοιχείων αλλά αντικειμένων που προέκυψαν από μία επιβλεπόμενη διαδικασία κατάτμησης της εικόνας σε ομοιογενείς περιοχές. Αυτού του είδους η ταξινόμηση επιτρέπει την ανάπτυξη βάσης γνώσης και έμπειρων συστημάτων ανάλυσης των τηλεπισκοπικών δεδομένων.

2.3.2 Τηλεπισκοπικά δεδομένα Landsat

2.3.2.1 Πρόγραμμα Landsat

Μετά από τις εικόνες γεωπαρατήρησης των φυσικών διαθέσιμων που παρασχέθηκαν από τους πρώτους μετεωρολογικούς δορυφόρους και τις επανδρωμένες πτήσεις διαστημοπλοίων, η NASA, με τη συνεργασία του Υπουργείου Εσωτερικών των Η.Π.Α., άρχισε μια θεωρητική μελέτη σκοπιμότητας για μια σειρά δορυφόρων του περιβάλλοντος (περιβαλλοντικών δορυφόρων) - *Earth Resources Technology Satellites (ERTS)*. Αρχίζοντας το 1967, το πρόγραμμα αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το σχεδιασμό μιας σειράς 6 δορυφόρων, οι οποίοι πριν από την εκτόξευσή τους, χαρακτηρίζονταν ως *ERTS-A, ERTS-B, -C, -D, -E, -F*. Μετά από επιτυχή εκτόξευσή τους στις καθορισμένες τροχιές τους, αυτοί οι δορυφόροι έλαβαν τα ονόματα *ERTS-1, -2, -3, -4, -5* και *-6*.

Ο *ERTS-1* εκτοξεύτηκε στις 23 Ιουλίου 1972 και λειτούργησε μέχρι τις 6 Ιανουαρίου 1978. Ακριβώς πριν την εκτόξευση του δορυφόρου *ERTS-2* στις 22 Φεβρουαρίου 1975, η NASA μετονόμασε το πρόγραμμα *ERTS* σε «Landsat» για να το διακρίνει από το σχεδιασμένο πρόγραμμα ωκεανογραφικής παρατήρησης που είχε το όνομα *Seasat*. Συνεπώς, ο *ERTS-1* ονομάστηκε εκ των υστέρων *Landsat-1* και όλοι οι μετέπειτα δορυφόροι της σειράς αυτής έφεραν το όνομα «Landsat». Μέχρι

πρόσφατα 7 δορυφόροι της σειράς Landsat έχουν εκτοξευθεί επιτυχώς, ενώ ο Landsat 6 είχε μια ατυχή εκτόξευση (Αργιαλάς, 1999).

2.3.2.2 Εφαρμογές δεδομένων Landsat

2.3.3 Γεωμορφομετρία

Η γεωμορφομετρία είναι η επιστήμη της ποσοτικής ανάλυσης της επιφάνειας του εδάφους (Pike, 1995) και διακρίνεται σε γενική και ειδική. Στην ουσία είναι μια αναλυτική-χαρτογραφική αναπαράσταση της επιφάνειας του εδάφους μέσω υπολογιστικών συστημάτων χρησιμοποιώντας το υψόμετρο (Tobler, 1976) Πολλές φορές λανθασμένα συγχέεται με την γεωμορφολογία ή την γεωγραφία αλλά τα τελευταία χρόνια έχει εξελιχθεί σε ένα διεπιστημονικό πεδίο με αυστηρή συνέπεια (Pike, 1995).

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η βάση για την γεωμορφομετρική ανάλυση είναι το υψόμετρο. Επομένως για να παραχθούν οι παράμετροι και τα αντικείμενα που περιγράφουν την υπό μελέτη επιφάνεια χρειάζονται ψηφιακά μοντέλα εδάφους. Η διαδικασία της γεωμορφομετρικής ανάλυσης συνοπτικά περιγράφεται παρακάτω:

1° Στάδιο Μετρήσεις Πεδίου.

2° Στάδιο παραγωγή ψηφιακού μοντέλου εδάφους Ψ.Μ.Ε.

3° Στάδιο διόρθωση λαθών στο Ψ.Μ.Ε.

4° Στάδιο Παραγωγή παραμέτρων και αντικειμένων.

Οι παράμετροι που παράγονται στη διαδικασία της γεωμορφομετρικής ανάλυσης (κλίση, προσανατολισμός, καμπυλότητα κτλ) περιγράφουν την μορφολογία του εδάφους ενώ τα αντικείμενα που προκύπτουν έπειτα από το στάδιο της ταξινόμησης είναι τα διακριτά μορφολογικά χαρακτηριστικά που συνθέτουν την επιφάνεια.

5° Στάδιο Αξιοποίηση των παραγόμενων παραμέτρων και αντικειμένων σε εφαρμογές.

Το τελικό στάδιο της διαδικασίας είναι η αξιοποίηση των προϊόντων της γεωμορφομετρικής ανάλυσης σε διάφορες εφαρμογές, όπως κατανομή εδαφών και βλάστησης, υδρολογική μοντελοποίηση, χωροθέτηση τεχνικών έργων κλπ

2.3.4 Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ)

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (*Geographic Information System - GIS*) είναι πληροφοριακά συστήματα που επιτρέπουν την αποθήκευση και διαχείριση της γεωγραφικής πληροφορίας. Η αναγκαιότητα χρήσης των ΣΓΠ έγκειται στο γεγονός ότι όλα τα αντικείμενα εμφανίζουν γεωγραφική διάσταση. Τα ΣΓΠ επιτρέπουν, συνδυάζοντας τις δυνατότητες Βάσεων Δεδομένων και Σχεδιαστικών Προγραμμάτων, την επεξεργασία της χωρικής και περιγραφικής πληροφορίας, με τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός δυναμικού χάρτη. Οι δυνατότητες που παρέχουν τα καθιστούν πολύτιμα εργαλεία για την επιστημονική έρευνα αλλά και σε πολλούς άλλους τομείς εφαρμογών.

3 Μεθοδολογία

3.1 Περιγραφή δεδομένων

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας συλλέχθηκαν δεδομένα από διαφορετικές πηγές (Πίνακας 1) ώστε με κατάλληλη επεξεργασία να συγκεντρωθούν οι απαραίτητες πληροφορίες για την άντληση συμπερασμάτων. Τα δεδομένα ποικίλουν και κατηγοριοποιούνται σε δορυφορικές εικόνες, χάρτες και επίγειες μετρήσεις.

Πίνακας 1: Διαθέσιμα δεδομένα και πηγή προέλευσής τους

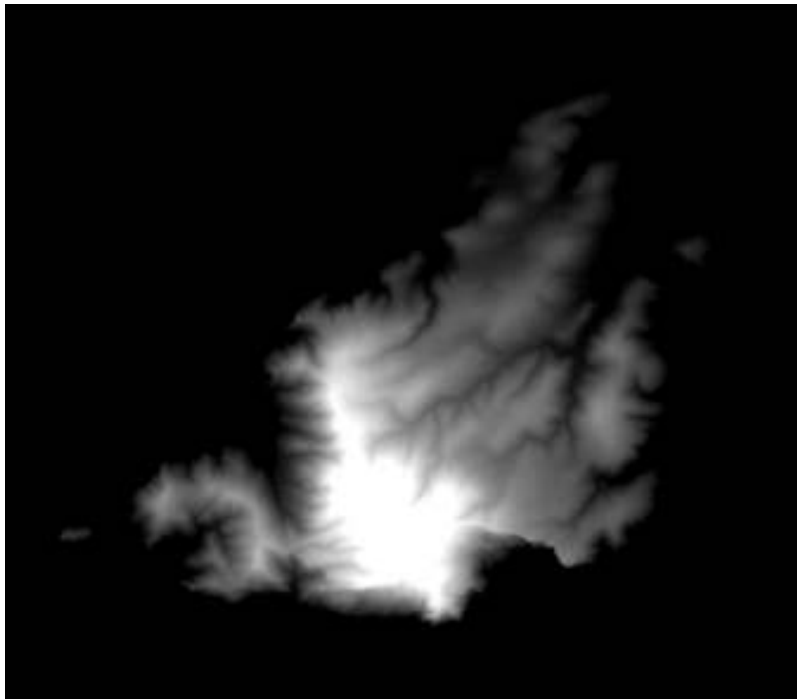
ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΗΓΗ
Δορυφορική εικόνα LandSat8 (2.5.13)	glovis.usgs.gov
Ορθοφωτογραφία κλίμακας 1:5000	Αρχείο Η. Γαβαλά
Γεωλογικός Χάρτης Κλίμακα 1:50000	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών Φύλλο Σχοινούσας-Ηρακλείας Κλίμακα 1:50000
Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ)	ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε
Εστίες πληθυσμών και πολύγωνα- ενδεικτικοί βιότοποι αυτοφύων ορχιδεών γένους <i>Ophrys</i> επί χάρτου κλίμακας 1:50000 της ν. Ηρακλείας	Μη δημοσιευμένο αρχείο Ι. Γαβαλά
Ημερομηνίες άνθισης - απάνθισης ορχιδεών	Μη δημοσιευμένο αρχείο Ι. Γαβαλά

3.1.1 Δεδομένα LandSat

Έγινε προσπάθεια για εύρεση δορυφορικών εικόνων με μεγάλη χωρική ανάλυση (μικρό μέγεθος *pixel*), για να αντληθούν συμπεράσματα μεγάλης χωρικής ακρίβειας. Δυστυχώς δε βρέθηκαν δορυφορικές εικόνες εφάμιλλες των θεωρητικών απαιτήσεων της έρευνας (πολυφασματικές εικόνες της Ηρακλείας με χωρική ανάλυση καλύτερη των 5 μέτρων). Οι διαθέσιμες πολυφασματικές εικόνες περιορίστηκαν σε αυτές που διατίθενται δωρεάν στο κοινό από το *site "glovis.usgs.gov"*, από όπου αντλήθηκαν πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες από τους δορυφόρους LandSat5 TM, LandSat7 και LandSat8. Τελικώς επιλέχθηκε η δορυφορική εικόνα LandSat8 "LC81810342013122LGN01", η λήψη της οποίας έγινε στις 02-05-2013 και έχει χωρική ανάλυση 15 μέτρων στο παγχρωματικό κανάλι και 30 μέτρων στα υπόλοιπα δέκα κανάλια.

3.1.2 Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (DEM)

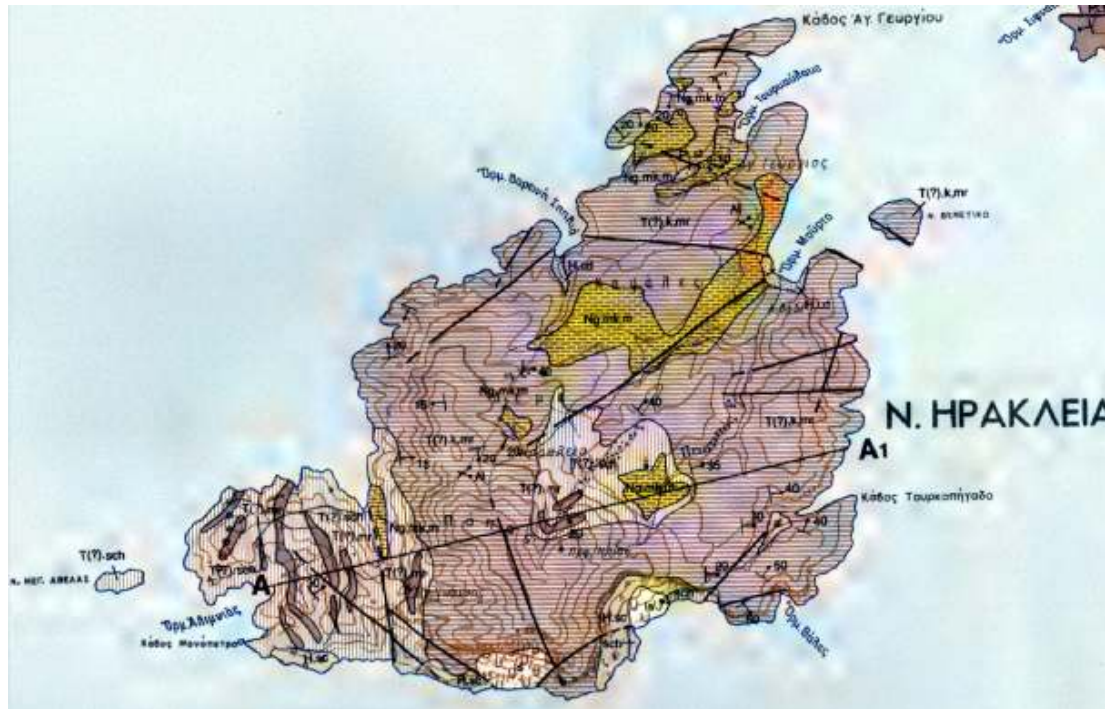
Το *DEM* αποτέλεσε ένα από τα κυρίαρχα προαπαιτούμενα της διπλωματικής αυτής. Η κλίμακα του *DEM* ήταν και αυτή που σε μεγάλο βαθμό καθόρισε την ακρίβεια σημαντικών δεικτών, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση του μοντέλου αξιολόγησης των βιοτόπων αυτοφυών ορχιδεών του γένους *Ophrys*. Θα ήταν ιδανική η χρήση *DEM* με ακρίβεια της τάξης του ενός μέτρου (1 μ), ωστόσο κάτι τέτοιο κατέστη αδύνατο για λόγους οικονομίας χρημάτων και χρόνου, καθώς η δημιουργία του είναι επίπονη διαδικασία που απαιτεί άφθονο χρόνο, εμπειρία και φυσικά κατάλληλης κλίμακας αρχικά υψομετρικά δεδομένα. Έτοιμο *DEM* με ακρίβεια τριάντα μέτρων (30 μ) χορηγείται δωρεάν από τη NASA στο διαδίκτυο. Η ανάλυση αυτή όμως δεν ήταν επαρκής για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας γι' αυτό και δεν προτιμήθηκε. Η δημιουργία *DEM* με χρήση χαρτών της ΓΥΣ, κλίμακας 1:5000, θα οδηγούσε σε τελικό αποτέλεσμα με υψομετρική ακρίβεια της τάξης των 5-10 μ. Κατόπιν αιτήσεως του τομέα τηλεπισκόπησης χορηγήθηκε *DEM*, αντίστοιχης ακρίβειας, από την "ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.", το οποίο και τελικώς χρησιμοποιήθηκε (Χάρτης 4).



Χάρτης 4: *DEM* (30 μ)

3.1.3 Χάρτες

Για πιο αξιόπιστα συμπεράσματα και πληρέστερη τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων αναζητήθηκαν χάρτες διαφόρων επιστημονικών πεδίων κλίμακας 1:5000 (γεωλογικοί, βλάστησης, υγρασίας/βροχής, χρήσης γης κτλ). Η έρευνα αυτή δεν έδωσε καλά αποτελέσματα καθώς δεν βρέθηκαν χάρτες της ζητούμενης ακρίβειας. Τελικώς χρησιμοποιήθηκε γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50000 (Χάρτης 5)



Χάρτης 5: Γεωλογικός χάρτης ν. Ηρακλειάς (πηγή: ΙΓΜΕ)

3.1.4 Επίγειες μετρήσεις

Για τη μοντελοποίηση των φυσικών βιοτόπων αυτοφυών ορχιδεών του γένους *Ophrys* ήταν απαραίτητα τα επίγεια δεδομένα. Τα δεδομένα αφορούν στο προσωπικό αρχείο του ερασιτέχνη φυσιοδίφη, Ι. Γαβαλά, μόνιμο κάτοικο του νησιού.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι, πέραν των αναλυτικών περιγραφών των διαφόρων ειδών που απαρτίζουν το γένος *Ophrys*, οι τοποθεσίες στις οποίες έχουν παρατηρηθεί εμφανίσεις πληθυσμών από κάθε είδος, η σπανιότητα/συχνότητα παρατήρησης αυτών, καθώς και στατιστικά που αφορούν στις ημερομηνίες άνθισης και απάνθισης αυτών. Ο Χάρτης 6 είναι παράδειγμα της διαθέσιμης μορφής των επίγειων δεδομένων που αφορούν στη γεωγραφική εξάπλωση των ειδών.



Χάρτης 6: Θέσεις σημαντικών πληθυσμών του είδους “*O.aegaea*” στη ν. Ηρακλειά

Αντίστοιχοι χάρτες χορηγήθηκαν για όλα τα taxa, ενώ συμπληρωματικά δεδομένα χορηγήθηκαν σε αρχείο “*excel*”.

3.2 Προεπεξεργασίες δορυφορικής ψηφιακής απεικόνισης

Η δορυφορική εικόνα που χρησιμοποιήθηκε δε χρειάστηκε γεωμετρική διόρθωση. Για λόγους συμβατότητας με τα υπόλοιπα δεδομένα έγινε μετασχηματισμός των συντεταγμένων ώστε πλέον να αναφέρονται οι συντεταγμένες στο Εθνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ 87).

Για διευκόλυνση του οπτικού αποτελέσματος και γενικότερα της φωτοερμηνείας επιχειρήθηκε να γίνει συγχώνευση της χωρικής ανάλυσης των καναλιών με το παγχρωματικό κανάλι ώστε να αποκτήσουν όλα χωρική ανάλυση 15 μέτρων (αντί για 30 μ). Εφαρμόστηκαν δύο εναλλακτικές τεχνικές συγχώνευσης ώστε να συγκριθούν και να επιλεγεί η καταλληλότερη μέθοδος. Πρόκειται για τα φίλτρα της προσαρμογής του τοπικού μέσου όρου *LMM* (*Local Mean Matching*) και της τοπικής προσαρμογής μέσου όρου και διακύμανσης *LMVM* (*Local Mean and Variance Matching*) (*de Bethune et al.* 1997,1998). Τα φίλτρα αυτά σχεδιάστηκαν με σκοπό να ελαχιστοποιήσουν τη διαφορά ανάμεσα στην εικόνα που προκύπτει από τη συγχώνευση και τα αντίστοιχα πολυφασματικά κανάλια χαμηλής χωρικής ανάλυσης. Το φίλτρο προσαρμογής μέσου όρου εφαρμόζει μια διαδικασία εξομάλυνσης σε τοπικό επίπεδο ανάμεσα στις εικόνες, ώστε να ταιριάζει ο τοπικός μέσος όρος της παγχρωματικής εικόνας χαμηλής ανάλυσης με εκείνον της αρχικής εικόνας χαμηλής χωρικής ανάλυσης. Το φίλτρο περιγράφεται από τον τύπο:

$$F_{i,j} = HR_{i,j} \frac{\overline{LR}_{i,j(w,h)}}{\overline{HR}_{i,j(w,h)}}$$

3.2.1 NDVI

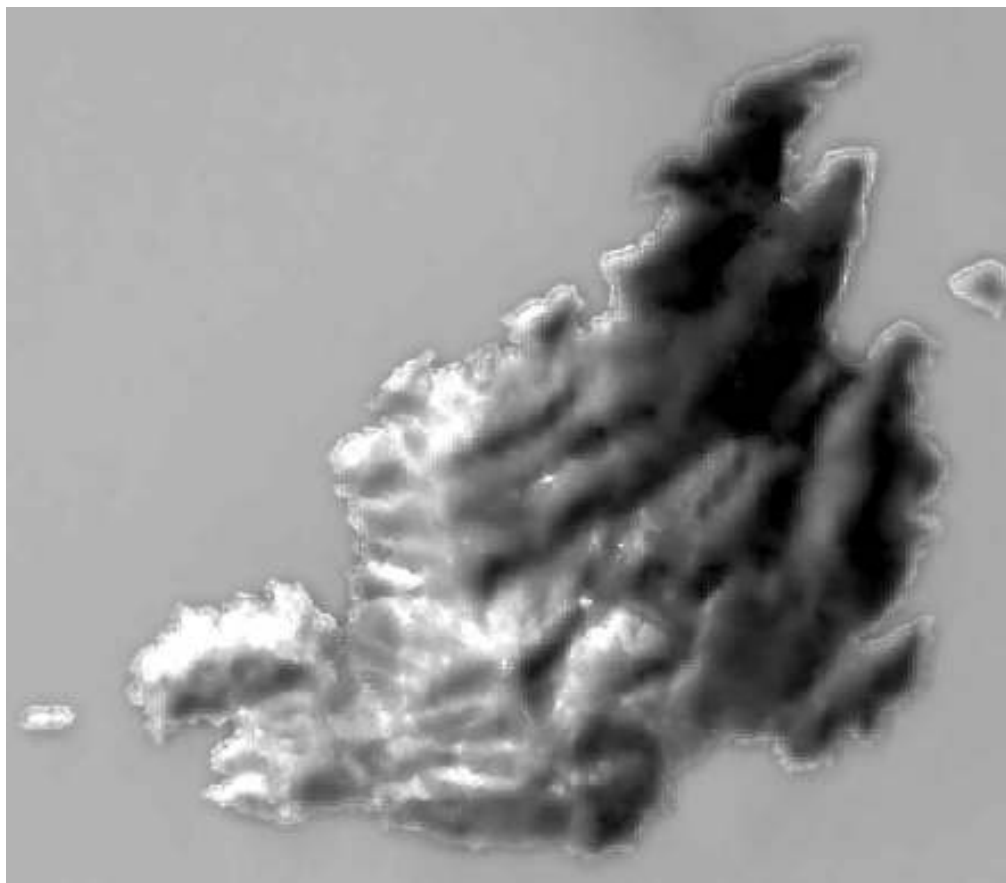
Ακολούθησε η επεξεργασία της αρχικής δορυφορικής εικόνας ώστε να προκύψει ο δείκτης βιομάζας *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*). (Χάρτης 7)



Χάρτης 7: Χάρτης βιομάζας της ν. Ηρακλειάς

3.2.2 SMI

Ο Χάρτης 8 προέκυψε με κατάλληλη διαδικασία από τη δορυφορική εικόνα



Χάρτης 8: Χάρτης εδαφικής υγρασίας ν. Ηρακλείας

3.3 Προεπεξεργασίες ΨΜΕ

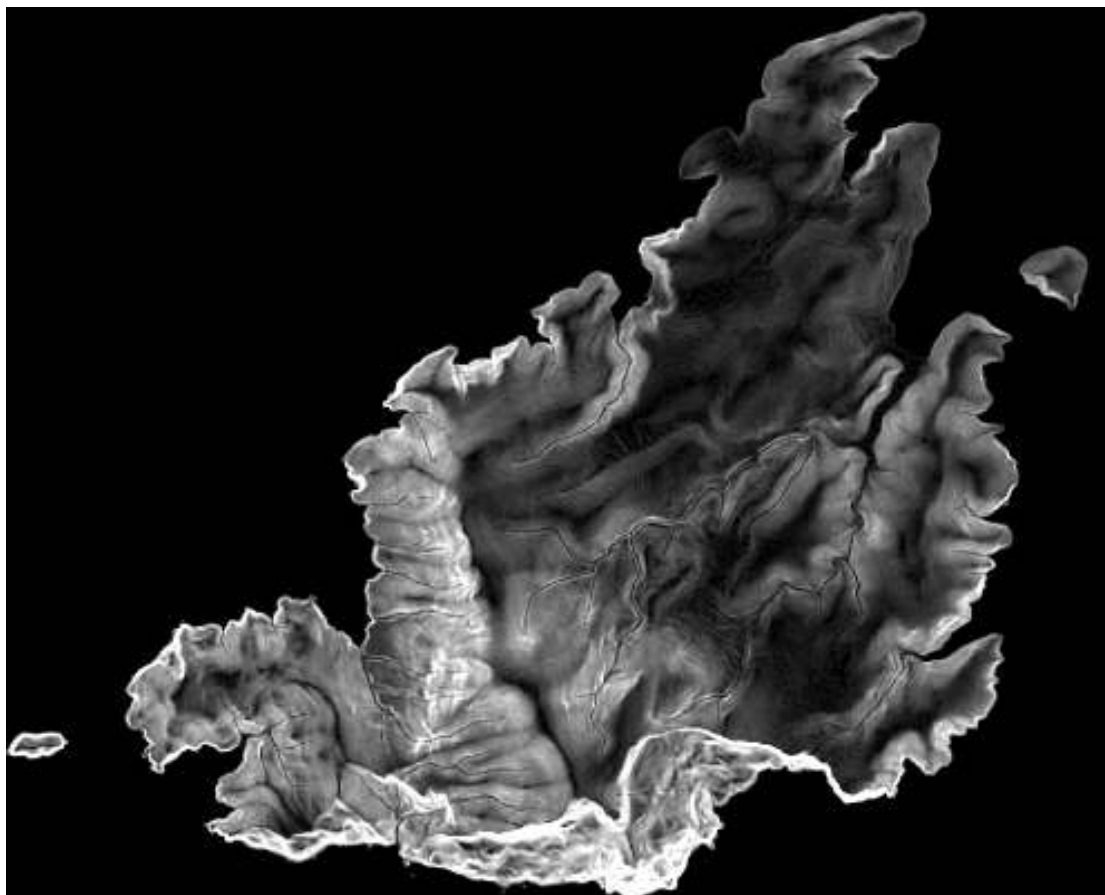
Είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία και τα εμπειρικά δεδομένα ότι πρωταρχικός παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η καταλληλότητα μιας περιοχής για ανάπτυξη των υπό μελέτη αυτοφυών ορχιδεών είναι η εδαφική υγρασία και το εύρος διακύμανσης αυτής στη διάρκεια του κύκλου ζωής των φυτών. Το ΨΜΕ αποτελεί το αρχικό προϊόν, το οποίο με κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να δώσει σημαντική πληροφορία, που εκτιμάται ότι μπορεί να συσχετίζεται με την εδαφική υγρασία .

3.3.1 Κλίσεις εδάφους

Η κλίση του εδάφους σε μια περιοχή έχει άμεση επίδραση στη δυνατότητα απορροής αυτής και κατά συνέπεια επηρεάζει την εδαφική υγρασία. Κρίθηκε λοιπόν σκόπιμο να γίνει διερεύνηση του βαθμού της επίδρασης της κλίσης εδάφους ως παραμέτρου που συσχετίζεται με την βιοποικιλότητα των υπό μελέτη ορχιδεών της περιοχής.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει χειροκίνητα με διάφορες τεχνικές προσέγγισης, οι οποίες όμως είναι επίπονες και χρονοβόρες. Γι' αυτό το λόγο ακολουθήθηκε η αυτοματοποιημένη διαδικασία που διατίθεται από το λογισμικό Er-Mapper, με τη μορφή εφαρμογής κατάλληλου φίλτρου ("*slope.ker*") στο ΨΜΕ. Είναι σημαντικό να

αναφερθεί ότι η ακρίβεια του παραγόμενου χάρτη κλίσεων εδάφους (Χάρτης 9) εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια του ΨΜΕ.

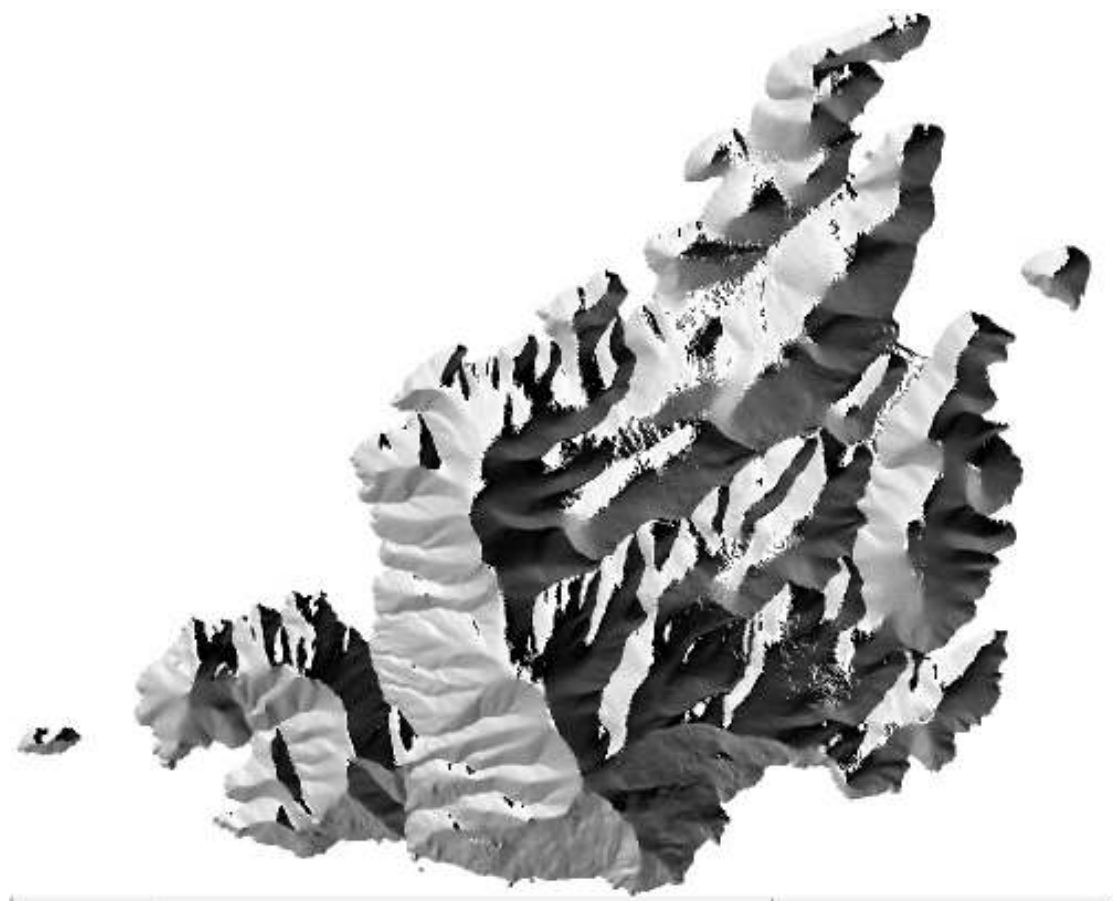


Χάρτης 9: Χάρτης κλίσεων εδάφους

Σημειώνεται ότι μεγάλες κλίσεις εδάφους αποδίδονται με υψηλούς τόνους του γκρι (φωτεινές αποχρώσεις), ενώ πιο επίπεδες περιοχές αποδίδονται με χαμηλούς τόνους του γκρι (σκούρες αποχρώσεις).

3.3.2 Προσανατολισμός

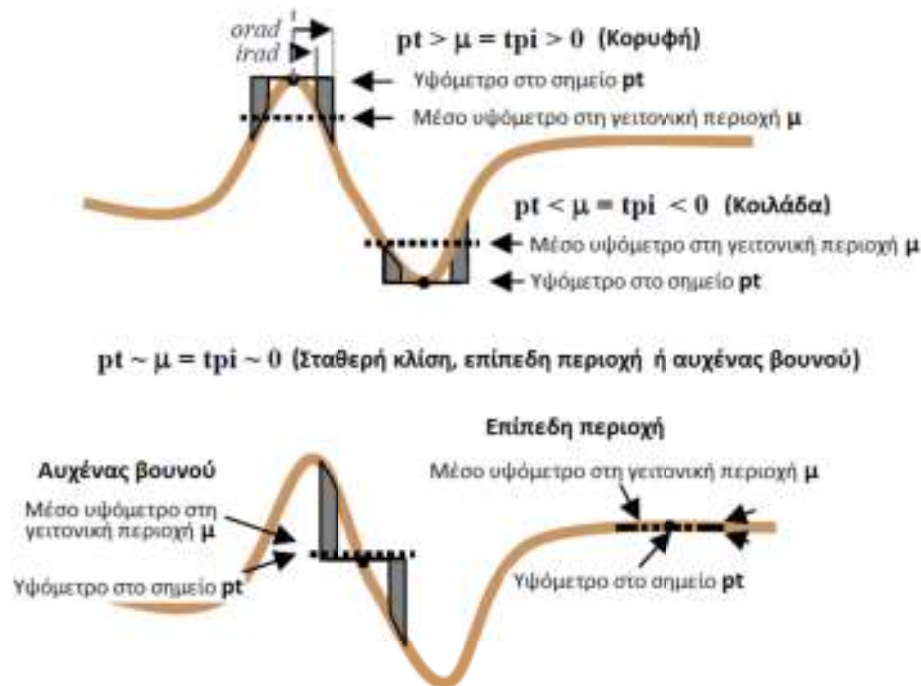
Ο προσανατολισμός εκτιμήθηκε ως σημαντική παράμετρος που χρήζει διερεύνησης, καθώς επηρεάζει τον χρόνο έκθεσης μιας περιοχής ή σημείου τόσο στην ηλιακή ακτινοβολία, όσο και στους ανέμους. Η ηλιακή ακτινοβολία ενδέχεται να συμβάλει σημαντικά στη διαμόρφωση ευνοϊκών συνθηκών για ανάπτυξη των υπό μελέτη ορχιδεών. Οι άνεμοι πάλι ενδέχεται να επηρεάζουν την εδαφική υγρασία, καθώς η έκθεση σε κρατούντες βόρειους ανέμους, που συνηθίζονται στα νησιά των Κυκλάδων, μπορεί να ξεραίνει μια περιοχή ή αντίστοιχα η απόκρυψη περιοχών από την έκθεση σε ξηρό άνεμο μπορεί να συμβάλει σε μειωμένη δυνατότητα αφύγρανσης. Ο χάρτης προσανατολισμών (Χάρτης 10) προέκυψε με εφαρμογή κατάλληλου φίλτρου (“*aspect.ker*”) στο ΨΜΕ με χρήση του λογισμικού Er-Mapper.



Χάρτης 10: Προσανατολισμός εδάφους

3.3.3 TPI (Topographic Position Index)

Ο δείκτης τοπογραφικής θέσης *TPI* (*Topographic Position Index*), συγκρίνει το υψόμετρο κάθε εικονοστοιχείου του ΨΜΕ με το μέσο υψόμετρο μιας συγκεκριμένης περιοχής γύρω από το εικονοστοιχείο. Εν προκειμένω επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ακτίνα εκατό μέτρων (100 μ) και ο χάρτης υλοποιήθηκε με χρήση του ελεύθερου λογισμικού “SAGA” (Χάρτης 11). Θετικές τιμές του δείκτη τοπογραφικής θέσης, αναπαριστούν περιοχές οι οποίες έχουν μεγαλύτερο υψόμετρο από το μέσο υψόμετρο των γειτονικών τους περιοχών και χαρακτηρίζονται ως κορυφές, ενώ αρνητικές τιμές του δείκτη αντιστοιχούν σε περιοχές με μικρότερο υψόμετρο από αυτό των γειτονικών τους σημείων και χαρακτηρίζονται ως κοιλάδες. Περιοχές όπου η τιμή του δείκτη είναι κοντά στο μηδέν, είτε είναι επίπεδες περιοχές (εάν η κλίση είναι κοντά στο μηδέν), είτε είναι περιοχές σταθερής κλίσης (αν η κλίση είναι αρκετά μεγαλύτερη από το μηδέν) (Εικόνα 25).



Εικόνα 24: Δείκτης Τοπογραφικής Θέσης (πηγή: weiss, 1999)

Εκτιμήθηκε ως παράμετρος που χρήζει διερεύνησης καθώς το ανάγλυφο μιας περιοχής είναι πολύ πιθανόν να συνδέεται με κάποιο τρόπο με τη διαμόρφωση της εδαφικής υγρασίας και εν γένει με την καταλληλότητα μιας περιοχής για ανάπτυξη των εν λόγω ορχιδεών.

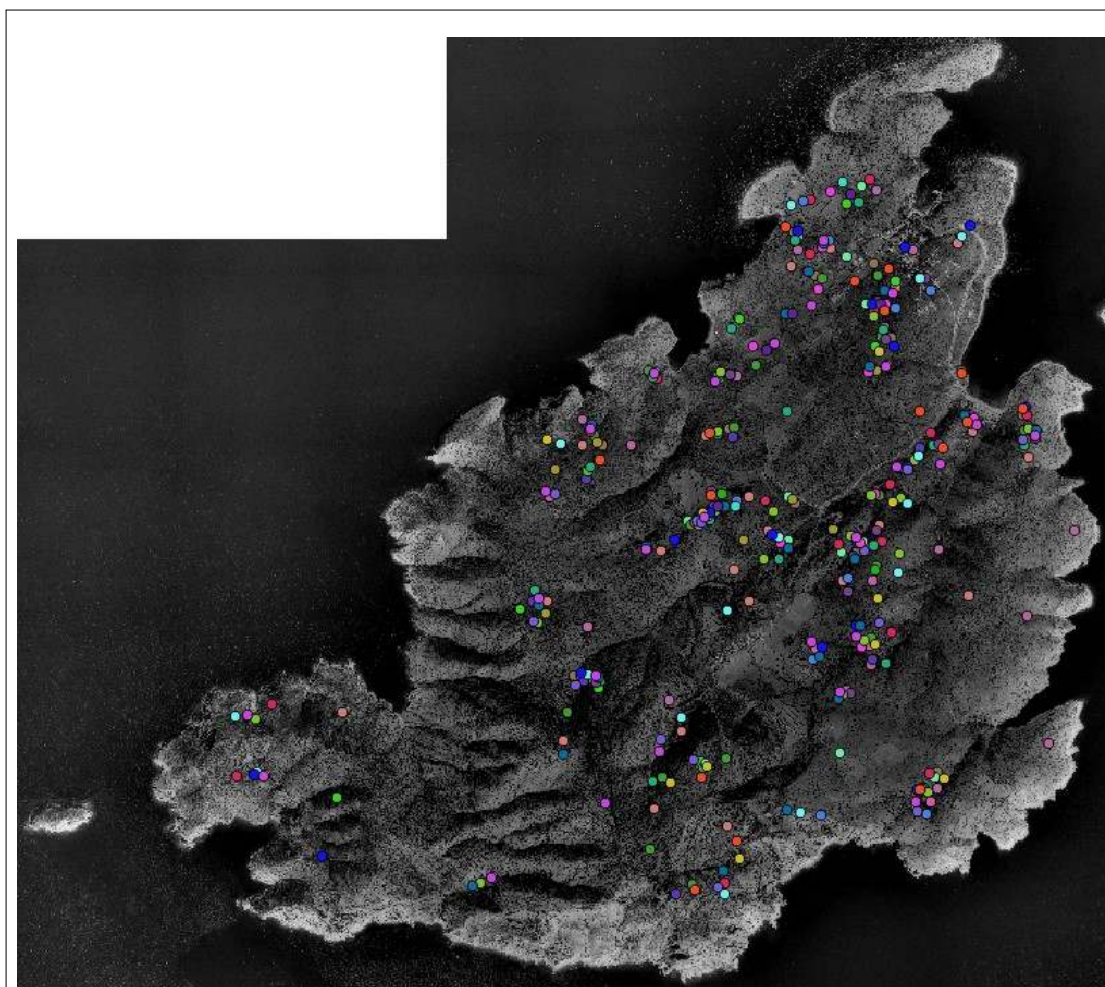


Χάρτης 11: TPI ακτίνας 100 μέτρων

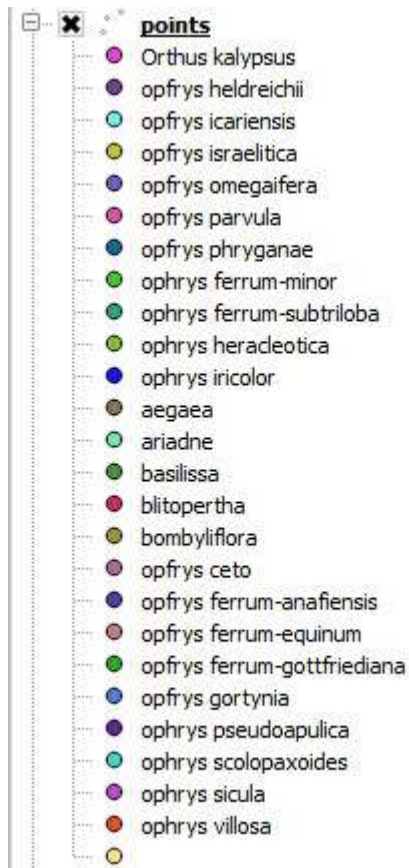
3.3.4 Προεπεξεργασίες επίγειων δεδομένων

Τα επίγεια δεδομένα χορηγήθηκαν σε μορφή “*raster*” (π.χ Χάρτης 6). οπότε για την αξιοποίησή τους χρειάστηκε η μετατροπή σε διανυσματική μορφή “*vector*”.

Αρχικά έγινε εισαγωγή όλων των χαρτών, καθώς και της διαθέσιμης ορθοφωτογραφίας της Ηρακλείας, σε ενιαίο “*project*” του λογισμικού “*QGIS*”. Ακολούθως γεωαναφέρθηκαν οι χάρτες ώστε να έχουν ίδια κλίμακα και σύστημα αναφοράς (ΕΓΣΑ 87). Ύστερα έγινε ψηφιοποίηση των θέσεων των πληθυσμών ανά *taxon* (Χάρτης 12), αποδίδοντας κάθε *taxon* με διαφορετικό χρώμα (Εικόνα 25)

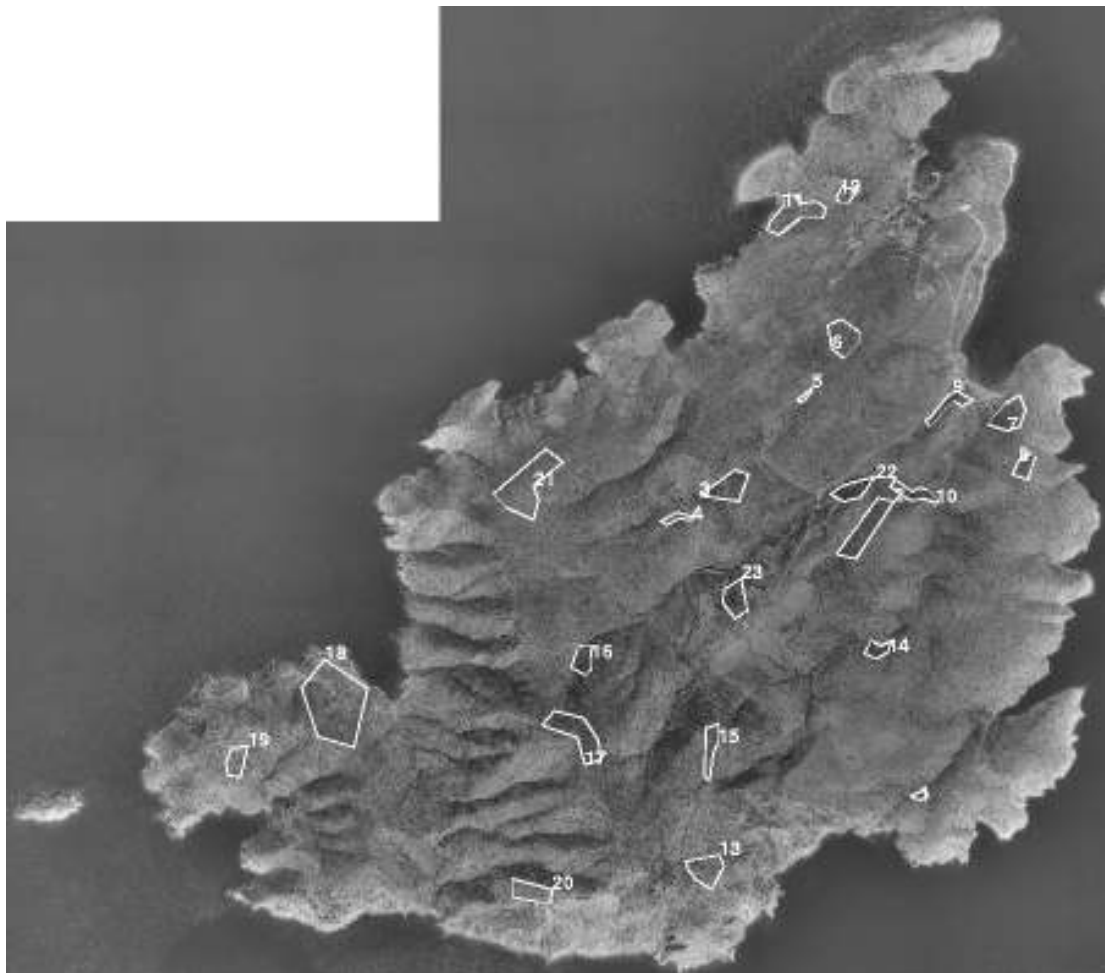


Χάρτης 12: Ψηφιοποιημένα κέντρα πληθυσμών ορχιδεών γένους *Ophrys*



Εικόνα 25: Αντιστοιχία χρωμάτων με τα ψηφιοποιημένα κέντρα πληθυσμών των taxa

27).



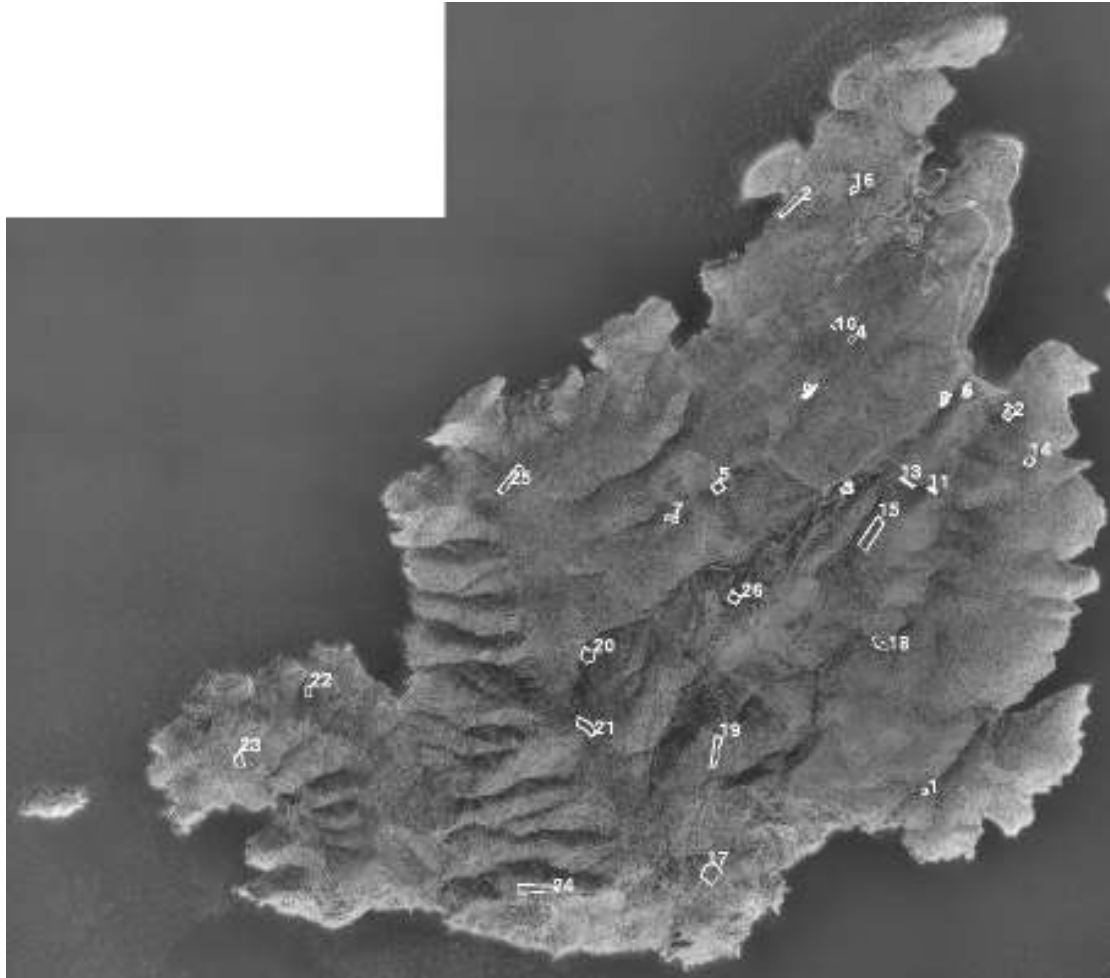
Εικόνα 26: Περιοχές εκπαίδευσης (αρχική προσέγγιση με 23 πολύγωνα)

Ιδεώδης προσέγγιση θα ήταν να γνωρίζαμε το πλήθος φυτών από κάθε υπό μελέτη είδος, ωστόσο τα διαθέσιμα δεδομένα δεν έχουν την απαιτούμενη πληρότητα για την εξαγωγή αυτής της πληροφορίας. Εναλλακτικά, προσδιορίστηκε η βιοποικιλότητα των υπό μελέτη ορχιδεών, δηλαδή έγινε καταγραφή του συνόλου των υπό μελέτη taxa, που έχουν καταγραφεί στις περιοχές εκπαίδευσης (Πίνακας 2). Η τιμή της βιοποικιλότητας μπορεί να κυμαίνεται από μηδέν (μηδενική καταγραφή) έως είκοσι (20) διαφορετικά taxa, που είναι και το σύνολο των καταγεγραμμένων taxa αυτοφυών ορχιδεών του γένους "OPHRYS" σε ολόκληρο το νησί. Σημειώνεται βέβαια ότι η μέγιστη καταγραφή ειδών σε μεμονωμένη περιοχή είναι της τάξης των δεκαοκτώ (18) taxa.

Πολύγωνο	Βιοποικιλότητα
1	18
2	16
3	14
4	13
5	6
6	14

Πίνακας 3: Βιοποικιλότητα (πλήθος taxa) ανά πολύγωνο εκπαίδευσης

Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε, καθώς προέκυψε ανάγκη για μικρότερου μεγέθους πολύγωνα. Στην εικόνα 28 εμφανίζονται οι τελικές περιοχές εκπαίδευσης (Εικόνα 28) με τις αντίστοιχες βιοποικιλότητες (Πίνακας 4)



Εικόνα 27: Τελική επιλογή περιοχών εκπαίδευσης (είκοσι έξι πολύγωνα)

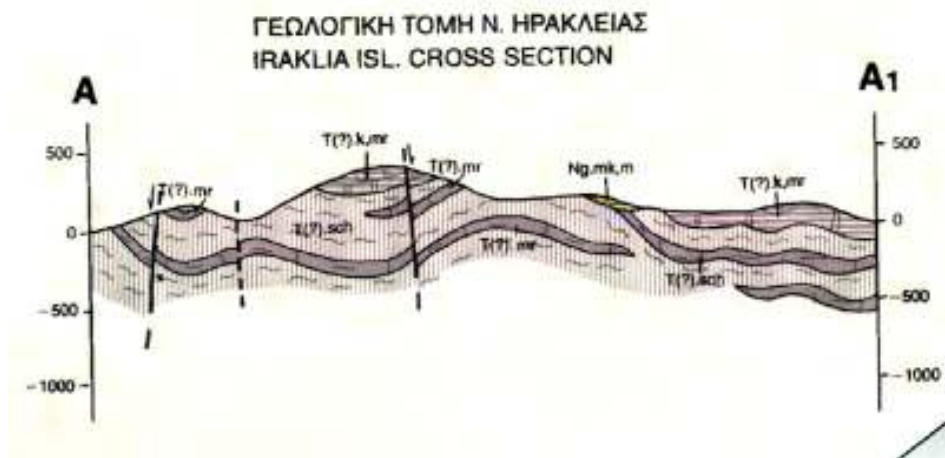
3.3.5 Προεπεξεργασίες χαρτών

Στο επόμενο κεφάλαιο θα περιγραφεί η διαδικασία με την οποία αποδόθηκαν τιμές των παραμέτρων στα πολύγωνα εκπαίδευσης. Για να είναι δυνατή όμως αυτή η επεξεργασία είναι απαραίτητο πρώτα όλα τα δεδομένα/χάρτες να αναφέρονται σε κοινό σύστημα συντεταγμένων. Επιπλέον, στην περίπτωση που κάποιος χάρτης στερείται διανυσματικής πληροφορίας, απαιτείται η κατάλληλη προεπεξεργασία.

Ο γεωλογικός χάρτης (Χάρτης 4) ψηφιοποιήθηκε και γεωαναφέρθηκε σε σύστημα ΕΓΣΑ'87 με χρήση του ελεύθερου λογισμικού "QGIS". Σύμφωνα με το υπόμνημα του χάρτη (Χάρτης 12, Χάρτης 13) αρχικώς αποδόθηκαν τυχαίες τιμές στα πετρώματα που απεικονίζονται στο χάρτη. Συνολικά εντοπίστηκαν εννέα (9) διαφορετικές κατηγορίες και χαρακτηρίστηκαν με διαβάθμιση πέντε επιπέδων για την υδατοπερατότητά τους (Πίνακας 5). Στον τελικό γεωλογικό χάρτη αποδόθηκαν τα πετρώματα με τις αντίστοιχες τιμές υδατοπερατότητάς τους, καταλήγοντας σε χάρτη με χρωματική διαβάθμιση πέντε (5) επιπέδων. Ανοιχτόχρωμες τιμές αντιστοιχούν σε πετρώματα υψηλής υδατοπερατότητας, ενώ σκουρόχρωμες σε λιγότερο ή καθόλου υδατοπερατά πετρώματα (Χάρτης 15).

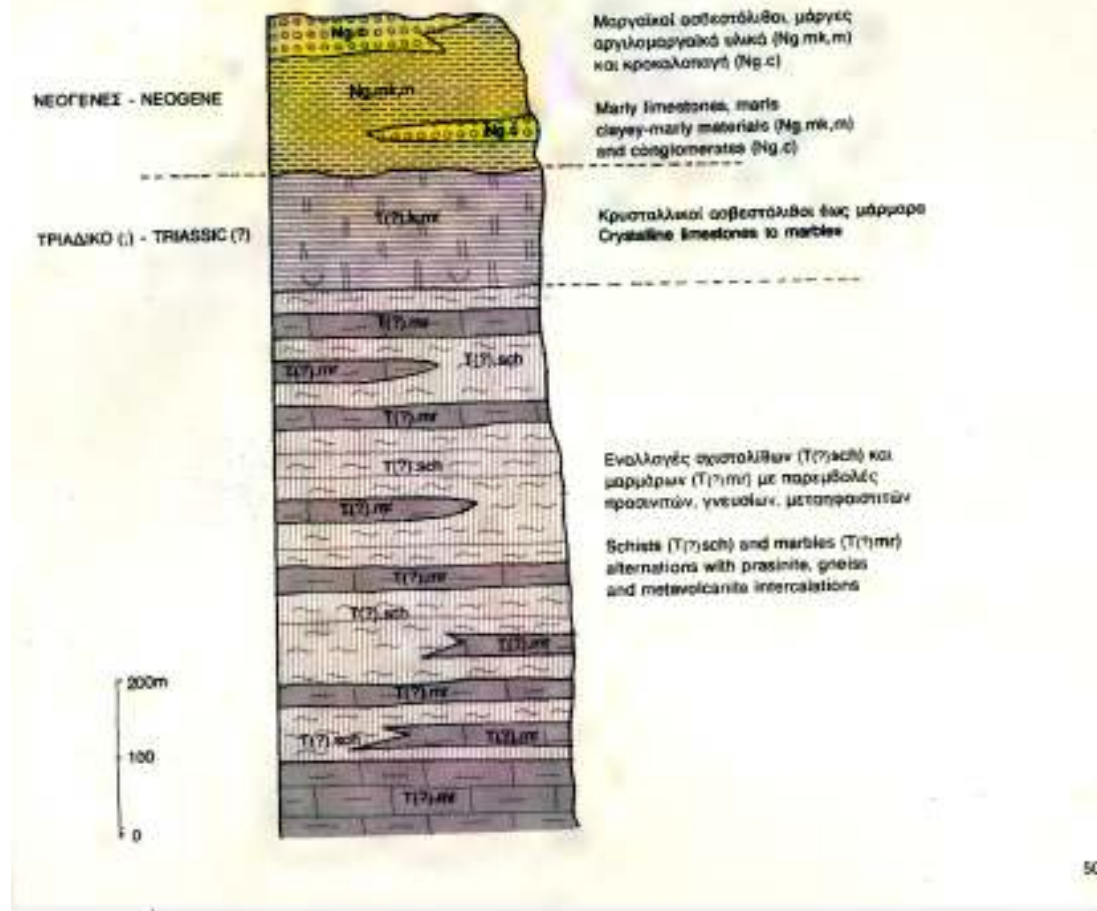
Σύμβολο γάση	CODE	Περιγραφή κ	
H.cd	5	παράκτιοι σχη	
Is	7	κατολισθαίνοι	
Pt.st	9	ψαμίτες	
T(?)k,mr	2	κρυσταλλικοί ι	
H.sc	8	πλευρικά κορη	
al	6	αλουβιακές στ	
Ng, mk, m	1	μαργαίκοι ασβ αργιλομαργαίτ	
T(?)sch	4	σκιερό	

Πίνακας 5: Περιγραφή πετρωμάτων και υδατοπερατότητα αυτών

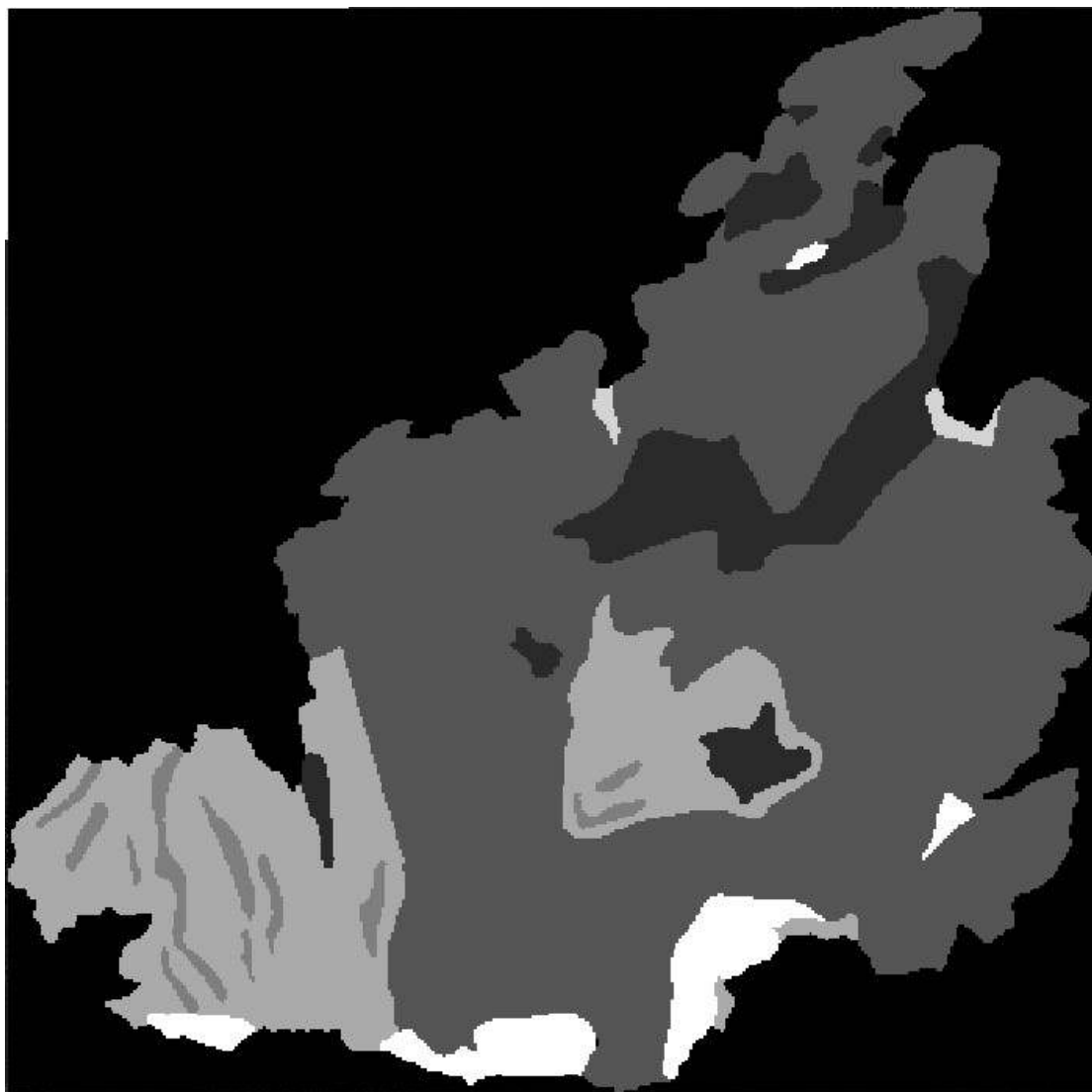


Χάρτης 13: Υπόμνημα 1 γεωλογικού χάρτη της ν. Ηρακλείας

Νº ΗΡΑΚΛΕΙΑ - ΣΧΟΙΝΟΥΣΣΑ - ΚΟΥΦΟΝΗΣΙΑ
 IRAKLIA - SHINOUSSA - KOUFONISSIA ISL.



Χάρτης 14: Υπόμνημα 2 γεωλογικού χάρτη της ν. Ηρακλειάς



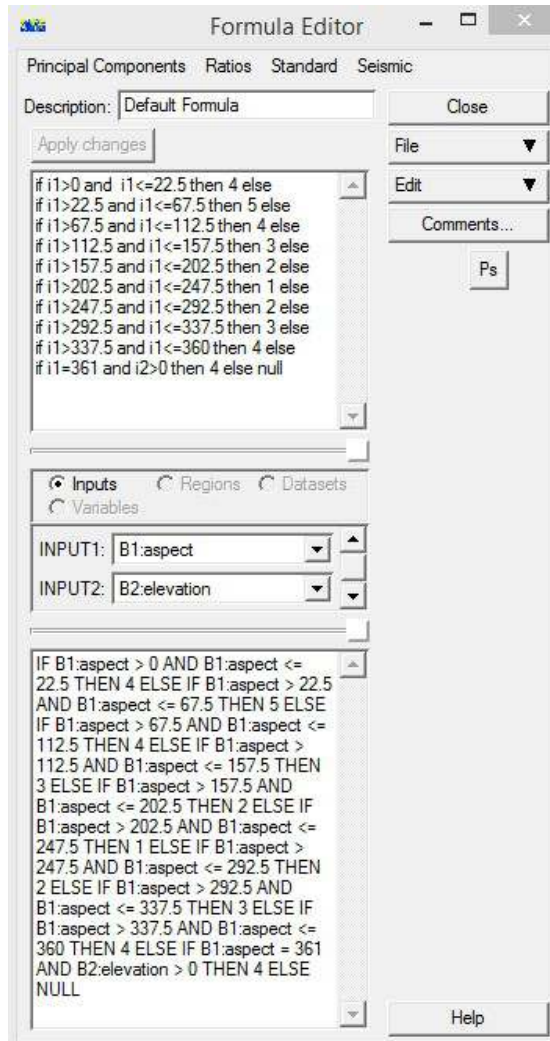
Χάρτης 15: Χάρτης διαβαθμισμένης υδατοπερατότητας πέντε επιπέδων

Ένας ακόμη χάρτης που χρειάστηκε πρόσθετη επεξεργασία για εξαγωγή πιο αξιόπιστων πληροφοριών στη φάση των επεξεργασιών ήταν και ο χάρτης προσανατολισμών. Ο χάρτης 9 περιγράφει σημειακούς προσανατολισμούς με τιμές εύρους από 0 έως 361 (το πρόγραμμα αποδίδει τις επίπεδες περιοχές με τιμή 361, ενώ οι υπόλοιπες τιμές αναφέρονται σε μοίρες). Επειδή ο προσανατολισμός, όπως προαναφέρθηκε, επηρεάζει έμμεσα την ανάπτυξη ενός φυτού (ηλιακή επίδραση, άνεμοι) έγινε ομαδοποίηση των τιμών σε πέντε (5) κατηγορίες ανάλογα με το πόσο πολύ εκτιμάται ότι ευνοείται ένα φυτό της περιοχής αυτής. Η διαβάθμιση αυτή βασίστηκε σε εμπειρικά δεδομένα και δεν είναι βιβλιογραφικά τεκμηριωμένη (Πίνακας 5).

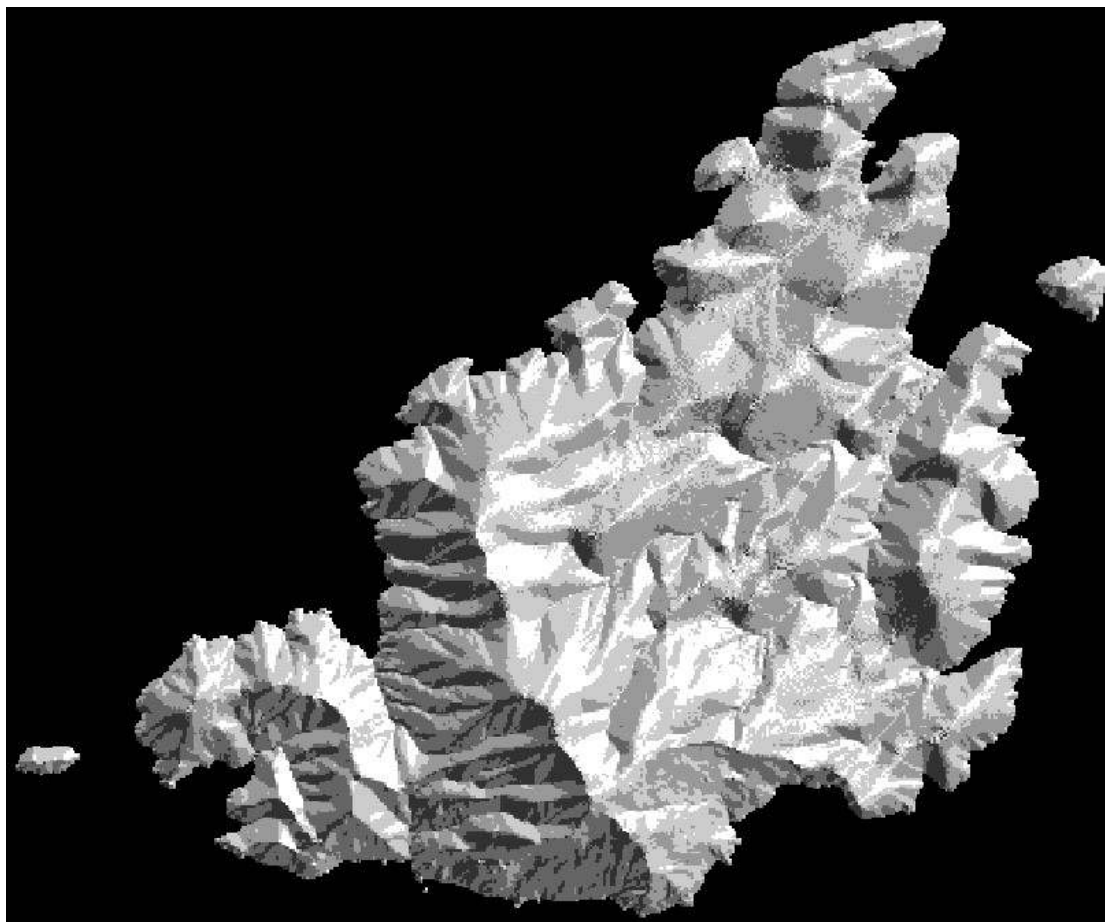
Εύρος προσανατολισμών	Τιμή από
337.5 0 ή 361	4
22.5	
22.5 45	5
67.5	
67.5 90	4
...	

Πίνακας 6: Εύρος σημειακών προσανατολισμών και τιμή απόδοσης

Με εφαρμογή κατάλληλης φόρμουλας (Εικόνα 29) στον χάρτη 9 προέκυψε ο τελικός χάρτης προσανατολισμών εδάφους (Χάρτης 16)



Εικόνα 28: Φόρμουλα διαμόρφωσης χάρτη προσανατολισμών (σε περιβάλλον "Er-Mapper")



Χάρτης 16: Προσανατολισμός εδάφους πέντε (5) διαβαθμίσεων

Η βιβλιογραφία και τα εμπειρικά δεδομένα συνηγορούν στο γεγονός ότι εμφανίζονται ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη ορχιδεών του γένους “*Ophrys*” σε εγκαταλελειμμένες αναβαθμίδες (γνωστές και ως πεζούλες, πεζούλια ή κλίμακες). Έγινε προσπάθεια ψηφιοποίησης των αναβαθμίδων με χρήση του λογισμικού Er-Mapper. Για την ψηφιοποίηση χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερης ευκρίνειας διαθέσιμη εικόνα, οπότε και επιλέχθηκε η ορθοφωτογραφία του νησιού, κλίμακας 1:5000. Χρησιμοποιήθηκαν τόσο τεχνικές απλής φωτοερμηνείας (απόχρωση, υφή, πρότυπο κτλ) όσο και τεχνικές ψηφιακής τηλεπισκόπησης που αφορούν σε ενίσχυση του ιστογράμματος της εικόνας, καθώς και εφαρμογή φίλτρων. Επειδή οι περιοχές στις οποίες εντοπίστηκαν αναβαθμίδες στο νησί παρουσιάζουν ποιοτική ποικιλία που σε κάποιο βαθμό ήταν δυνατό να αποδοθούν με κατάλληλη διαβάθμιση, έγινε διαχωρισμός σε τρεις κατηγορίες. Ακολουθεί ο χάρτης με τις ψηφιοποιημένες αναβαθμίδες (Χάρτης 16) και απόσπασμα αυτού ως λεπτομέρεια (Λεπτομέρεια 1). Τέλος, έγινε εισαγωγή των αναβαθμίδων, με τη μορφή ξεχωριστού επιθέματος (layer), στο κοινό αρχείο όλων των χαρτών-επιθεμάτων. Η διαδικασία αυτή έδωσε τη δυνατότητα τόσο της οπτικής ανάλυσης, όσο και της στατιστικής, αφού πλέον είναι δυνατή η απόδοση τιμών όλων των

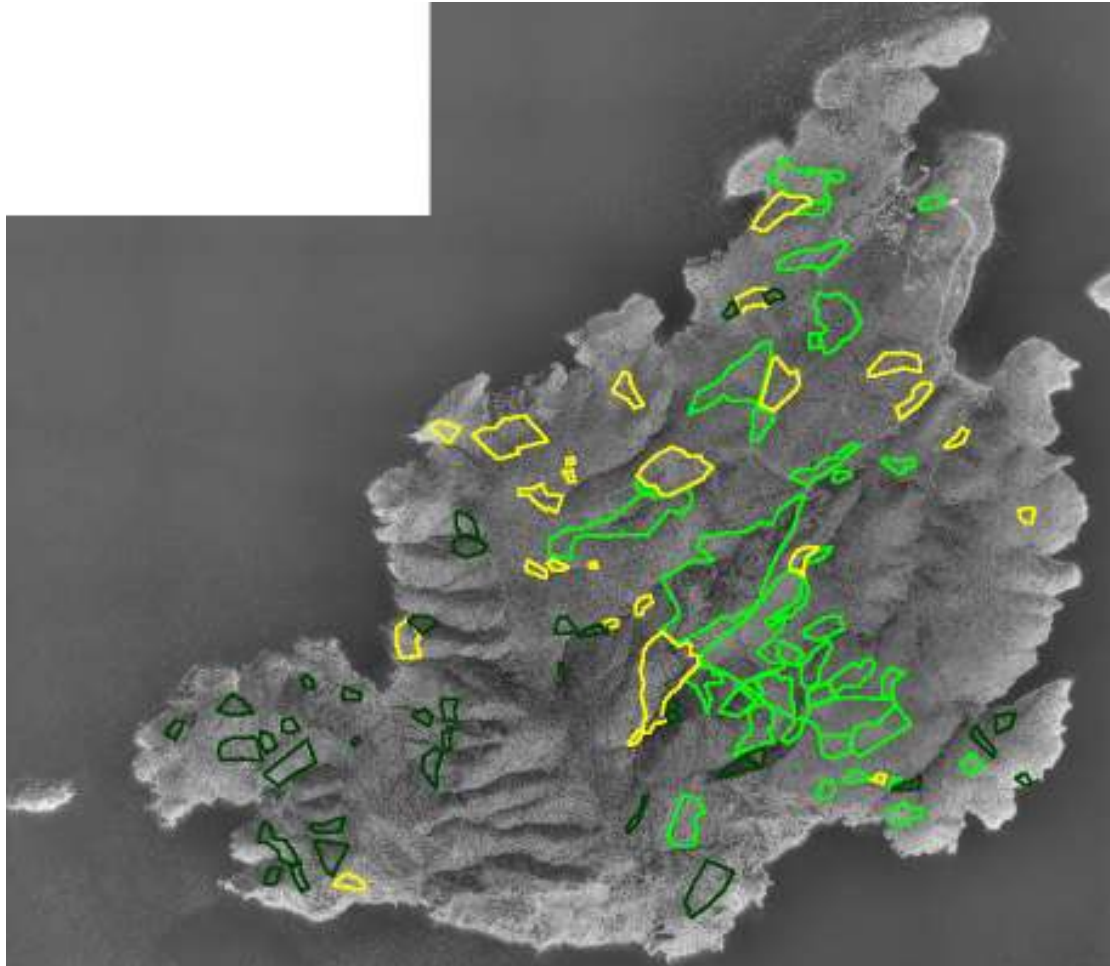
παραμέτρων

στα

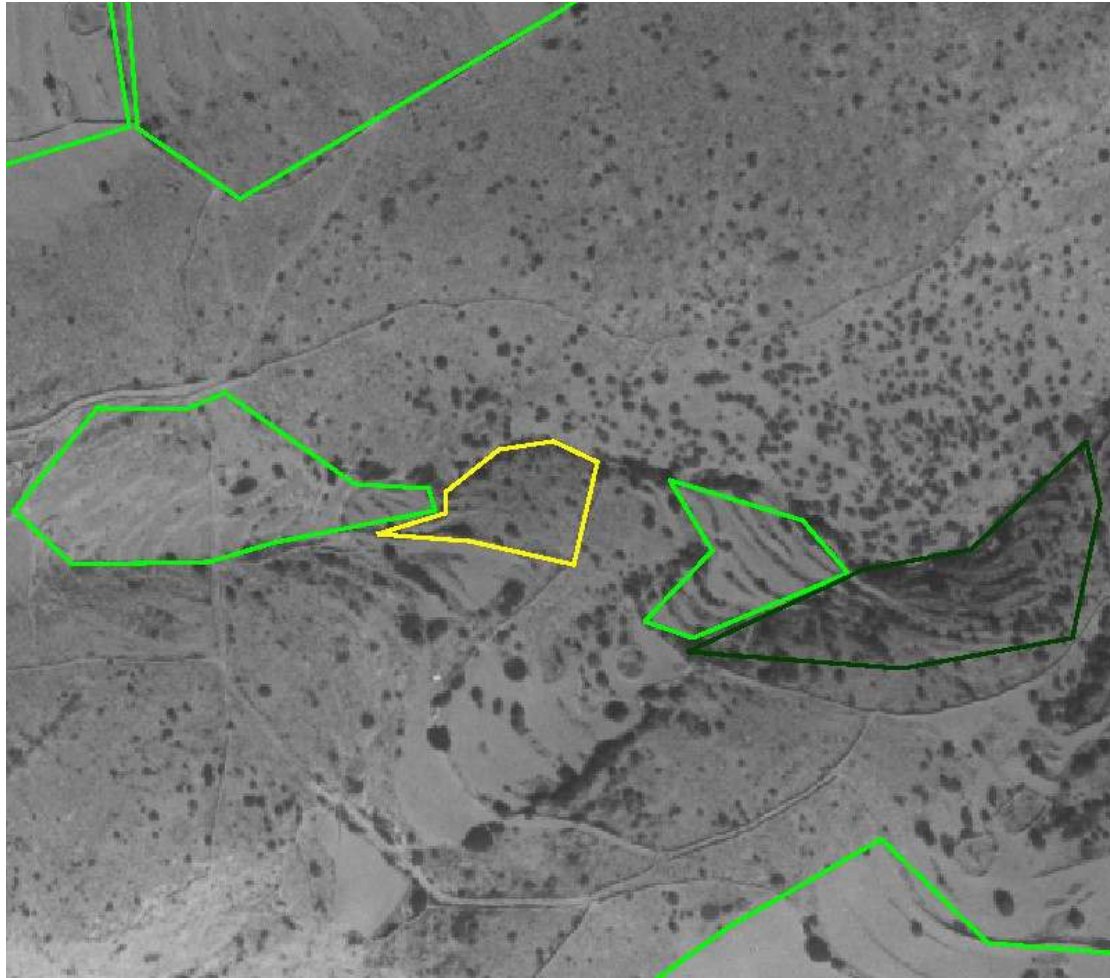
σημεία-κέντρα

πληθυσμών

taxa.



Χάρτης 17: Αναβαθμίδες (προϊόν ψηφιοποίησης από ορθοφωτογραφία του νησιού)

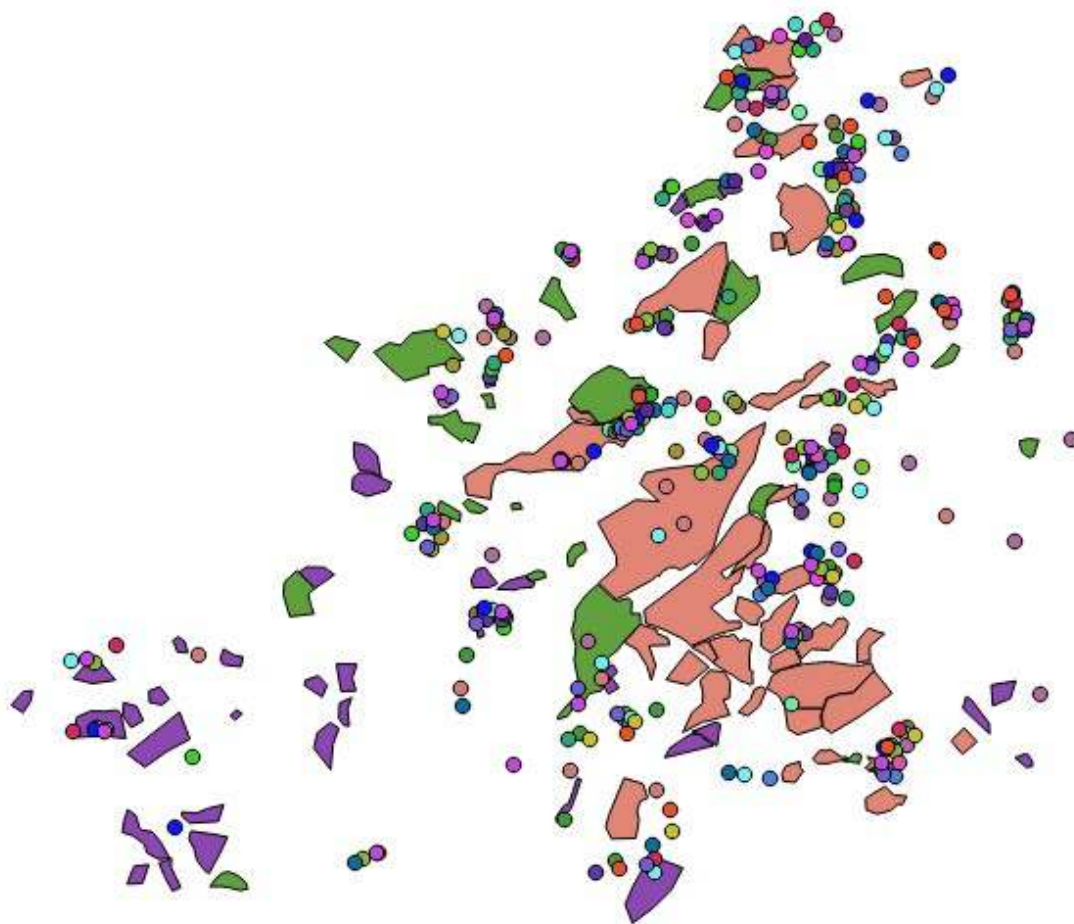


Λεπτομέρεια 1: Κατηγορίες αναβαθμίδων

Σκούρο πράσινο: Εγκαταλελειμμένες και αρκετά δασωμένες

Κίτρινο: Εγκαταλελειμμένες και μετρίως δασωμένες

Ανοιχτό πράσινο: Μάλλον ενεργές καλλιέργειες (μη δασωμένες)

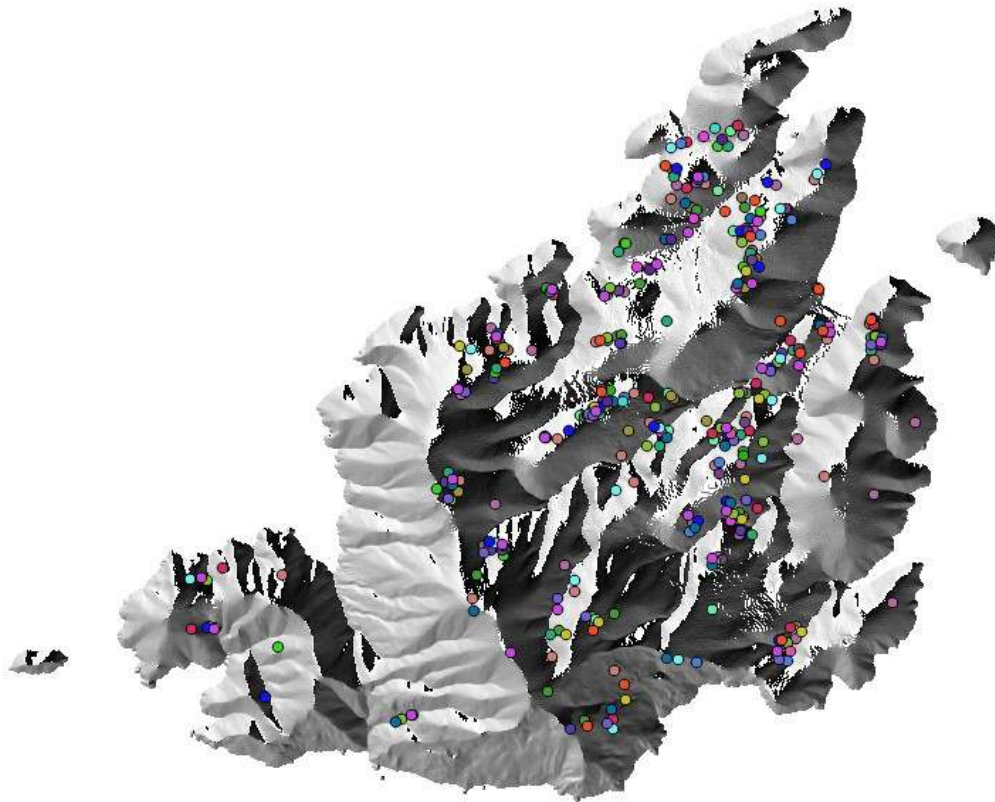


Εικόνα 29: Αναβαθμίδες και κέντρα πληθυσμών

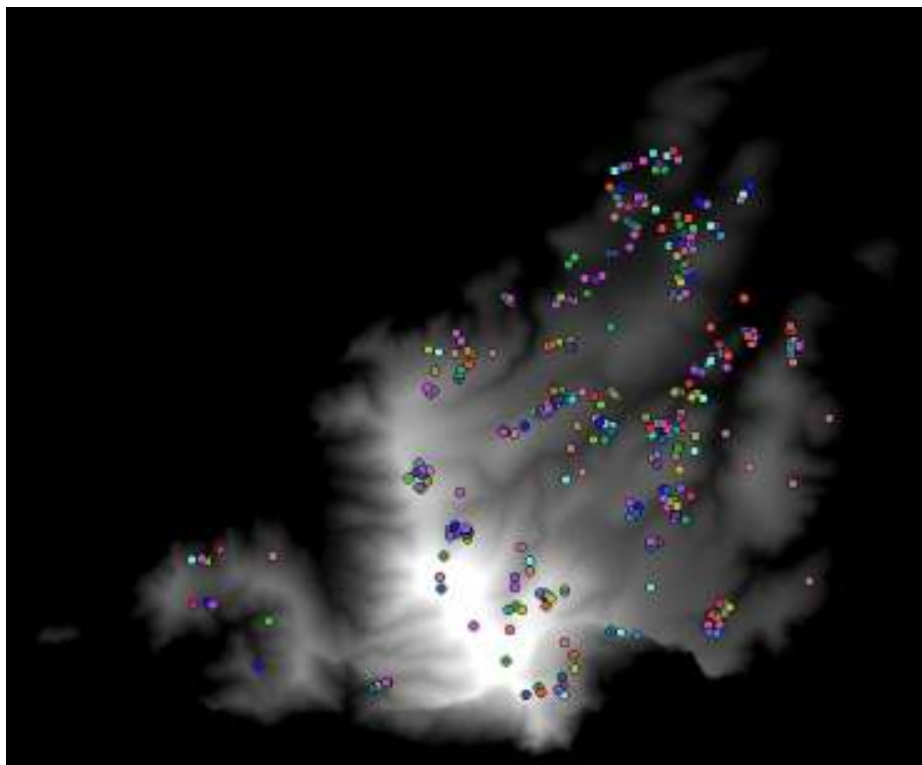
3.4 Επεξεργασίες

Έχοντας συλλέξει τα διάφορα δεδομένα που σχετίζονται με τη μελέτη του αντικείμενου ακολούθησε η φάση της επεξεργασίας τους. Στα πλαίσια της προσπάθειας μοντελοποίησης έγιναν διαδοχικές προσεγγίσεις ώστε να επιλεγεί ο τρόπος με τον οποίο θα αξιοποιηθούν καλύτερα τα δεδομένα.

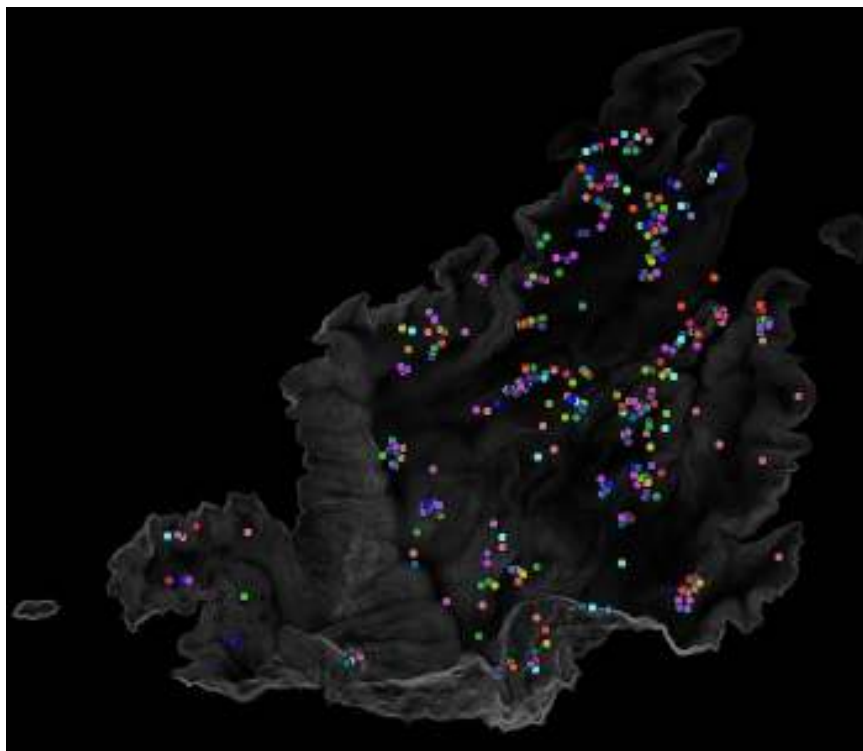
Αρχικά έγινε προσπάθεια εξαγωγής συμπερασμάτων αξιοποιώντας τους χάρτες εξάπλωσης για κάθε είδος ξεχωριστά. Με εφαρμογή τεχνικών ΣΓΠ και χρήση του ελεύθερου λογισμικού “QGIS Desktop 2.4.0”, έγινε επίθεση όλων των διαθέσιμων δεδομένων σε κοινό σύστημα συντεταγμένων. Ενδεικτικά, παρατίθενται το σύνολο των σημείων-κέντρων πληθυσμών των υπό μελέτη ορχιδεών ως επίθεμα επί χαρτών (Χάρτης 17, Χάρτης 18, Χάρτης 19). Η αδυναμία της προσέγγισης αυτής ήταν η χαμηλή ακρίβεια της θέσης των σημείων, καθώς επρόκειτο για ενδεικτικές και όχι για απόλυτες θέσεις σε συνδυασμό με την αδυναμία προσδιορισμού της πυκνότητας φυτών ανά μονάδα έκτασης. Φυσικά κατέστη δυνατή η εξαγωγή βασικών συμπερασμάτων, ωστόσο δεν εξυπηρετήθηκε ο τελικός στόχος της παρούσας εργασίας, που είναι η δημιουργία μοντέλου.



Χάρτης 18: Κέντρα πληθυσμών επί χάρτου προσανατολισμών



Χάρτης 19: Κέντρα πληθυσμών επί χάρτου υψομέτρων



Χάρτης 20: Κέντρα πληθυσμών επί χάρτου κλίσεων εδάφους

Η δημιουργία πολυγώνων και ο προσδιορισμός του πλήθους διαφορετικών taxa σε αυτό (βιοποικιλότητα taxa) αποτέλεσε τη σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με την πρώτη προσέγγιση και τα αποτελέσματα ελέγχθηκαν στατιστικά. Στο επόμενο εδάφιο περιγράφεται η διαδικασία προσέγγισης, επεξεργασίας και στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων.

3.4.1 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων αφορά σε επεξεργασία δεδομένων, υπολογίζοντας τη συσχέτισή τους. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται η επίδραση που έχει μια παράμετρος (ανεξάρτητη μεταβλητή) σε μια άλλη (εξαρτημένη μεταβλητή). Η στατιστική ανάλυση εκτελέστηκε με το λογισμικό Microsoft Office Excel 2007 και συγκεκριμένα με την εντολή “Regression” από το μενού “Data Analysis”. Η εντολή αυτή έχει ως στοιχεία εισόδου την εξαρτημένη μεταβλητή και τις ανεξάρτητες μεταβλητές και ως στοιχεία εξόδου έναν πίνακα αποτελούμενο από συντελεστές και δείκτες (π.χ. Πίνακας 8).

Στη στήλη “Coefficients” υπολογίζονται οι τιμές των συντελεστών για τις ανεξάρτητες μεταβλητές και μια σταθερά που ονομάζεται “Intercept”.

Ανάμεσα στους δείκτες ο πιο σημαντικός είναι ο “R Square”, ο οποίος αξιολογεί την επιτυχία της παλινδρόμησης.

Ανάμεσα στις υπόλοιπες τιμές ιδιαίτερη χρησιμότητα έχει εν δυνάμει ο δείκτης “t Stat” που προσφέρει τη δυνατότητα στατιστικού ελέγχου της παλινδρόμησης.

Ακολούθως περιγράφονται οι δοκιμές και τα αποτελέσματα αυτών ώστε να γίνει η επιλογή του τελικού δείγματος για την εκπαίδευση μοντέλου βιοτόπων των υπό μελέτη taxa.

SUMMARY OUTPUT			
Regression Statistics			
Multiple R		0.67161925	
R Square		0.45107242	
Adjusted R Sq		0.13739852	
Standard Err		3.62889714	
Observations		23	
ANOVA			
	df	SS	MS
Regression	8	151.481886	18.9352357

Πίνακας 9: Αποτελέσματα παλινδρόμησης (προσπάθεια 1)

Οι τιμές των συντελεστών αναδεικνύουν τη συσχέτιση της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής με την εξαρτημένη. Βλέπουμε λοιπόν ότι οι μεταβλητές **ASPECT**, **TIR**, **ELEVATION** έχουν ελάχιστη συσχέτιση, ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές σαφώς μεγαλύτερη. Ιδιαίτερα η παράμετρος των προσανατολισμών (*ASPECT*) αναμενόταν να εμφανίζει μεγαλύτερο συντελεστή. Οι μεταβλητές της θερμοκρασίας (*TIR*) και του υψομέτρου (*ELEVATION*) φαίνεται να μην επηρεάζουν την παράμετρο της βιοποικιλότητας. Το "*R Square*"=0.45% είναι χαμηλό επίπεδο επιτυχίας, καθώς δεκτό θα γινόταν ένα ποσοστό μεγαλύτερο του 60%.

Πιθανή αιτία για τη χαμηλή συσχέτιση είναι το μεγάλο μέγεθος των πολυγώνων, των οποίων η τελική τιμή προκύπτει ως μέσος όρος των σημειακών τιμών κάθε παραμέτρου, που μπορεί υπό προϋποθέσεις να αλλοιώσει σημαντικά το αποτέλεσμα τους. Πρόσθετος λόγος μπορεί να είναι το μεγάλο εύρος τιμών προσανατολισμών (από 0 έως 361), που το πρόγραμμα ερμηνεύει ως διαβάθμιση και το διαχειρίζεται ως βάρος κι όχι απλώς ως αριθμητικό δεδομένο.

Ακολούθησαν διαδοχικές προσεγγίσεις, αρχικώς με αντικατάσταση του χάρτη προσανατολισμών και ύστερα με επανάληψη της όλης διαδικασίας με χρήση μικρότερων πολυγώνων εκπαίδευσης, ώστε να ελεγχθεί κατά πόσον επηρεάζεται το τελικό αποτέλεσμα από το μέγεθος και πλήθος του δείγματος.

Η αντικατάσταση του χρησιμοποιούμενου χάρτη προσανατολισμών (Χάρτης 15 έναντι Χάρτη 9) έδωσε νέα αποτελέσματα (Πίνακας 9) και τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης 2 παρατίθενται ακολούθως, στον Πίνακα 10.

Πλήθος πολυγώνων: 22	"R Square" με απαλοιφή των πολυγώνων: 14	
23	0.66	
22	0.67	
21	0.64	
20	0.73	
19	0.62	

Πίνακας 12: Αποτελέσματα παλινδρομήσεων με δοκιμές απαλοιφής πολυγώνων (αρχικό δείγμα 23 πολυγώνων)

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 12, η επιλεκτική απαλοιφή πολυγώνων βελτιώνει σημαντικά τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης. Δεν ήταν απαραίτητο να επιτευχθούν τόσο υψηλά επίπεδα επιτυχίας, όσο αυτά που προέκυψαν με απαλοιφή τεσσάρων (4) πολυγώνων, ωστόσο έγινε ο έλεγχος στα πλαίσια της διερεύνησης της "συμπεριφοράς" των δεδομένων. Είναι γενικώς επιθυμητό να χρησιμοποιούνται αποτελέσματα που έχουν προκύψει από μεγάλο δείγμα. Προτιμώνται δηλαδή χαμηλότερα επίπεδα επιτυχίας, προκύπτοντα από μεγάλο δείγμα, έναντι υψηλότερων επιπέδων επιτυχίας, με χρήση μικρότερου δείγματος. Ως καταλληλότερος συνδυασμός μεγέθους δείγματος και αποτελέσματος, επιλέχθηκε αυτός που προέκυψε από δείγμα 22 πολυγώνων (απαλοιφή του πολυγώνου 14, Πίνακας 12). Τα αναλυτικά αποτελέσματα της παλινδρόμησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.

SUMMARY OUTPUT			
Regression Statistics			
Multiple R	0.859192413		
R Square	0.738211602		
Adjusted R Square	0.577111105		
Standard Error	2.997146567		
Observations	22		
ANOVA			
	df	SS	MS
Regression	8	247.2673317	30.90841646
Residual	13	87.66721376	6.745170289
Total	21	334.9345455	

Πίνακας 13: Αποτελέσματα επιλεχθείσας παλινδρόμησης για αρχικό δείγμα 23 πολυγώνων (με χρήση των 22 πολυγώνων)

Πλήθος πολυγώνων: 20	"R Square" με απαλοκφι των πολυγώνων: 14, 16 8
23	0.78
22	0.83
21	0.79
20	0.84

Για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων επαναλήφθηκε ολόκληρη η διαδικασία, με χρήση νέων πολυγώνων εκπαίδευσης (Εικόνα 28).

Στους ακόλουθους πίνακες παρατίθενται οι τιμές των παραμέτρων για τα νέα 26 πολύγωνα εκπαίδευσης (Πίνακας 14), τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσής τους, καθώς και οι διερευνητικές απαλοιφές πολυγώνων εκπαίδευσης με σκοπό τη βελτίωση του αποτελέσματος της παλινδρόμησης.

SUMMARY OUTPUT			
Regression Statistics			
Multiple R	0.685903735		
R Square	0.469915371		
Adjusted R Square	0.220463781		
Standard Error	3.030929647		
Observations	26		
ANOVA			
	df	SS	MS
Regression	8	138.4442977	17.30553721

Πίνακας 14: Αποτέλεσμα παλινδρόμησης (περίπτωση 26 πολυγώνων εκπαίδευσης)

Πλήθος πολυγώνων:25	"R Square" με απαλοιφή των πολυγώνων:7	Πλήθος πολυγώνων:2	
26	0.45	26	
25	0.46	25	
24	0.51	24	
23	0.54	23	
22	0.51	22	
..	

Πίνακας 15: Αποτελέσματα παλινδρομήσεων με δοκιμές απαλοιφής πολυγώνων (αρχικό δείγμα 26 πολυγώνων)

SUMMARY OUTPUT			
Regression Statistics			
Multiple R		0.864478233	
R Square		0.747322616	
Adjusted R Square		0.602935539	
Standard Error		2.173830241	
Observations		23	
ANOVA			
	df	SS	MS
Regression	8	195.6685562	24.4585692

Πίνακας 16: Αποτελέσματα επιλεχθείσας παλινδρόμησης για αρχικό δείγμα 26 πολυγώνων (με χρήση των 23 πολυγώνων)

Τα τελικά αποτελέσματα, με χρήση των 23 από τα 26 αρχικά πολύγωνα εκπαίδευσης, ήταν σαφώς βελτιωμένα " $R\ Square=0.74$ " σε σχέση με τα αρχικά " $R\ Square=0.47$ ".

3.4.2 Ανάπτυξη μοντέλου

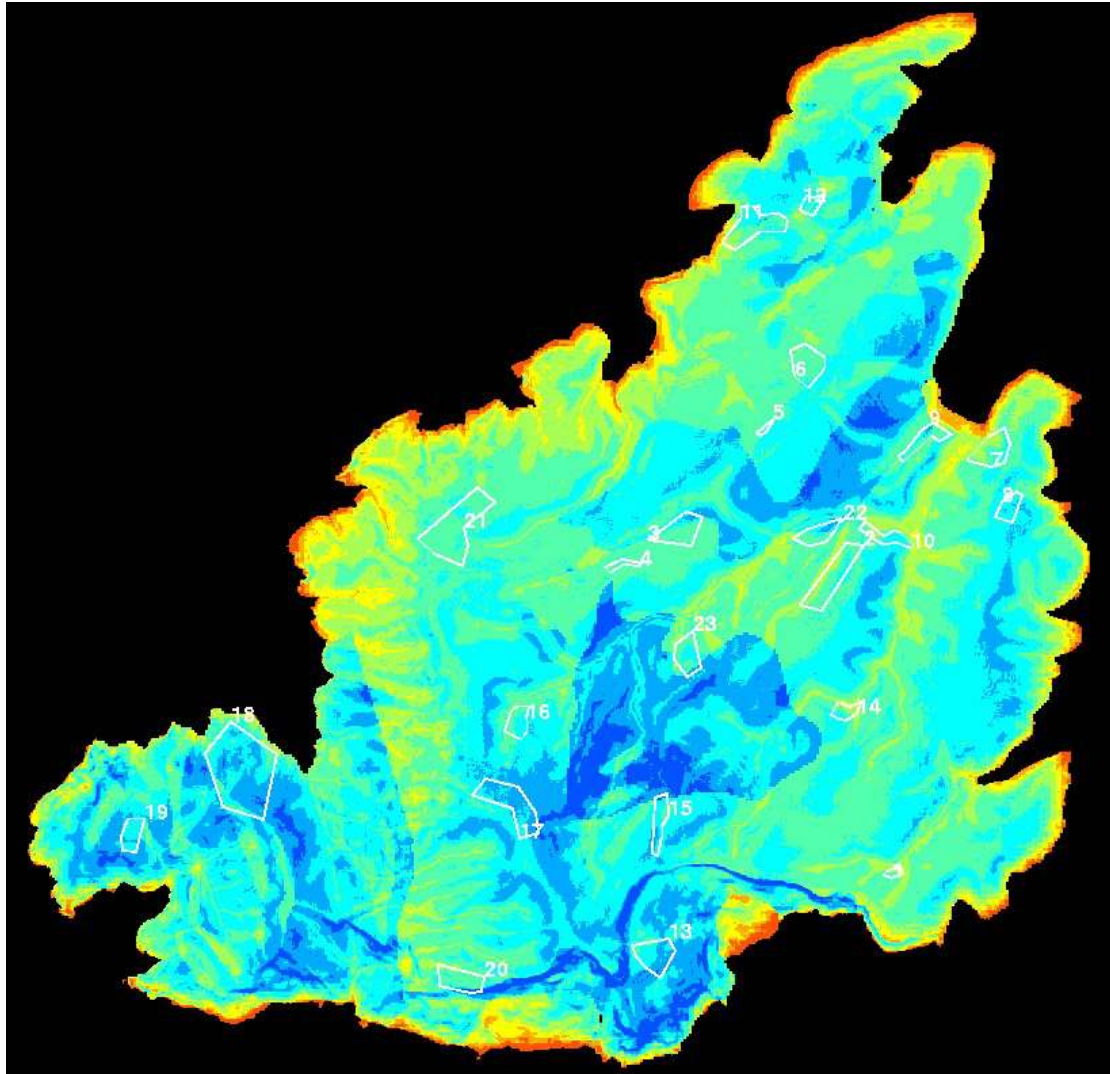
Έχοντας ολοκληρώσει τη στατιστική ανάλυση και καταλήξει στους συντελεστές συμμετοχής των διαφόρων παραμέτρων ακολούθησε η ανάπτυξη του μοντέλου. Με τη βοήθεια του λογισμικού Er-Mapper και χρησιμοποιώντας ως στοιχεία εισόδου τους χάρτες των επιλεγμένων παραμέτρων και τους αντίστοιχους συντελεστές, όπως αυτοί προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων, δημιουργήθηκαν χάρτες βιοποικιλότητας taxa. Για διαφορετικό σετ δεδομένων προέκυψε και διαφοροποιημένος χάρτης.

Περίπτωση 23 πολυγώνων εκπαίδευσης με χρήση 23 πολυγώνων.

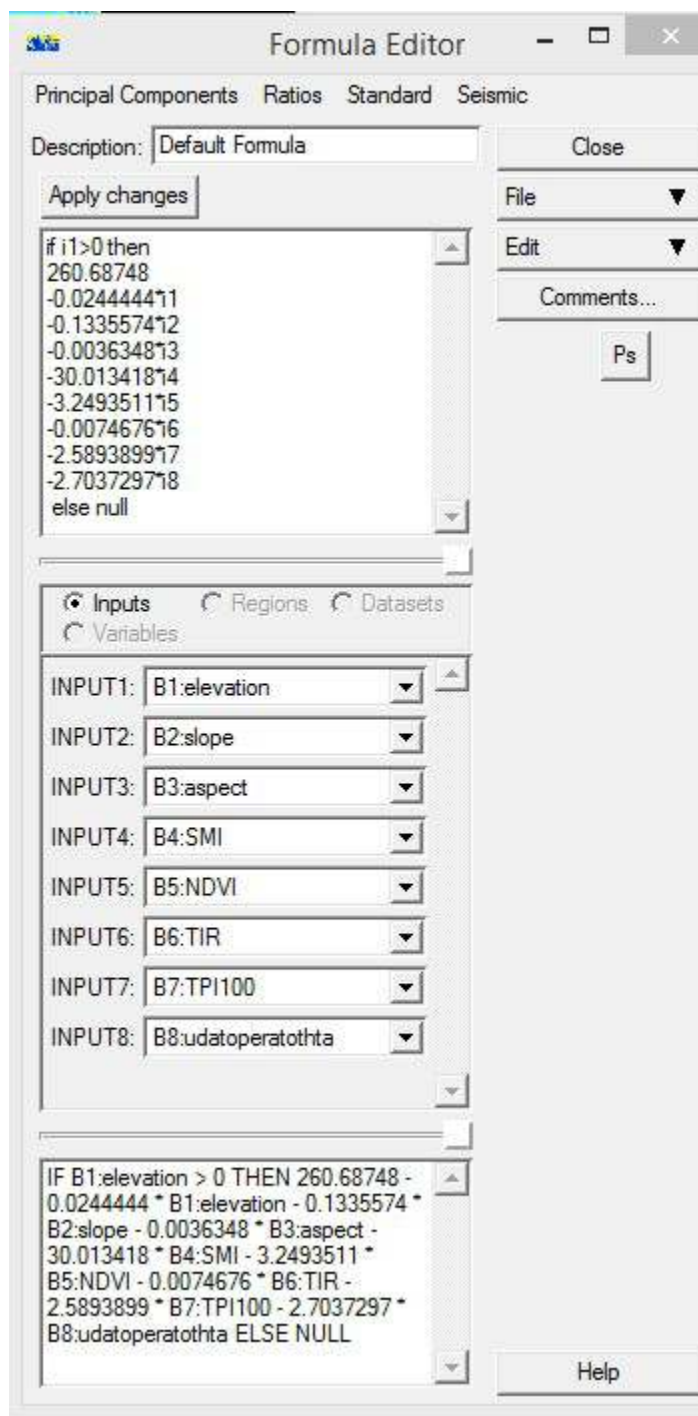
Από το αρχικό σετ δεδομένων (Πίνακας 9) και τους αντίστοιχους συντελεστές (Πίνακας 10) προέκυψε ο (Χάρτης 21) με εφαρμογή κατάλληλης φόρμουλας (Εικόνα 30) με χρήση του λογισμικού Er-Mapper.

Όπως βλέπουμε και στο ιστόγραμμα συχνοτήτων (Εικόνα 31) οι χαμηλές τιμές βιοποικιλότητας αποδίδονται με μπλε χρώμα (ιώδεις αποχρώσεις), ενώ οι υψηλότερες με χρώματα που τείνουν στο κόκκινο (ερυθρές τιμές).

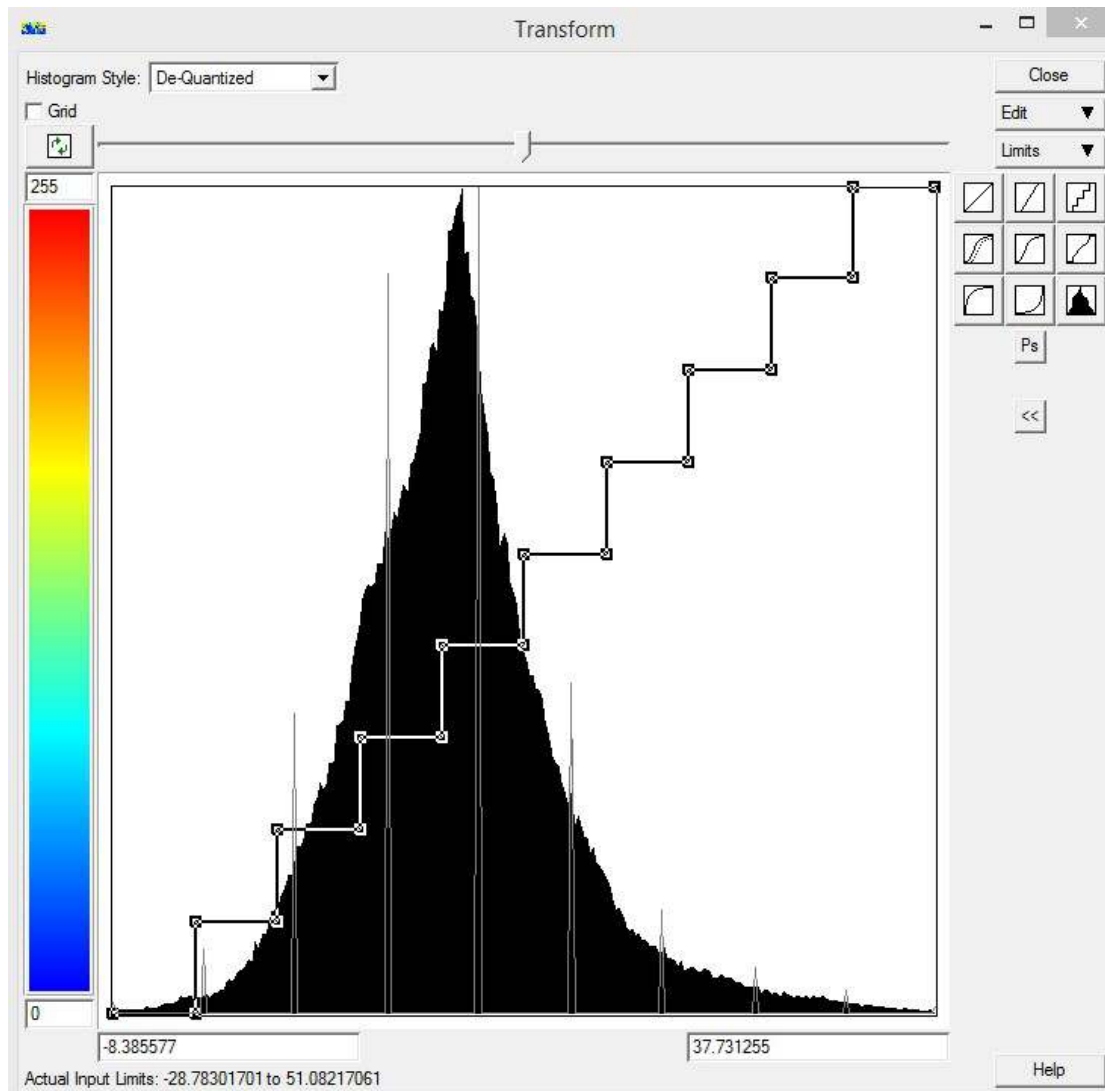
Η επέμβαση στην απεικόνιση των τιμών του ιστογράμματος συχνοτήτων, με εφαρμογή βαθμωτής απόδοσής του, επέτρεψε την ομαδοποίηση τιμών σε 10 διαφορετικά χρώματα (10 σκαλοπάτια).



Χάρτης 21: Βιοποικιλότητα taxa με χρωματική διαβάθμιση (εφαρμογή συντελεστών με χρήση 23 πολυγώνων από αρχικό δείγμα 23 πολυγώνων)



Εικόνα 30: Η Formula του ER-Mapper, με χρήση της οποίας δημιουργήθηκε ο Χάρτης 21

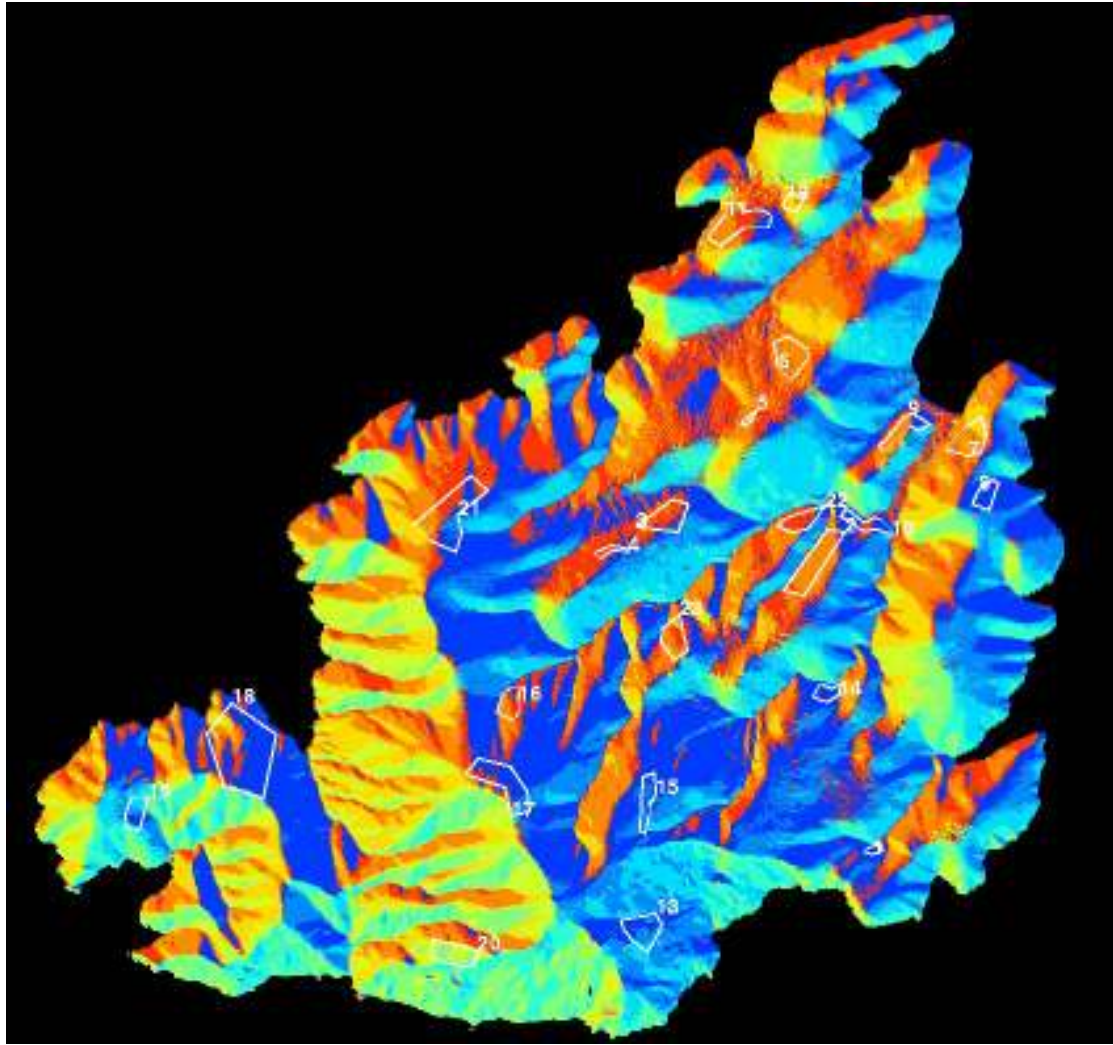


Εικόνα 31: Ιστόγραμμα συχνοτήτων και χρωματική διαβάθμιση

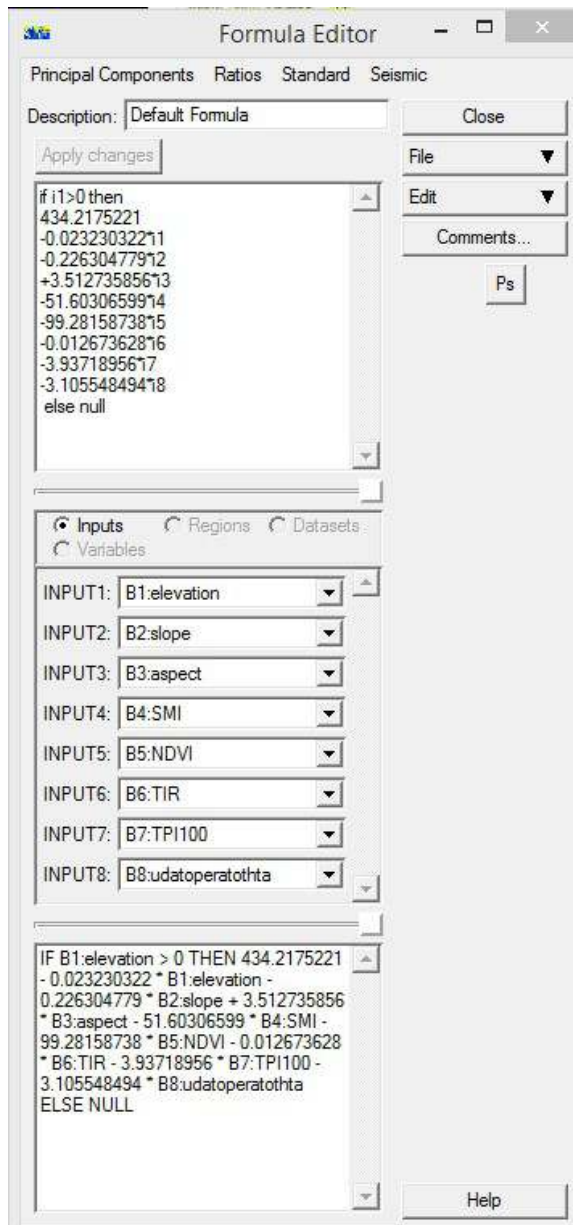
Περίπτωση 23 πολυγώνων εκπαίδευσης με χρήση 22 πολυγώνων.

Για το αντίστοιχο σετ δεδομένων (Πίνακας 11, Πίνακας 12) που προέκυψε από αρχικό δείγμα 23 πολυγώνων και με χρήση των 22 εξ αυτών, προέκυψε ο Χάρτης 22.

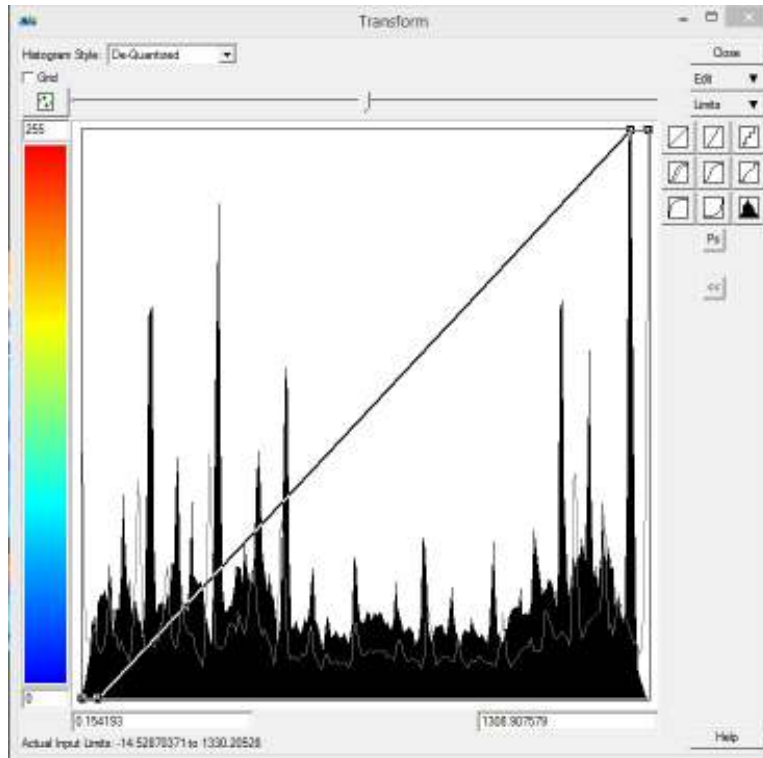
Σε αυτήν την περίπτωση δεν εφαρμόστηκε ομαδοποίηση τιμών απόδοσης (έγινε γραμμική απόδοση του ιστογράμματος συχνοτήτων).



Χάρτης 22: Βιοποικιλότητα taxa με χρωματική διαβάθμιση (εφαρμογή συντελεστών με χρήση 22 πολυγώνων από αρχικό δείγμα 23 πολυγώνων)



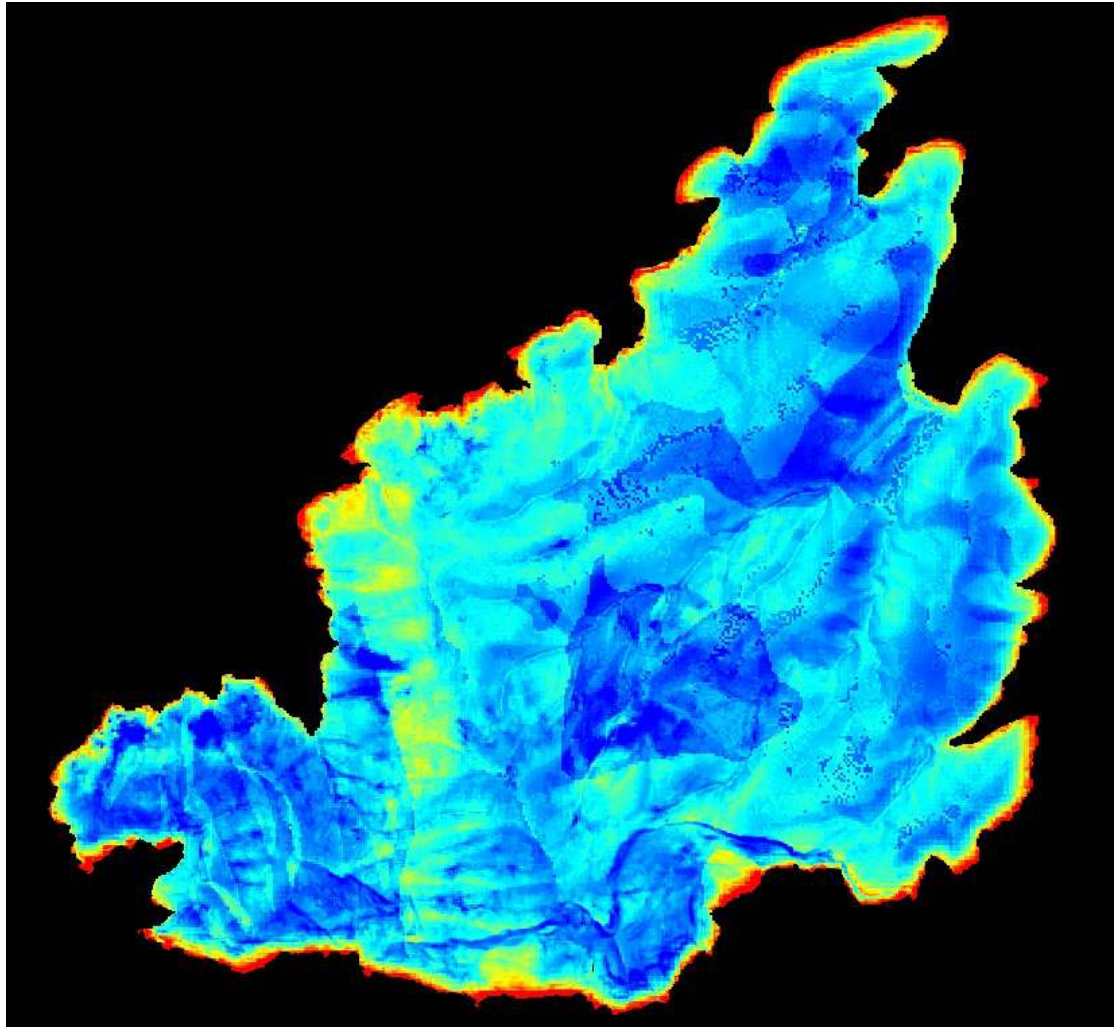
Εικόνα 32: Η Formula του ER-Mapper, με χρήση της οποίας δημιουργήθηκε ο Χάρτης 22



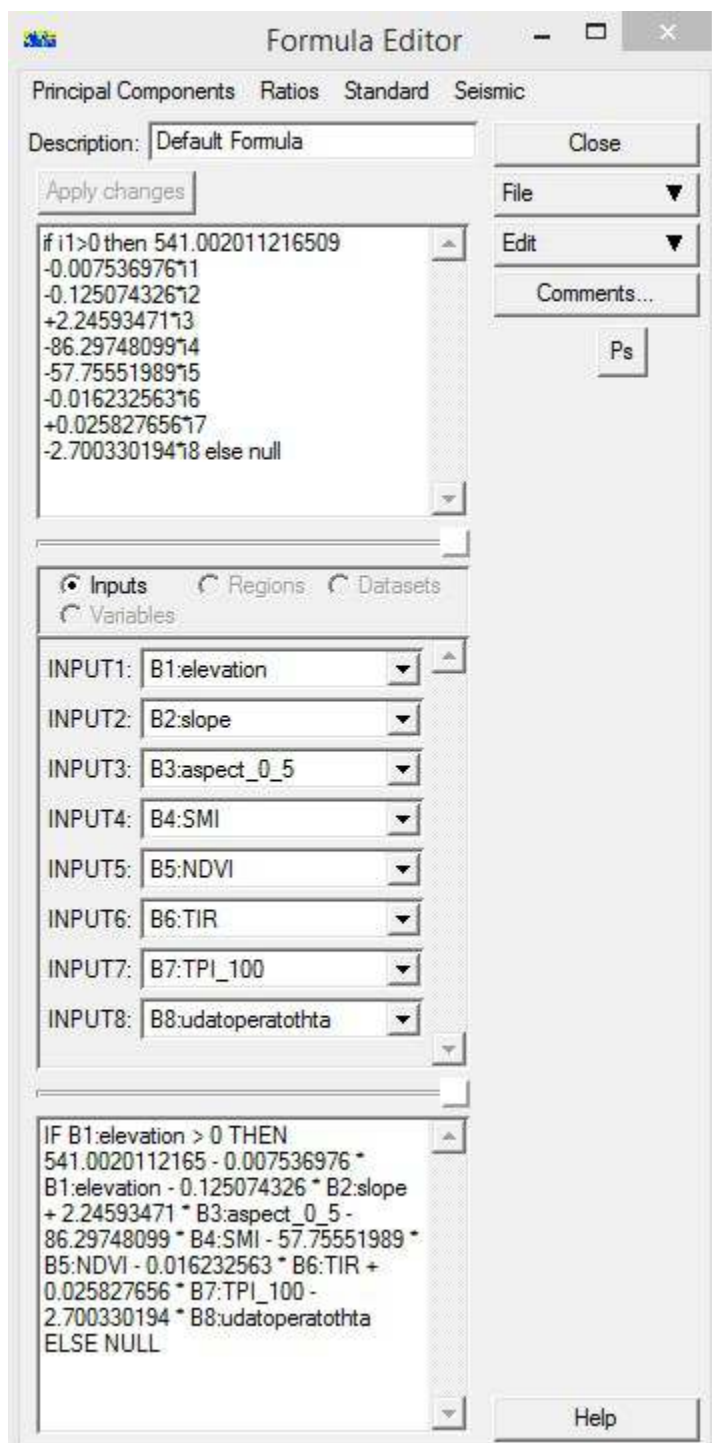
Εικόνα 33: Ιστόγραμμα συχνοτήτων και χρωματική διαβάθμιση

Περίπτωση 26 πολυγώνων εκπαίδευσης με χρήση 23 πολυγώνων.

Η τελική διερευνητική προσπάθεια με το αντίστοιχο σετ δεδομένων (Πίνακας 13, Πίνακας 14) απέδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα (Χάρτης 23)



Χάρτης 23: Βιοποικιλότητα taxa με χρωματική διαβάθμιση (εφαρμογή συντελεστών με χρήση 23 πολυγώνων από αρχικό δείγμα 26 πολυγώνων)

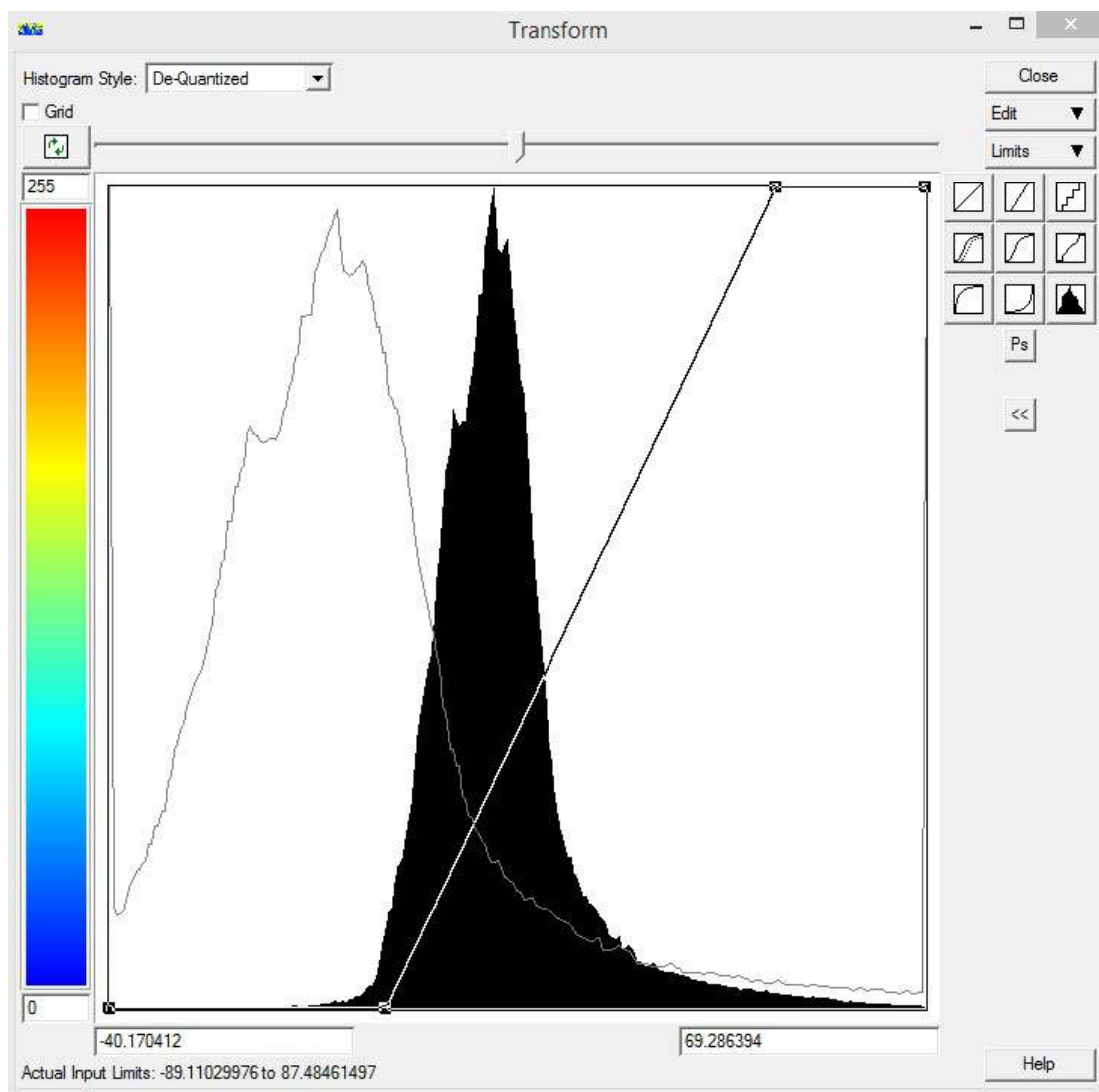


Εικόνα 34: Η Formula του ER-Mapper, με χρήση της οποίας δημιουργήθηκε ο Χάρτης 23

4 Αποτελέσματα

Παράγωγο της παραπάνω διαδικασίας ήταν ένας χάρτης συνεχούς χρωματικής διαβάθμισης που απέδωσε την εκτιμώμενη βιοποικιλότητα taxa ανά περίπτωση προσέγγισης (χάρτες 21, 22, 23).

Μέγιστη τιμή της βιοποικιλότητας των υπό μελέτη ορχιδεών που είναι δυνατό να



Εικόνα 35: Ιστόγραμμα συχνοτήτων και χρωματική διαβάθμιση

παρατηρηθεί σύμφωνα με τα δεδομένα αρχείου, είναι το είκοσι (20), επομένως η απόδοση διαφορετικού χρώματος για τιμές βιοποικιλότητας, αύξουσα ανά τρεις (3) μονάδες οδήγησαν στους ακόλουθους χάρτες.

4.1 Συζήτηση

Η διερεύνηση της δυνατότητας μοντελοποίησης έδωσε σημαντικά αποτελέσματα με τη μορφή χαρτών. Ο στόχος της ανάπτυξης κατάλληλης μεθοδολογίας για συλλογή, διαχείριση και επεξεργασία δεδομένων επετεύχθη σε σημαντικό βαθμό, καθώς το μοντέλο φαίνεται να περιγράφει ικανοποιητικά τα έως τώρα εμπειρικά δεδομένα που αφορούν στο πρόβλημα.

Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά. Έγινε σημαντική πρόοδος και τεκμηρίωση στην προσπάθεια να αναδειχθούν οι παράμετροι εκείνες που καθιστούν ευνοϊκή μια

περιοχή για την ανάπτυξη ενός πληθυσμού ορχιδεών του γένους *Ophrys*, ωστόσο ακόμη δεν τεκμηριώθηκε επαρκώς η απαιτούμενη ακρίβεια των δεδομένων από την επεξεργασία των οποίων προέκυψαν τα τελικά αποτελέσματα.

4.2 Προοπτικές

Το μοντέλο, όπως εξηγήθηκε και παραπάνω, βρίσκεται σε αρχικό στάδιο και είναι λογικό να επιδέχεται βελτίωσης. Ενδεικτικές εναλλακτικές προσεγγίσεις, που πιθανώς θα οδηγούσαν σε βελτιωμένα αποτελέσματα, θα μπορούσαν να είναι:

η χρήση πρόσθετων παραμέτρων, όπως το βάθος εδάφους, η μέση βιομάζα (έναντι της στιγμιαίας, όπως αυτή αποτυπώνεται στο στιγμιότυπο λήψης μιας δορυφορικής εικόνας), η βιοποικιλότητα χλωρίδας γενικά ή η συσχέτιση με την παρουσία/απουσία κάποιου συγκεκριμένου είδους ή άλλα δεδομένα πιο ποιοτικά, όπως το **επίπεδο βόσκησης** μιας περιοχής

η απαλοιφή κάποιων από τις παραμέτρους, εφόσον διαπιστωθεί ότι αποδυναμώνει την απόδοση του μοντέλου (σε περίπτωση που πρόσθετες παράμετροι χρησιμοποιηθούν, γιατί στο υπάρχον μοντέλο κάτι τέτοιο έχει ήδη ελεγχθεί ότι δεν ισχύει)

η στατιστική ανάλυση των δεδομένων ως προς διαφορετική παράμετρο πέραν της βιοποικιλότητας, εφόσον τα διαθέσιμα δεδομένα ευνοούν μια τέτοια προσέγγιση (ιδανική θα ήταν η δημιουργία **χαρτών πυκνότητας ορχιδεών** ανά μονάδα εμβαδού)

ο ορισμός συντελεστών βαρύτητας σε νέες παραμέτρους, όπως η **σπανιότητα** κάθε είδους που συναντάται σε περιοχή εκπαίδευσης, το **πλήθος taxa**, ο **αριθμός φυτών** ίδιου taxon, το **ύψος** των φυτών (που μαρτυρά τη δύναμη ενός φυτού, άρα και το πόσο ευνοϊκές είναι οι τοπικές συνθήκες κτλ)

Τα παραπάνω αφορούν σε εναλλακτική προσέγγιση με σκοπό τη δημιουργία νέου, εναλλακτικού μοντέλου. Εξίσου όμως σημαντικό όμως είναι και να αξιοποιηθεί καλύτερα το υπάρχον μοντέλο με κάποιες ουσιαστικές προτάσεις, όπως:

η επιλογή, τυχαίων ή μη, μόνιμων περιοχών εκπαίδευσης όπου επί σειρά ετών (π.χ 10 συνεχή έτη) θα γίνεται συλλογή όλων των αντίστοιχων δεδομένων και εφαρμογή του υπάρχοντος μοντέλου με τα νέα αυτά δεδομένα. Η εφαρμογή μιας τέτοιας προσέγγισης θα μπορούσε να αναδείξει τη σχέση κλιματικών συνθηκών με τη διαμόρφωση ευνοϊκών συνθηκών για την ανάπτυξη ορχιδεών.

Σημειώνεται ότι για καλύτερα αποτελέσματα, διαχείριση και ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι απαραίτητη η διεπιστημονική συνεργασία ανάμεσα στον χειριστή του μοντέλου και σχετικό με το αντικείμενο επιστήμονα (π.χ δασολόγο ή ειδικό βοτανικό).

Σημασία ανάπτυξης μοντέλου

Είναι σημαντικό να τεκμηριωθεί η ανάγκη-χρησιμότητα της ύπαρξης ενός τέτοιου μοντέλου.

Έρευνα ορχιδεών με εφαρμογή του μοντέλου

Όσον αφορά στη στοχευμένη μελέτη των ορχιδεών του γένους *Ophrys*, η σπουδαιότητα του μοντέλου έγκειται στο γεγονός ότι μπορεί να αποτελέσει ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο στη διάθεση των ερευνητών. Παρά τις όποιες αστοχίες του, ο χαρακτηρισμός μιας περιοχής ως πιθανός βιότοπος με μεγάλη

βιοποικιλότητα είναι μια πολύ σημαντική ένδειξη της παρουσίας ορχιδεών και κατ' επέκταση χρήζει επιτόπιας έρευνας από ειδικούς ή και ερασιτέχνες ερευνητές.

Το μοντέλο αναπτύχθηκε σύμφωνα με τα δεδομένα εκπαίδευσης που συλλέχθηκαν στην Ηρακλεία. Ωστόσο έχει καθολική εφαρμογή για περιοχές στις οποίες έχει γίνει συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων (χάρτες - παράμετροι), επομένως είναι δυνατή η αξιολόγηση κάθε τέτοιας περιοχής. Στο πλαίσιο λοιπόν μιας εκτεταμένης έρευνας μπορούν να εντοπιστούν σημαντικές περιοχές ανά την Ελλάδα με άγνωστους μέχρι τώρα πληθυσμούς.

Τονίζεται ότι δεν είναι όλα τα υπό μελέτη είδη απειλούμενα ή ιδιαίτερης σημασίας, ωστόσο όσο μεγαλύτερη βιοποικιλότητα παρατηρείται, τόσο πιο πιθανό είναι ανάμεσά τους να βρίσκονται και σπάνια ή απειλούμενα είδη.

Εναλλακτικές χρήσεις του μοντέλου

Σημειώνεται ότι οι ορχιδέες αποτελούν μια ιδιαίτερη κατηγορία χλωρίδας με ευρεία παρουσία στην Ελλάδα. Αφορά σε εκατοντάδες διαφορετικά είδη και μικρό μόνο μέρος αυτών ανιχνεύεται από το μοντέλο που δημιουργήθηκε. Η μεγαλύτερη επιστημονική συνεισφορά ωστόσο δεν αποτελεί το μοντέλο καθ' αυτό, όσο η μεθοδολογία ανάπτυξής του.

Η μεθοδολογία, κατά την οποία αναπτύχθηκε το εν λόγω μοντέλο εντοπισμού μπορεί δυνητικά να ακολουθηθεί για την ανάπτυξη αντίστοιχων μοντέλων ευρέως επιστημονικού πεδίου. Τέτοια παραδείγματα εναλλακτικής προσέγγισης μπορεί να είναι η ανίχνευση και αξιολόγηση περιοχών/βιοτόπων ενός τυχαίου είδους φυτού ή ζώου αλλά και πιο ποικίλων πεδίων, όπως η συσχέτιση μιας περιοχής με κάποιο γενετικό χαρακτηριστικό οποιουδήποτε είδους. Μοναδικό προαπαιτούμενο είναι η καλή γνώση των παραμέτρων που επηρεάζουν το υπό μελέτη φαινόμενο και φυσικά η πρόσβαση σε κατάλληλης κλίμακας χάρτες και δεδομένα.

Εναλλακτική μεθοδολογία δημιουργίας μοντέλου

Εναλλακτική προσέγγιση αποτελεί η ανάπτυξη έμπειρων συστημάτων ή Τεχνικών Νευρωνικών δικτύων, ως προϊόν μίας πιο εκτεταμένης εργασίας, που ξεπερνά το χρονικό πλαίσιο μιας διπλωματικής εργασίας προπτυχιακού επιπέδου

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Αργιαλάς Δ. (1998), "Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση",
Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Αργιαλάς Δ. (2000). "Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση",
Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Asis A. M., Omasa Kenji (2007). "**Estimation of Vegetation parameter for modeling soil erosion using linear Spectral Mixture Analysis of Landsat ETM data**", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 62, pp: 309-324.

Avery T.E., Berlin G.L. (1992). "**Fundamentals of remote sensing and airphoto interpretation**", 2nd ed., Macmillan, New York.

Boer et al. (2008). "**Remote sensing of forest canopies to quantify burn severity**". Cambell J.B. (1987). "**Introduction to Remote Sensing**", Guildford Press, New York.

Chen X., Zhu Z., Ohlen D., Huang C., Shi H. (2008). "**Use of multiple spectral indices to estimate burn severity in the Black Hills of South Dakota, Pecora – The Future of Land Imaging**", Going Operational November 18-20.

Colwell R.N. (ed) (1983). "**Manual of Remote Sensing**", 2nd. ed., American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia.

Cracknell A.P. and Hayes L.W.B. (1991). "**Introduction to Remote Sensing**", Taylor and Francis, London.

Cressie N. (1993). "**Statistics for Spatial Data**",
J.Wiley & Sons.

Curran P.J. (1985). "**Principles of Remote Sensing**",
Longman, Harlow.

Deller Andrews M.E. (2006). **“Facies discriminations in laterites using Landsat Thematic Mapper, Aster and Ali data – examples from Eritrea and Arabia”**, *International Journal of Remote Sensing*, Vol 27, No. 12, pp: 2389 – 2409.

Drury S.A. (1990), **“A Guide to Remote Sensing: Interpreting Images of the Earth”**, Oxford University Press, Oxford.

Gad S., Kusky T. (2006), **“Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya area, using Landsat thematic mapper TM”**, *Journal of African Earth Sciences* 44, pp: 196-202.

Ghulam A., LI 2-L, Qin Q., Yimit H., Wang J., (2008), **“Estimating Crop Water Stress with ETM+NIR and SWIR data”**, *Agricultural and Forest, Forest Metereology* 148, pp: 1679-1695. Gonzales R.F. and Wintz P. (1977). **“Digital Image Processing”**, Addison-Wesley.

Hagolle O., Huc M., Pascual D., Dedieu G. (2010). **“A multi-temporal method for cloud detection, applied to FORMOSAT-2, VEN μ S, Landsat and Sentinel-2 images”**, *Remote Sensing of Environment* 114, pp: 1747-1755.

Harris R. (1987). **“Satellite Remote Sensing: an Introduction”**, Routledge and Kegan Paul, New York.

Jensen J.R. (2005). **“Introductory Digital Image Processing”**, 3rd Edition, Prentice-Hall, New Jersey.

Kariuki P.C., Woldai T., Van der Meer F. (2004). **“Role of Remote Sensing in Mapping Swelling Soils”**, *Asian Journal of Geinformatics*, Vols, No 1.

Kloiber M. S., et al. (2002). **“A procedure for regional lake water clarity assessment using Landsat multispectral data”**, *Remote Sensing of Environment* 82, pp: 38-47.

Lillesand T.M. and Kiefer R.W. (1994). **“Remote Sensing and Image Interpretation”**, 3rd ed., Wiley, New York.

Lombardo V., Buongiorno M.F., Pieri D., Merucci L. (2004). **“Differences in Landsat TM derived from thermal structures during summit and flank eruption at Mount Etna”**, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 134, pp: 15-34.

Massom, R.A. (1991). **“Satellite Remote Sensing of Polar Regions”**, Belhaven Press, London.

Mather, P.M. (1987). **“Computer Processing of Remotely Sensed Data”**, Wiley, Chichester.

Miller J.D., Thode A.E. (2007). **“Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR)”**, *Remote Sensing and Environment*, 109, pp: 66-80.

Ρόκος Δ. (2005). "Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση", Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Richards J.A. (1986). **“Remote Sensing Digital Image Analysis”**, Springer Verlag.

Shosany M., Sarah P., Jarmer T., Hill J., Lavec H. (2000). **“Field and satellite radiometry of soil erodibility along the climatic gradient of the Judean Desert, Israel”**, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol XXXIII, Part B7, Amsterdam 2000*.

Trinh M.V., Duong N.D., Keulen H.V. (2004). **“Using Landsat images for studying Landuse dynamics and soil degradation. Case study in Tamduong district, Vinphuc province, Vietnam”**, *International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Garth and Allied Sciences*.

Wagtendonk J.W., Root R., Key H. (2004). **“Comparison of AVIRIS and Landsat ETM detection capabilities for burn severity”**, *Remote Sensing of Environment* 92, pp: 397-408.

Zuidam R.A. van (1985). **“Aerial Photo Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphology”**, ITC, The Hague.