

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
*Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος*

## Μεταπτυχιακή Διατριβή



Αξιολόγηση της Επίδρασης της Ποιότητας του  
Ενδιαιτήματος και της Δομής του Τοπίου στην  
Ποικιλότητα της Πτηνοπανίδας στην Κύπρο

Άννα Πίτζιη

Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Ιωάννης Βογιατζάκης

Μάιος 2017

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών**

*Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος*

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Αξιολόγηση της Επίδρασης της Ποιότητας του  
Ενδιαιτήματος και της Δομής του Τοπίου στην Ποικιλότητα  
της Πτηνοπανίδας στην Κύπρο**

**Άννα Πίτζη**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Ιωάννης Βογιατζάκης**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Μάιος 2017**

Το ἔνιν ἀντάν νὰ τρώει τὴν γῆν, τρώει τὴν γῆν θαρκέται,  
Μα πάντα τζιέινον τρώεται τζιαι τζιέινον καταλυέται

(Βασίλης Μιχαλίδης – Ἡ Ἐνάτη Ἰουλίου 1821)

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η διερεύνηση της σχέσης της ποικιλότητας των ειδών πτηνοπανίδας με την ποιότητα του ενδιαιτήματος και τη δομή του τοπίου στην Κύπρο. Με βάση τα δεδομένα του προγράμματος Άτλας για καταμέτρηση των φωλεάζωντων πουλιών στην Κύπρο, προσδιορίστηκε η ποικιλότητα των ειδών πτηνοπανίδας σε κάθε 10 Km x10 Km τετράγωνο και επεξεργάστηκε με τον μετασχηματισμό Hellinger. Η ποιότητα των ενδιαιτημάτων υπολογίστηκε με τη βοήθεια ομάδας ειδικών επί του θέματος, οι οποίοι κλήθηκαν να αξιολογήσουν κάθε χρήση γης ως προς την ικανότητά της να συντηρεί αριθμό ειδών. Η βαθμολογία των εμπειρογνομόνων για την κάθε κατηγορία χρήσης γης, πολλαπλασιασμένη με το ποσοστό της έκτασης που κατέχει στην κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια, δίνει τον Δείκτη Ποιότητας Ενδιαιτήματος. Η δομή του τοπίου περιγράφηκε τόσο από μετρικές σύνθεσης όσο και από μετρικές διάρθρωσης, ενώ μία τρίτη κατηγορία μετρικών υπολογίστηκε από τις συντεταγμένες των κεντροειδών των τετραγώνων, με σκοπό να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της χωρικής αυτοσυσχέτισης, σύνηθες σε οικολογικά δεδομένα και να διαφανεί η ύπαρξη χωρικών προτύπων που διέπουν τόσο τη μεταβλητή απόκρισης όσο και τις επεξηγηματικές μεταβλητές.

Για τον προσδιορισμό της σημαντικότητας κάθε ομάδας μεταβλητών, χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση πλεονασμού (RDA), ακολουθούμενη από ανάλυση διαμερισμού της διακύμανσης, για περαιτέρω διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των τριών ομάδων ανεξάρτητων μεταβλητών. Στη συνέχεια διενεργήθηκε η ανάλυση της ιεραρχικής ταξινόμησης για να διαπιστωθεί η κοινή και ανεξάρτητη επίδραση κάθε μεταβλητής στην ποικιλότητα των ειδών πτηνοπανίδας.

Τα αποτελέσματα της μεταπτυχιακής διατριβής καταδεικνύουν τη σημαντικότητα που διαδραματίζει η ποιότητα των ενδιαιτημάτων για την ποικιλότητα των ειδών πτηνοπανίδας ενώ παράλληλα υπογραμμίζει και την επίδραση της σύνθεσης του τοπίου έναντι των δεικτών διάρθρωσης και ποσοτικοποιούνται τα χωρικά πρότυπα που διέπουν τόσο την κατανομή των ειδών όσο και των επεξηγηματικών μεταβλητών. Συμπέρασμα της διατριβής, το οποίο προσφέρει στη διαχείριση των οικοσυστημάτων, αποτελεί η απόδειξη ότι η ύπαρξη ευνοϊκών ενδιαιτημάτων σε επαρκή ποσότητα σε ένα τοπίο είναι σημαντικά στοιχεία για διατήρηση της βιοποικιλότητας ενώ, όπου αυτό δεν είναι εφικτό, η διάρθρωση έρχεται να βοηθήσει στη απόβλυνση των δυσμενών επιπτώσεων.

## Summary

The purpose of this postgraduate dissertation is to investigate the relationship between the diversity of bird species and the quality of the habitat and landscape structure in Cyprus. Based on the Atlas data for counting nesting birds in Cyprus, the diversity of bird species was determined at each 10 Km x 10 Km square and was processed by the Hellinger transformation. Habitat quality was calculated with the help of a team of experts on the subject, who were asked to evaluate each land use in terms of its ability to maintain a number of species. The expert rating for each land use category, multiplied by the percentage of area it occupies on each sampling surface, gives the habitat Quality Index. Landscape structure was described by both composition and configuration metrics, while a third group of metrics was calculated from the coordinates of the centroids of each square in order to address the problem of spatial autocorrelation, which is usual in ecological data, and to reveal the existence of the spatial patterns which govern both the response and the explanatory variables.

In order to determine the significance of each group of variables, redundancy analysis (RDA) was employed, followed by variance partitioning, to further investigate the relationship between the three groups of independent variables. Hierarchical partitioning analysis was then carried out to ascertain the joint and independent effect of each variable on bird assemblages' variation.

The results of this postgraduate dissertation demonstrate the importance of habitat quality for bird species diversity while highlighting the impact of landscape composition against landscape configuration metrics and spatial patterns governing both species distribution and the explanatory variables are quantified. Conclusions of this dissertation regarding ecosystem management is evidence that the existence of favorable habitat in sufficient quantity in a landscape is important for preserving biodiversity and, in cases this is not feasible, the structure of landscape elements can help mitigate the adverse effects.

**Λέξεις κλειδιά:** Οικολογία Τοπίου, Διαμερισμός της Διακύμανσης (Variation Partitioning), Ιεραρχική Ταξινόμηση (Hierarchical Partitioning), Ανάλυση Πλεονασμού (Redundancy Analysis), πτηνοπανίδα.

## Ευχαριστίες

Ξεκινώντας τη μελέτη για την εκπόνηση της διατριβής φαντάζουν ατελείωτες οι πληροφορίες και οι γνώσεις διαθέσιμες στη βιβλιογραφία, τόσα πολλά προς αφομοίωση και κατανόηση, νέα ερωτήματα γεννιούνται συνεχώς, νέα πεδία έρευνας, ανατροπή αντιλήψεων και αποτελεσμάτων. Στην αρχή φαντάζουν βουνό, από πού να ξεκινήσει κανείς, τι να περιλάβει? Στη συνέχεια, και με τα πρώτα αποτελέσματα να κάνουν την εμφάνισή τους, ξεκινάει ο αναβρασμός, η ικανοποίηση και επιθυμία για αντιπαράβολή με αυτά άλλων μελετητών. Αυτή είναι η πορεία της συγγραφής, γεμάτη αγωνία, κόπο, ικανοποίηση... Και με το τέλος της, μία γλυκιά ανάμνηση και πολλές εμπειρίες και γνώσεις, έτοιμες να διαχυθούν στην κοινωνία.

Για όλη αυτή την υπέροχη διαδρομή ευχαριστώ θερμότατα και από καρδιάς τον επιβλέπων καθηγητή Δρ. Ιωάννη Βογιατζάκη, για την υπομονή, επιμονή, πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια, χωρίς τα οποία δεν θα γίνετο δυνατή η υλοποίηση αυτής της έρευνας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στην ομάδα των εμπειρογνομόνων οι οποίοι με προθυμία ανταποκρίθηκαν στην αξιολόγηση των χρήσεων γης ως προς την ικανότητά τους να στηρίζουν αφθονία ειδών πτηνοπανίδας, παρά το περιορισμένο χρονοδιάγραμμα που τους είχε τεθεί. Χωρίς τη συμβολή τους δεν θα μπορούσε η μεταπτυχιακή διατριβή να καταλήξει σε αποτελέσματα.

Τα δεδομένα για την αφθονία των ειδών ανά τετράγωνο καταγραφής έχουν παραχωρηθεί από τον Πτηνολογικό Σύνδεσμο Κύπρου, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω και με την ευκαιρία να τον επαινέσω για το έργο που επιτελεί για την προστασία των πουλιών και των ενδιαιτημάτων τους στην Κύπρο. Εδώ οφείλω να αναφερθώ και στο δίκτυο εθελοντών οι οποίοι ακούραστα εργάζονται για τις καταγραφές στο πεδίο.

Την ιδιαίτερη μου ευγνωμοσύνη εκφράζω προς τις δύο μου αδερφές Χριστιάνα και Αντωνία και την αδερφική μου φίλη Γιάννα για την πρακτική και ηθική συμπαράσταση που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου.

# Περιεχόμενα

<b>1. Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
1.1 Καταγραφή Προβλήματος.....	1
1.2 Σκοπός Διατριβής και Χρησιμότητα .....	3
1.3 Ορισμοί και έννοιες.....	4
<b>2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....</b>	<b>6</b>
2.1 Οικολογία Τοπίου.....	6
2.1.1 Δείκτες Τοπίου .....	10
2.1.2 Χρήσεις Γης και Δομή Τοπίου .....	15
2.2 Βιοποικιλότητα, Χρήσεις Γης και Δομή Τοπίου .....	18
2.2.1 Πτηνοπανίδα.....	24
2.2.2 Πτηνοπανίδα, Χρήσεις Γης και Δομή Τοπίου .....	26
2.3 Μέτρηση της Ποιότητας των Ενδιαιτημάτων .....	29
2.4 Στατιστικές Μέθοδοι σε Οικολογικά Δεδομένα.....	31
<b>3. Μεθοδολογία.....</b>	<b>37</b>
3.1 Ερευνητικά Ερωτήματα.....	37
3.2 Περιοχή Μελέτης .....	38
3.3 Στοιχεία Ποικιλότητας Ειδών Πτηνοπανίδας.....	39
3.4 Υπολογισμός Ποιότητας Ενδιαιτήματος .....	42
3.5 Υπολογισμός Δομής Τοπίου.....	44
3.6 Στατιστική Ανάλυση.....	49
3.6.1 Ανάλυση Διαμερισμού της Διακύμανσης .....	51
3.6.2 Ανάλυση Πλεονασμού .....	54
3.6.3 Ανάλυση Ιεραρχικής Ταξινόμησης .....	54
<b>4. Αποτελέσματα .....</b>	<b>56</b>
4.1 Ποικιλότητα Ειδών Πτηνοπανίδας.....	56
4.2 Ποιότητα Ενδιαιτήματος .....	57
4.3 Δομή Τοπίου.....	59
4.4 Στατιστική Ανάλυση.....	65
4.4.1 Ανάλυση Διαμερισμού της Διακύμανσης .....	65
4.4.2 Ανάλυση Πλεονασμού .....	68
4.4.3 Ιεραρχική Ταξινόμηση .....	70

<b>5. Συζήτηση - Συμπεράσματα.....</b>	<b>72</b>
5.1 Δομή τοπίου.....	73
5.2 Διαμερισμός της Διακύμανσης και Ανάλυση Πλεονασμού .....	75
5.3 Περιορισμοί μεθόδου και Εισηγήσεις .....	77
5.4 Συμπεράσματα για Διαχείριση Οικοσυστημάτων .....	84
<b>Παραρτήματα .....</b>	<b>87</b>
Παράρτημα Α: Κατηγορίες χρήσεων γης, Βαθμολογίες χρήσεων γης και Ποιότητα Ενδιατημάτων.....	87
Πίνακας Α1: Κατηγορίες χρήσεων/καλύψεων γης βάσει του χάρτη CORINE στα τρία ιεραρχικά επίπεδα.....	87
Πίνακας Α2: Συγκεντρωτικά περιγραφικά στατιστικά της βαθμολογίας που έλαβε κάθε χρήση γης από τους ειδικούς.....	90
Πίνακας Α3: Τιμή του Δείκτη Ποιότητας κάθε τετραγώνου. ....	91
Παράρτημα Β: Είδη πουλιών της περιοχής μελέτης .....	92
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>94</b>



# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Καταγραφή Προβλήματος

Η διατήρηση της βιοποικιλότητας των ειδών είναι πρωταρχικής σημασίας στη διεθνή και παγκόσμια σκηνή με κύριο εκφραστή της τη σύμβαση για τη βιολογική ποικιλότητα, που υπεγράφη στην παγκόσμια διάσκεψη κορυφής που έλαβε χώρα στο Ρίο το 1992. Η σύμβαση επικυρώθηκε από 193 χώρες, μεταξύ των οποίων η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Κύπρος. Κύριος σκοπός της συνθήκης είναι η διατήρηση της βιολογικής ποικιλομορφίας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει μεταφέρει τις υποχρεώσεις που προκύπτουν από τη σύμβαση στις Οδηγίες της. Με την παλαιότερη περιβαλλοντική νομοθεσία της ΕΕ, 79/409/ΕΟΚ Οδηγία περί της διατήρησης των άγριων πτηνών, και την τροποποίησή της το 2009 με την Οδηγία 2009/147/ΕΕ, σε συνδυασμό με την Οδηγία για τη διατήρηση των φυσικών Οικοτόπων 92/43/ΕΟΚ, προσπαθεί να περιορίσει τις αρνητικές επιπτώσεις στα πουλιά και να προστατεύσει τους οικοτόπους τους. Θέτοντας ακόμα πιο ψηλά τον πήχη, η ΕΕ υιοθετεί ένα στρατηγικό σχέδιο με ορίζοντα το 2020, με γενικό στόχο την ανάσχεση της απώλειας βιοποικιλότητας. Το στρατηγικό σχέδιο αποτελεί και υποχρέωση που απορρέει από τη δέσμευση που ανέλαβαν οι χώρες-μέρη της σύμβασης για τη βιολογική ποικιλότητα, κατά τη 10<sup>η</sup> διάσκεψη που πραγματοποιήθηκε το 2010 στη Ναγκόγια της Ιαπωνίας.

Καθώς σήμερα παρατηρείται μία νέα εποχή εξαφάνισης των ειδών από τον πλανήτη μας, οφειλόμενη αποκλειστικά στην ανθρώπινη δραστηριότητα (Lustig, et al., 2015), καθίσταται αναγκαία και επιτακτική η μελέτη της αλληλεπίδρασης των ειδών με το περιβάλλον τους, ώστε να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προστασίας από τους διαχειριστές. Η κυριότερη αιτία για τη μείωση της βιοποικιλότητας στη σύγχρονη εποχή είναι η καταστροφή των βιοτόπων των ειδών (Walz and Syrbe, 2013). Η καταστροφή ή υποβάθμιση των βιοτόπων συνίσταται στην παντελή εξαφάνιση τους, στον κατακερματισμό τους και στην ποιοτική υποβάθμιση τους. Οι

ανθρωπογενείς δραστηριότητες με τις αλλαγές στις χρήσεις γης, την αστική εξάπλωση, το εκτεταμένο οδικό δίκτυο, την εντατικοποίηση της γεωργίας (Haines-Young, 2009) έχουν μειώσει, κατακερματίσει και υποβαθμίσει τους βιοτόπους διαβίωσης των πουλιών (Gregory, et al., 2008). Ο ρόλος όμως που αυτά διαδραματίζουν στη διατήρηση της ισορροπίας των λειτουργιών των οικοσυστημάτων και κατ' επέκταση των υπηρεσιών που αυτά προσφέρουν στον άνθρωπο για τη διαβίωση και αναψυχή του είναι απόλυτα σημαντικός. Έτσι η προστασία της βιοποικιλότητας συνεπάγεται την επιβίωση του ανθρώπινου είδους.

Ακριβώς όπως οι στίχοι του εθνικού ποιητή της Κύπρου, Βασίλη Μιχαηλίδη από το ποίημά του «Η Ενάτη Ιουλίου 1821» (όπως αυτοί καταγράφονται στις αρχικές σελίδες της διατριβής) «το 'νιν (υνί, το σιδερένιο άκρο του αρότρου, παραδοσιακό εργαλείο που χρησιμοποιείτο για το όργωμα των χωραφιών) όταν τρώει την γη, τρώει την γη θαρκέται (θεωρεί, νομίζει), μα πάντα εκείνο τρώγεται και εκείνο καταλύεται (φθείρεται)». Έτσι και ο άνθρωπος όταν τρώει τη γη (υπερεκμεταλλεύεται δηλαδή τους φυσικούς της πόρους), «τρώει τη γη νομίζει», αλλά τελικά εκείνος φθείρεται, σε εκείνον επιστρέφουν οι αρνητικές συνέπειες, υπονομεύοντας την ίδια την ύπαρξή του.

Ο όρος βιοποικιλότητα καλύπτει τη γενετική ποικιλότητα, την ποικιλότητα ειδών καθώς και την ποικιλότητα των οικοσυστημάτων (Walz and Syrbe, 2013), τα οποία καθορίζουν το χώρο στον οποίο διαβιούν τα είδη. Η τρόπος διασποράς και διακίνησης των ειδών στο χώρο, ανάλογα με τις ανάγκες τους για εύρεση τροφής, καταφυγίου, χώρων αναπαραγωγής ή βέλτιστων κλιματικών συνθηκών, έχει μεγάλη σημασία στην κατανόηση και κατ' επέκταση προστασία της βιολογικής ποικιλότητας των οργανισμών. Βάσει αυτού, η μελέτη του τρόπου αλληλεπίδρασης των οργανισμών με το περιβάλλον τους, βοηθά στην εκτίμηση των βασικών παραμέτρων και συστατικών του τοπίου, τα οποία μεγιστοποιούν τις πιθανότητες διατήρησης της αφθονίας της βιοποικιλότητας, με σκοπό την αξιοποίηση τους από τους φορείς περιβαλλοντικής διαχείρισης μέσα από την εφαρμογή στοχευμένων μέτρων. Η οικολογία τοπίου, η επιστήμη που ενοποιεί τον τρόπο με τον οποίο επιδρά η δομή του τοπίου στις λειτουργίες των ειδών, παρέχει τη βάση και τα εργαλεία προς επίτευξη του σκοπού αυτού (Opdam, et al., 2002). Επιπλέον ενσωματώνει τις προϋποθέσεις για την παρακολούθηση και αξιολόγηση των αλλαγών που συμβαίνουν σε επίπεδο τοπίου (Riitters, et al., 1995). Η διατήρηση υψηλής χωρικής ετερογένειας, η ενσωμάτωση ευνοϊκών ενδιαιτημάτων για τα πουλιά και η αποκατάσταση της ποιότητάς τους για αύξηση της φέρουσας ικανότητάς τους, θεωρείται βασικό συστατικό σε αυτή την προσπάθεια.

Εν κατακλείδι, η αξιολόγηση της κατάστασης της βιοποικιλότητας, μέσω κατάλληλων δεικτών μέτρησης της δομής του τοπίου, αξιοποιώντας καινούργιες στατιστικές τεχνικές για διερεύνηση της σχέσης των ειδών, έχει πολλά να προσφέρει στον τομέα της διαχείρισης των χερσαίων οικοσυστημάτων.

## 1.2 Σκοπός Διατριβής και Χρησιμότητα

Η προστασία της υπάρχουσας βιοποικιλότητας των ειδών θεωρείται εκ των ων ουκ άνευ, ειδικά σε μία περιοχή πλούσια σε ενδημισμό και σημαντικό σταθμό χιλιάδων μεταναστευτικών πουλιών, όπως είναι το έδαφος της Κύπρου. Κατανοώντας τον παράγοντα ο οποίος επηρεάζει θετικά την αύξηση της ποικιλότητας των ειδών σε επίπεδο τοπίου (επίπεδο στο οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις διαχείρισης), θα βοηθήσει στην ορθολογική και στοιχειοθετημένη διαχείρισή τους δίνοντας έμφαση στα στοιχεία του τοπίου τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής. Η μεταπτυχιακή διατριβή, με περιοχή μελέτης τις ελεύθερες περιοχές της Κύπρου, έχει ιδιαίτερη σημασία λόγω του ημίξηρου κλίματος της ανατολικής Μεσογείου, το οποίο διαφοροποιείται από αυτό της βόρειας Ευρώπης, περιοχή για την οποία έχει διεξαχθεί η συντριπτική πλειοψηφία παρόμοιων μελετών. Οι οργανισμοί με τους οποίους θα ασχοληθεί η παρούσα μελέτη είναι τα φωλεάζοντα πουλιά της Κύπρου. Καθώς το 13% των ειδών της πτηνοπανίδας αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο εξαφάνισης (IUCN, 2015), οι πληθυσμοί των κοινών αγροτικών ειδών έχουν μειωθεί κατά 43% μεταξύ 1980 και 2005 (Gregory, et al., 2008), η μελέτη του συγκεκριμένου είδους προσθέτει ιδιαίτερη σημασία στη χρησιμότητα της μεταπτυχιακής διατριβής.

Το ερώτημα το οποίο θα απασχολήσει την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή και γύρω από το οποίο περιστρέφεται όλη η συζήτηση, μπορεί να διατυπωθεί ως εξής. Τι επηρεάζει περισσότερο την ποικιλία των ειδών της πτηνοπανίδας; Η ύπαρξη συγκεκριμένων ευνοϊκών ενδιαιτημάτων/χρήσεων γης, όπως αυτή διαφαίνεται από τοπία με ψηλό δείκτη ποιότητας, ή η συνολική δομή του τοπίου; Σε ένα τοπίο έχει πιο σημαντική επίδραση η ύπαρξη ενός υγροβιότοπου ή μήπως η ετερογένεια του τοπίου είναι πιο σημαντική για την εξήγηση της αφθονίας της ποικιλότητας της πτηνοπανίδας;

Η διαχείριση των χρήσεων γης γίνεται σε επίπεδο τοπίου έτσι η απάντηση αυτού του ερωτήματος θα βοηθήσει τους ιθύνοντες και τους διαχειριστές για τη σωστή αξιοποίηση των

χαρακτηριστικών του τοπίου προς όφελος της βιοποικιλότητας, δεδομένου και του περιορισμού στους οικονομικούς πόρους που διατίθενται για σκοπούς προστασίας του περιβάλλοντος.

Χρησιμοποιώντας μετρικές για ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών του τοπίου και επιστρατεύοντας τη γνώμη των ειδικών σε θέματα πτηνοπανίδας για υπολογισμό του δείκτη ποιότητας των ενδιαιτημάτων, επιχειρείται να αναλυθεί η στατιστική συσχέτιση και συνεισφορά των δύο αυτών ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξήγηση της διακύμανσης της ποικιλότητας των ειδών πτηνών.

### 1.3 Ορισμοί και έννοιες

Παρακάτω δίνονται οι ορισμοί των όρων που χρησιμοποιούνται στα επόμενα κεφάλαια για διευκόλυνση της ανάγνωσης.

Κατάτμημα/Χωροψηφίδα: Ομοιογενής περιοχή η οποία διαφέρει από τις γειτονικές της.

Ενδιαιτήμα: Περιοχή που περιλαμβάνει τους πόρους (βιοτικούς και αβιοτικούς) και τις κατάλληλες συνθήκες για τη συντήρηση και επιβίωση ενός είδους και την υποστήριξη της κατοίκησης του.

Τοπίο (landscape): Ο χώρος ο οποίος συγκροτείται από διάφορα κατατμήματα και στον οποίο αυτά διατάσσονται τυχαία.

Δομή τοπίου: Περιγράφεται από τη σύνθεση και τη διάταξη (χωρική διάρθρωση) των διαφορετικών χωροψηφίδων σε ένα τοπίο.

Δείκτες σύνθεσης (composition): Μετρούν την ποσότητα και την αναλογία που κατέχουν σε μία περιοχή τα κατατμήματα. Περιγράφουν την πτυχή της απώλειας του ενδιαιτήματος.

Δείκτες διάρθρωσης (configuration): Προσδιορίζουν ποσοτικά τη χωρική διάταξη των κατατμημάτων. Περιγράφουν την πτυχή του κατακερματισμού του τοπίου.

Ποιότητα ενδιαιτήματος: Δείκτης ο οποίος εξάγεται από την βαθμολογία της κάθε χρήσης γης, όπως αυτή έχει δοθεί από ομάδα εμπειρογνομόνων, πολλαπλασιασμένη επί το ποσοστό της έκτασης που κατέχει η χρήση γης στο τοπίο.

Διαστασιομείωση (ordination): Στατιστικές πολυμεταβλητές τεχνικές οι οποίες διευθετούν δειγματοληπτικές επιφάνειες ή είδη κατά μήκος αξόνων χρησιμοποιώντας δεδομένα της σύνθεσης των ειδών.

Ανάλυση Πλεονασμού (Redundancy Analysis - RDA): Στατιστική μέθοδος πολυμεταβλητής ανάλυσης, μέρος των μεθόδων διαστασιομείωσης, η οποία συσχετίζει τον πίνακα κατανομής των ειδών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια με ένα δεύτερο πίνακα ο οποίος αποτελείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

# Κεφάλαιο 2

## Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η αντίδραση των ειδών και δει των πτηνών στις διάφορες εκφάνσεις της σύστασης, δομής των τοπίων και ποιότητας των ενδιαιτημάτων, είναι μία πολύπλοκη διεργασία η οποία λαμβάνει χώρα σε διάφορες κλίμακες και αφορά αμέτρητες οικολογικές διεργασίες. Η συγκεκριμένη ενότητα επιχειρεί να ρίξει φως στις διάφορες πτυχές που αφορούν το συγκεκριμένο ερώτημα, να καθορίσει το εννοιολογικό πλαίσιο, να περιγράψει τις θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί και να αποσαφηνίσει τις έννοιες που εμπλέκονται στο υπό μελέτη πεδίο.

### 2.1 Οικολογία Τοπίου

Ο όρος οικολογία τοπίου εισήχθη από τον γερμανό Carl Troll το 1939 στην προσπάθειά του να ενοποιήσει την επιστήμη της γεωγραφίας με την οικολογία (Turner and Gardner, 2015). Το τοπίο συνήθως χαρακτηρίζεται από τη γεωμορφολογία του εδάφους μιας περιοχής ή τα ενδιαιτήματα που υπάρχουν σε αυτό και μπορεί να εκτείνεται από μερικά τετραγωνικά μέτρα σε αρκετά τετραγωνικά χιλιόμετρα (Turner, 1989). Πιο συγκεκριμένα, σαν τοπίο ορίζεται μία περιοχή η οποία χαρακτηρίζεται από χωρική ετερογένεια σε ένα τουλάχιστον αντικείμενο έρευνας (Turner and Gardner, 2015), ορισμός ο οποίος δεν εστιάζει στο μέγεθος του τοπίου ή περιορίζει σε συγκεκριμένη κλίμακα, η οποία τελικά καθορίζεται από το υπό μελέτη φαινόμενο. Κάθε τοπίο υποδιαιρείται στα μικρότερα δομικά του στοιχεία, τα κατατμήματα ή χωροψηφίδες (patches), τα οποία ορίζονται σαν ομοιογενείς περιοχές οι οποίες διαφοροποιούνται από τις γειτονικές τους ως προς τον τύπο, τη μορφή και την εμφάνισή τους (π.χ. μία κατηγορία χρήσης γης). Όλα τα κατατμήματα ίδιου τύπου, που υπάρχουν σε ένα τοπίο, συνιστούν μία κλάση (class) (βλέπε σχήμα 2.1). Ακόμα και τα κατατμήματα ίδιου τύπου ποικίλουν μεταξύ τους ως προς το μέγεθός τους, το σχήμα τους και τα χαρακτηριστικά των παρυφών τους.

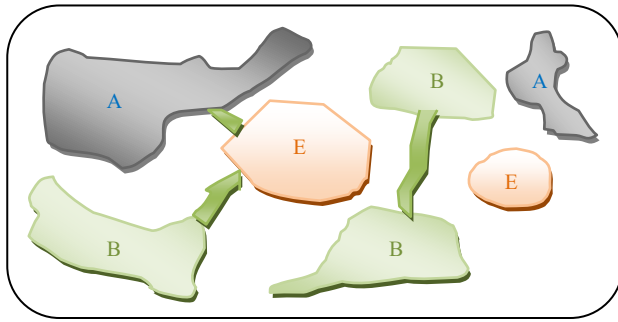
Αρκετοί μελετητές έχουν περιγράψει το αντικείμενο μελέτης της οικολογίας τοπίου, όπως αυτοί καταγράφονται στο βιβλίο των Turner and Gardner (2015) και εδώ παρατίθεται μία συνοπτική

ενοποίηση. Η οικολογία τοπίου ασχολείται με τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των έμβιων οργανισμών και οικολογικών διεργασιών και του περιβάλλοντος χώρου, σε διάφορες χρονικές κλίμακες και βοηθά στην κατανόηση των αιτιών και συνεπειών της χωρικής ετερογένειας σε ένα ευρύ φάσμα οικολογικών φαινομένων. Μελετά τις οικολογικές επιδράσεις των χωρικών προτύπων που εμφανίζουν τα οικοσυστήματα, δίνοντας έμφαση σε ευρύτερες κλίμακες, από αυτές που συνήθως χρησιμοποιούνται στην Οικολογία (Turner and Gardner, 2015) και ενσωματώνει την επίδραση που έχουν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες στη διαμόρφωση των τοπίων. Μερικά από τα οικολογικά φαινόμενα που μελετούνται από την οικολογία τοπίου είναι η απώλεια ενδιαιτήματος και ο κατακερματισμός των τοπίων, η επίδραση των ανθρωπογενών οχλήσεων και η εξάπλωση των εισβλητικών ειδών.

Η οικολογία τοπίου εστιάζει στα τρία βασικά χαρακτηριστικά που διέπουν το τοπίο.

1. Τη δομή του (structure), που είναι οι χωρικές σχέσεις ανάμεσα στις χωροψηφίδες που απαρτίζουν τα οικοσυστήματα, την κατανομή δηλαδή της ενέργειας και ειδών μεταξύ χωροψηφίδων ανάλογα με το μέγεθος, το σχήμα, το είδος και τη χωρική διάταξή τους. Η δομή του τοπίου είναι αποτέλεσμα των πολύπλοκων σχέσεων μεταξύ αβιοτικών παραγόντων (κλίμα, τοπογραφία και έδαφος) και βιοτικών αλληλεπιδράσεων (όπως ο ανταγωνισμός και η θήρευση μεταξύ των ειδών) (Turner and Gardner, 2015).
2. Τη λειτουργία (function), την αλληλεπίδραση μεταξύ των διακριτών χαρακτηριστικών του τοπίου, όπως είναι οι ροές και ανταλλαγές ενέργειας, θρεπτικών συστατικών και ειδών μεταξύ των χωροψηφίδων.
3. Την αλλαγή (change), που εκφράζει τη μεταβολή της δομής και λειτουργίας του μωσαϊκού του τοπίου με την πάροδο του χρόνου, οφειλόμενη κυρίως σε ανθρωπογενείς επιδράσεις (τρόπος χρήσης και αλλαγής της γης από τον άνθρωπο) και μερικώς σε φυσικές αιτίες (όπως οι πυρκαγιές, οι κατολισθήσεις κλπ).

Για τη μελέτη ή παρατήρηση ενός τοπίου, απαιτείται ο καθορισμός της κλίμακας της μικρότερης χαρτογραφικής μονάδας και της συνολικής έκτασης του τοπίου, αφού τόσο η δομή όσο και οι λειτουργίες που επιτελούνται σε αυτό διαφοροποιούνται ανάλογα με την κλίμακα παρατήρησης (Turner, 1989).



**Σχήμα 2.1:** Σχηματική παρουσίαση του χωρικού προτύπου ενός τοπίου με τα τρία στοιχεία που το συνθέτουν. Διακρίνονται τριών τύπων καταταμήματα (A, B, E) και οι διάδρομοι που τα συνδέουν (με σκούρο πράσινο). Ιδίου τύπου καταταμήματα αποτελούν τις κλάσεις.

Το χωρικό πρότυπο ενός τοπίου περιγράφεται από τρία στοιχεία (Σχήμα 2.1) και κάθε στοιχείο περιγράφεται από συγκεκριμένες μετρικές, τους δείκτες τοπίου.

1. Χωροψηφίδα/κατάτμημα (patch): αποτελείται από μία ομοιογενή περιοχή, η οποία διαφέρει από τις γειτονικές της. Αποτελούν τα δομικά συστατικά ενός υπό εξέταση τοπίου.
2. Διάδρομος (corridor): λωρίδα γης η οποία ενώνει μεταξύ τους δύο χωροψηφίδες. Μπορεί να μειώσει τις επιπτώσεις του κατακερματισμού (Villard and Metzger, 2014), αλλά και να βοηθήσει στην εξάπλωση των εισβλητικών ειδών. Οι διάδρομοι μπορεί να σχηματιστούν σε ένα τοπίο λόγω της τοπογραφίας του ή από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις όπως οι φυτοφράχτες για διαχωρισμό των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Μπορεί να είναι φυσικοί ή τεχνητοί, παρόχθιοι ή χερσαίοι.
3. Μήτρα/Θεμελιώδης επιφάνεια (matrix): η χρήση γης που λειτουργεί σαν υπόβαθρο. Είναι το κυρίαρχο κατάτμημα με τη μεγαλύτερη έκταση. Δεν υπάρχει προσδιορίσιμη μήτρα σε όλα τα τοπία (Turner and Gardner, 2015).

Διάφορες προσεγγίσεις έχουν αναπτυχθεί για τον τρόπο θεώρησης του τοπίου σε σχέση με τους πληθυσμούς. Η πρώτη, ίσως και παλαιότερη, είναι η θεωρία της βιογεωγραφίας των νησιών (island biogeography), όπου οι χωροψηφίδες αντιστοιχούνται με νησιά σε έναν αφιλόξενο ωκεανό ο οποίος αντιπροσωπεύει τη μήτρα. Η βασική ερμηνεία που δίνει αυτή η θεώρηση, είναι ότι βιότοποι οι οποίοι είναι μικροί σε μέγεθος και απομακρυσμένοι, έχουν λιγότερες πιθανότητες να συντηρήσουν μεγάλο αριθμό βιοποικιλότητας λόγω του αυξημένου ρυθμού εξαφάνισης και του μειωμένου ρυθμού μετανάστευσης για εποίκισμο τους (Turner and Gardner, 2015, p.233). Η θεωρία αυτή έχει βρει εφαρμογή στην εξήγηση της αφθονίας των ειδών σε νησιά, αλπικές ζώνες, σε κατακερματισμένους οικοτόπους και σε τροπικά δάση. Δεν



καταφέρνει όμως να εξηγήσει τα μοτίβα της κατανομής της ποικιλότητας των ειδών πτηνοπανίδας σε χερσαία οικοσυστήματα αφού δεν λαμβάνει υπόψη την επίδραση του περιβάλλοντος χώρου (Saab, 1999). Η δεύτερη προσέγγιση δίνεται από τον Richard Levins το 1969 ο οποίος περιγράφει τη θεωρία των μεταπληθυσμών. Βάσει της θεωρίας αυτής ο αρχικός πληθυσμός ενός είδους σε ένα ενδιαίτημα υποδιαιρείται σε υποπληθυσμούς, οι οποίοι εποίκίζουν διάφορες θέσεις του χώρου. Η μετακίνηση ατόμων μεταξύ των υποπληθυσμών επηρεάζει και τη δυναμική τους.

Οι πρώτες θεωρίες δεν λάμβαναν υπόψη τα χωρικά χαρακτηριστικά του τοπίου και δεν μοντελοποιούσαν την επίδραση της ετερογένειας του τοπίου κατά την εποίκιση των ενδιαιτημάτων από τους μεταπληθυσμούς (Fahrig and Nettle, 2005). Η ετερογένεια, όμως, του τοπίου έχει επιπτώσεις στον τρόπο και στον βαθμό διασποράς των οργανισμών στο χώρο και στις συνήθειες τους σχετικά με την αναζήτηση τροφής, χώρων προστασίας από τους θηρευτές και φωλεοποίησης (Johnson, et al., 1992; Stein and Krefl, 2015). Έτσι οι μελετητές πολύ σύντομα κατέληξαν ότι η δομή του τοπίου έχει σημαντική επίδραση στη βιωσιμότητα και στο μέγεθος των πληθυσμών των ειδών (Turner and Gardner, 2015, p.13). Το 1988 ο Ron Pulliam προτείνει τη θεωρία της πηγής – δεξαμενής (source – sink). Οι πληθυσμοί που βρίσκονται στο ενδιαίτημα *πηγή* αυξάνονται, σε βαθμό που κάποια μέλη πρέπει να μετακινηθούν και να αποικίσουν άλλα ενδιαιτήματα, χαμηλότερης ίσως ποιότητας, τα ενδιαιτήματα *δεξαμενές*, για να επιβιώσουν (Dunning, et al., 1992). Σε αυτή τη θεώρηση, η απώλεια των ενδιαιτημάτων *πηγή* έχει καταστροφικές συνέπειες στη δυναμική των πληθυσμών και δεν μπορεί να αντισταθμιστεί από την αύξηση των ενδιαιτημάτων *δεξαμενή* (Turner and Gardner, 2015, p.236). Ακόμη όμως και αυτή η θεωρία αποτυγχάνει να ενσωματώσει σημαντικά στοιχεία της οικολογίας τοπίου, όπως η διακύμανση στην ποιότητα της μήτρας, η συνδεσιμότητα μεταξύ των ενδιαιτημάτων και η επίδραση των παρυφών.

Οι νεώτερες προσεγγίσεις θεωρούν το τοπίο σαν ένα πολύπλοκο μωσαϊκό διαφόρων ειδών, σχημάτων και ποιοτήτων χωροψηφίδες, και αυτή η προσέγγιση βρίσκει εφαρμογή στα τοπία με μακρά επίδραση της ανθρώπινης παρέμβασης (Walz and Syrbe, 2013). Το τοπίο στην πραγματικότητα αποτελείται από διάφορες χρήσεις γης, με διαφορετική ποιότητα η μία από την άλλη και διαφορετική χρησιμότητα για τους οργανισμούς, επηρεάζοντας τα μοτίβα μετακίνησης και άρα τους ρυθμούς διασποράς και τις συνήθειες εύρεσης τροφής (Johnson, et al., 1992). Για την επιβίωση, την αύξηση της ποικιλότητας των ειδών και τη δυναμική των ειδών σε ένα τοπίο, εκτός από το μέγεθος των χωροψηφίδων, την απόσταση μεταξύ τους και

την ύπαρξη διαφορετικών τύπων χωροσηφίδων, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και το σχήμα των χωροσηφίδων, η ύπαρξη συνδεσιμότητας και η χωρική διάταξή τους (Villard and Metzger, 2014). Οι διάφορες περιοχές σε ένα τοπίο διαφέρουν ως προς την καταλληλότητα και χρησιμότητά τους στους οργανισμούς σύμφωνα με τους διαθέσιμους πόρους, τους διαφορετικούς βαθμούς έκθεσης σε θηρευτές και τις διαφορετικές πιθανότητες για ζευγάρωμα και αναπαραγωγική επιτυχία (Johnson, et al., 1992). Πολλοί ερευνητές χρησιμοποιούν παρατηρήσεις της κατάληψης των οικοτόπων από τα είδη, με σκοπό να εξάγουν συμπεράσματα για τον βαθμό επιλογής συγκεκριμένων ενδιαιτημάτων μεταξύ πολλών εναλλακτικών (Jones, 2001).

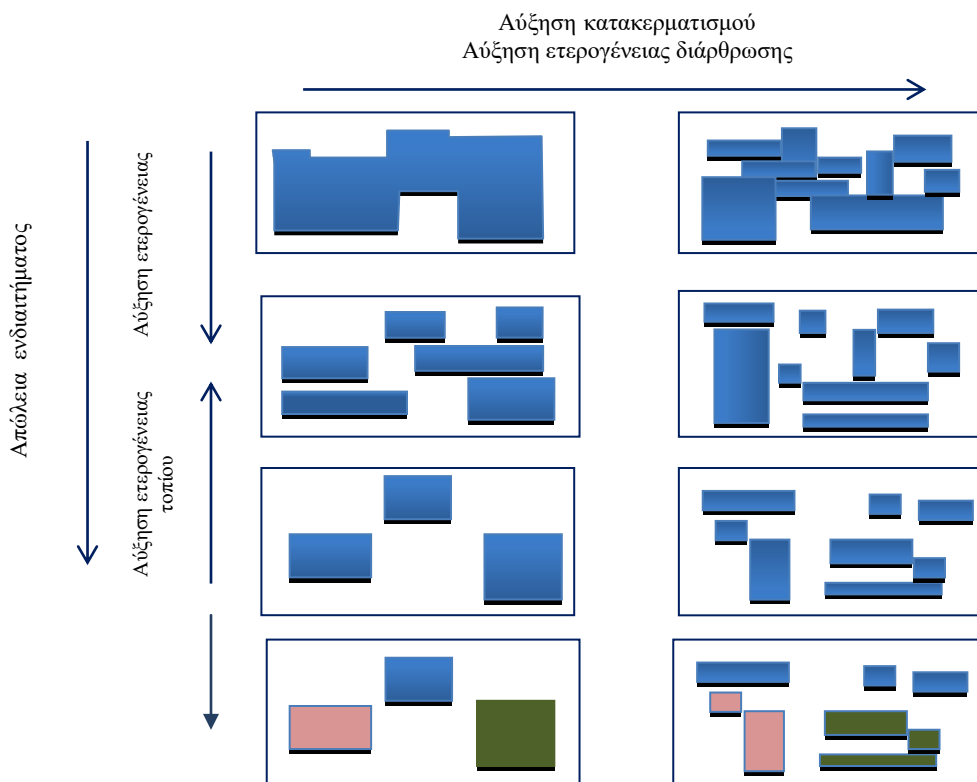
Σημαντικό ορόσημο στην εξέλιξη της οικολογίας τοπίου αποτέλεσε η ανάπτυξη των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών (ΣΓΠ), τα οποία έδωσαν τη δυνατότητα στην επιστημονική κοινότητα να παρατηρεί το τοπίο σε μεγάλες κλίμακες μέσω αεροφωτογραφιών και να επεξεργάζεται, ποσοτικοποιεί και οπτικοποιεί τις χωρικές πληροφορίες, συνδέοντάς τις παράλληλα και με μη χωρικές (περιγραφικές) πληροφορίες.

### **2.1.1 Δείκτες Τοπίου**

Η ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών του τοπίου βοηθάει στην ερμηνεία των οικολογικών διεργασιών που διενεργούνται στα ενδιαιτήματα που το απαρτίζουν. Οι δείκτες τοπίου αποσκοπούν στην ποσοτική περιγραφή του χωρικού χαρακτήρα των θεμελιωδών συστατικών του τοπίου και υπολογίζονται σε τρία ιεραρχικά επίπεδα: κατατμήματος, κλάσεων χρήσης γης και τοπίου (Walz and Syrbe, 2013). Έχουν αναπτυχθεί πάμπολλοι δείκτες για να βοηθήσουν στην κατανόηση του τρόπου επίδρασης της δομής του τοπίου στις οικολογικές διεργασίες (Uuemaa, et al., 2009).

Οι δείκτες αυτοί ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, που μαζί αποτελούν τις συνιστώσες που απαιτούνται για την περιγραφή οποιουδήποτε τοπίου (Dunning et al. 1992). Τους δείκτες σύνθεσης (composition) και τους δείκτες διάρθρωσης (configuration). Οι δείκτες σύνθεσης αναφέρονται στον αριθμό των διαφόρων τύπων καλύψεων γης και στο ποσοστό που καταλαμβάνουν στο τοπίο (Ritchie, et al., 2009). Μετρούν τί υπάρχει και σε ποια ποσότητα ή αναλογία, χωρίς όμως να περιγράφουν πού βρίσκονται. Εδώ εμπίπτουν και οι δείκτες ποικιλότητας (diversity) και ομαλότητας (evenness). Οι τελευταίοι περιγράφουν την κατανομή της επιφάνειας ανάμεσα στις υπάρχουσες κλάσεις του τοπίου. Οι δείκτες διάρθρωσης αφορούν

τη χωρική διάταξη των καλύψεων γης, τη διασπορά, τη συνδεσιμότητα κλπ και δίνουν ποσοτικές πληροφορίες για το μήκος και την πυκνότητα των παρυφών (edge density), την απόσταση μεταξύ των καλύψεων γης, τον βαθμό απομόνωσης τους, το σχήμα των χωροψηφίδων κλπ. Οι δείκτες σύνθεσης υπολογίζονται σε επίπεδο τοπίου, αφού απαιτείται η συμπερίληψη όλων των καταμημάτων για εξαγωγή αποτελεσμάτων, ενώ οι δείκτες διάρθρωσης μπορούν να υπολογιστούν και για τα τρία επίπεδα (χωροψηφίδα, κλάσης και τοπίου). Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές των δεικτών διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μέθοδο ταξινόμησης του τοπίου και της θεματικής της ανάλυσης, π.χ. κατηγορίες χρήσεων γης ή στάδια διαδοχής, καθώς και της μικρότερης χαρτογραφικής μονάδας (grain) και της συνολικής έκτασης του τοπίου (extent) (Buyantuyev and Wu, 2007; Lustig, et al., 2015), στοιχεία τα οποία πρέπει να ορίζονται στα αρχικά στάδια της έρευνας (Turner, 1989).



**Σχήμα 2.2:** Σχηματική παρουσίαση της σχέσης μεταξύ κατακερματισμού και απώλειας ενδιαιτήματος. Τα διπλανά μεταξύ τους σχήματα έχουν την ίδια ποσότητα ενδιαιτήματος, παρατηρείται όμως αύξηση του κατακερματισμού. Προς τα κάτω παρατηρείται απώλεια ενδιαιτήματος. Προς τα πάνω υπάρχει αύξηση της ετερογένειας σύνθεσης και μείωση του κατακερματισμού. Τα δύο τετράγωνα της τελευταίας σειράς, έχουν την ίδια ετερογένεια διάρθρωσης με τα αμέσως προηγούμενα, αλλά αυξημένη ετερογένεια σύνθεσης (περισσότεροι τύποι κάλυψης γης). (Αναπροσαρμογή από Fahrig and Nutton, 2005, p.101 και Fahrig, et al., 2011).

Η ετερογένεια σύνθεσης (composition) αυξάνεται με την αύξηση του αριθμού των καλύψεων γης ή του ποσοστού του κάθε τύπου κάλυψης γης στο τοπίο ενώ η ετερογένεια διάρθρωσης (configuration) αυξάνεται με αύξηση της διασποράς των καλύψεων γης. Αλλαγή στη σύνθεση του τοπίου δεν προϋποθέτει και αλλαγή της ετερογένειας διάρθρωσης και αντίστροφα (Fahrig and Nettle, 2005), παρόλο που τα δύο είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους (Lustig, et al., 2015). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2. διπλανά μεταξύ τους τετράγωνα έχουν την ίδια ετερογένεια σύνθεσης (αφού το ποσοστό έκτασης που καταλαμβάνουν οι καλύψεις γης στο τοπίο δεν μεταβάλλεται) αλλά είναι σημαντικά αυξημένη η ετερογένεια διάρθρωσης. Αντίθετα, προς τα κάτω μειώνεται η ετερογένεια σύνθεσης, με απώλεια ενδιαιτήματος. Προχωρώντας στα τετράγωνα από κάτω προς τα πάνω παρατηρείται αύξηση της ετερογένειας σύνθεσης, με αύξηση του συνολικού ενδιαιτήματος, και μείωση της ετερογένειας διάρθρωσης. Στα δύο διπλανά τετράγωνα της τελευταίας σειράς, ενώ παραμένει σταθερή η ετερογένεια διάρθρωσης με τα αμέσως προηγούμενα, παρατηρείται αύξηση της ετερογένειας σύνθεσης, με αύξηση των τύπων των χωροσηφίδων. Η απώλεια ενδιαιτήματος αποτελεί συστατικό της ετερογένειας σύνθεσης ενώ ο κατακερματισμός των βιοτόπων εκφράζεται από την αύξηση της ετερογένειας διάρθρωσης (Fahrig, 2003). Το κρίσιμο σημείο στο οποίο η απώλεια του ενδιαιτήματος εκλαμβάνεται σαν κατακερματισμός, είναι απόλυτα εξαρτώμενο από το προς μελέτη φαινόμενο ή είδος (Neel, et al., 2004). Επίσης, μπορεί να έχει θετικές επιδράσεις σε κάποιες κλίμακες και αρνητικές επιδράσεις σε άλλες κλίμακες, ακόμα και για το ίδιο είδος (Smith, et al., 2011). Σαν κατακερματισμός νοείται η υποδιαίρεση ενός μεγάλου και συνεχούς ενδιαιτήματος σε μικρότερα κατατμήματα (Neel, et al., 2004) απομονωμένα μεταξύ τους από ένα ενδιάστημα μήτρα, διαφορετικό από το αρχικό (Fahrig, 2003). Ο κατακερματισμός ενός τοπίου εκφράζεται με αύξηση του αριθμού των χωροσηφίδων και παράλληλη μείωση του μέσου μεγέθους τους καθώς και αύξηση της συνολικής έκτασης των παρυφών και απομόνωσής τους (Berg, 1997; Fahrig, 2003; Turner and Gardner, 2015, p.51).

Όπως όμως τονίζεται από όλους τους ερευνητές, το βασικότερο σημείο της έρευνας είναι η κατανόηση της πληροφορίας που εμπεριέχουν οι δείκτες τοπίου και η συσχέτισή τους με το σκοπό της έρευνας και όχι ο υπολογισμός αυτός καθ' εαυτός των άμπολλων δεικτών. Η γνώση των μαθηματικών εξισώσεων που χρησιμοποιεί ο κάθε δείκτης για εξαγωγή του αποτελέσματος, τα όρια των τιμών που μπορεί να πάρει, η οικολογική τους σημασία καθώς και οι μονάδες μέτρησης είναι σημαντικό να παρατίθενται και να ερμηνεύονται. Καθώς η βάση για τον υπολογισμό των περισσότερων δεικτών είναι συγκεκριμένες στοιχειώδεις μετρήσεις του τοπίου (McGarigal, 2015), αυτό οδηγεί σε υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους, εκφράζουν δηλαδή

παρόμοια πληροφορία και εκτός του ότι είναι περιττοί, μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα (Neel, et al., 2004; Turner and Gardner, 2015, p.114), παρόλο που ο κάθε δείκτης εκφράζει διαφορετική διάσταση του τοπίου (Hargis, et al., 1998). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι δείκτες για υπολογισμό της ποικιλομορφίας H (diversity) και της κυριαρχίας D (dominance), οι εξισώσεις των οποίων δίνονται πιο κάτω.

$$H = \frac{-\sum_{i=1}^s (p_i) \ln(p_i)}{\ln(s)}$$

$$D = \frac{H_{\max} + \sum_{i=1}^s (p_i) \ln(p_i)}{H_{\max}}$$

Όπου  $p_i$  = το ποσοστό της κάλυψης γης  $i$ ,  $s$  = ο αριθμός όλων των χρήσεων γης και  $H_{\max} = \ln(s)$ . Ο υπολογισμός και των δύο αυτών δεικτών δεν προσθέσει καινούργια πληροφορία και θεωρείται αχρείαστος. Ένα άλλο σημαντικό σημείο, που χρήζει προσοχής, είναι ο τρόπος αντιπαραβολής των αποτελεσμάτων και ερμηνείας της οικολογικής τους σημασίας. Για παράδειγμα, ο δείκτης κυριαρχίας D, δεν δίνει πληροφορίες ως προς το ποια είναι η κυρίαρχη χρήση γης στο τοπίο (Turner and Gardner, 2015, p.117) και μπορεί να αλλάξει άρδην ανάλογα με την επιφάνεια που έχει οριστεί προς μελέτη (extent).

Δεδομένου, όμως, του πολύπλοκου χαρακτήρα των τοπίων, η χρήση περισσότερων του ενός δεικτών είναι επιβεβλημένη (Rommel and Csillag, 2003; Neel, et al., 2004) για την περιγραφή της σύνθεσης και χωρικής διάταξης των στοιχείων ενός τοπίου, αρκεί αυτοί να μην συσχετίζονται ισχυρά μεταξύ τους καθώς μπορεί να μετατοπίσουν το πρόσημο της εξαγόμενης σχέσης (Eigenbrod, et al., 2011). Επιθυμητό και ιδανικό, είναι η χρήση του μικρότερου δυνατού αριθμού ανεξάρτητων μεταξύ τους δεικτών οι οποίοι να ποσοτικοποιούν επαρκώς τη δομή του τοπίου (Cushman, et al., 2008). Ακριβώς γι' αυτό το λόγο έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για εύρεση ενός ελάχιστου συνόλου ανεξάρτητων μεταξύ τους μετρικών, που να αποδίδουν τις ιδιότητες του τοπίου (Riitters, et al., 1995; Cushman, et al., 2008; Schindler, et al., 2008; Schindler, et al., 2013). Παρά τις προσπάθειες, οι μελέτες αυτές δεν συμφωνούν στους προτεινόμενους δείκτες, πιθανόν λόγω της ιδιαιτερότητας κάθε τοπίου (Cushman, et al., 2008). Αυτή η παρατήρηση υπογραμμίζει την προσοχή που πρέπει να δίνεται κατά τη σύγκριση των ίδιων δεικτών μεταξύ διαφορετικών τοπίων, αφού δείκτες που εκφράζουν μία σημαντική οικολογική διεργασία σε ένα τοπίο μπορεί να μην έχουν καμία χρησιμότητα ή σημασία σε ένα άλλο, διαφορετικό τοπίο.

Στο βιβλίο τους οι Turner and Gardner, (2015, p.134) δίνουν τις κατευθυντήριες γραμμές για επιλογή μεταξύ των πάμπολλων μετρικών. Αυτοί πρέπει να εξυπηρετούν τους σκοπούς της μελέτης, να αποφεύγεται η συμπερίληψη πολλών αχρειαστων δεικτών, που να συσχετίζονται μεταξύ τους και το υπό μελέτη τοπίο να αξιοποιεί όλο το εύρος των πιθανών τιμών που μπορούν να πάρουν. Οι Eigenbrod, et al., (2011) απέδειξαν ότι το εύρος των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών έχει μεγάλο αντίκτυπο στην πρόβλεψη της σχέσης μεταξύ της αφθονίας βατραχιών και της δασικής κάλυψης, λόγω της καμπυλόγραμμης σχέσης μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής η οποία έγινε εμφανής μόνο μετά τη συμπερίληψη του πλήρους φάσματος των τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής. Συνοψίζοντας, οι δείκτες τοπίου αποτελούν χρησιμότητα εργαλείο για τους μελετητές, αρκεί αυτοί να επιλέγονται ανάλογα με την περιοχή και τον οργανισμό προς μελέτη, με σκοπό να ανακλούν τη σωστή οικολογική διεργασία και να αποτυπώνουν την πραγματική σχέση των ειδών με τον χώρο τους.

Πολλοί δείκτες τοπίου δεν παρουσιάζουν γραμμικότητα (Neel, et al., 2004; Lustig, et al., 2015) κάτι που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη στατιστική ανάλυση. Επίσης, η μη γραμμικότητα περιπλέκει την πιθανή συσχέτιση των δεικτών με τις αντιδράσεις από τους οργανισμούς. Οι Remmel και Csillag (2003) εξέτασαν έξι ευρέως χρησιμοποιημένους δείκτες τοπίου, ως προς τη συμπεριφορά τους σε τοπία με διαφορετική σύνθεση και διάταξη (σταθερά, δυαδικά τοπία). Κατέληξαν ότι η σχέση μεταξύ των δεικτών δεν είναι γραμμική και περιγράφουν τη διακύμανση των έξι μετρικών με την αλλαγή στην αναλογία των κλάσεων του τοπίου. Σε παρόμοια αποτελέσματα καταλήγουν και οι Lustig et al. (2015) εξετάζοντας 101 δείκτες ως προς τη συμπεριφορά τους σε αλλαγές της χωρικής ανάλυσης, της συνολικής επιφάνειας μελέτης, του ποσοστού του κατάλληλου ενδιαίτηματος στο τοπίο και της χωρικής αυτοσυσχέτισης, επισημαίνοντας την παρουσία σημαντικών και σύνθετων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των δεικτών και των αλλαγών στα χαρακτηριστικά του τοπίου.

Η ευαισθησία των δεικτών τοπίου σε αλλαγές της κλίμακας, της μικρότερης χαρτογραφικής μονάδας (grain), της έκτασης της χαρτογραφικής επιφάνειας (extent), της αναλογίας των χρήσεων γης καθώς και της εσφαλμένης ταξινόμησης των χαρτών χρήσης/κάλυψης γης, έχει επισημανθεί και μελετηθεί από διάφορους ερευνητές (Hargis, et al., 1998; Remmel and Scillag, 2003; Lustig, et al., 2015). Η κλίμακα των χαρτών, που χρησιμοποιούνται για εξαγωγή των μετρικών του τοπίου, διέπει την ικανότητα τους ως δείκτες βιοποικιλότητας (Morelli, et al., 2013; Schindler, et al., 2013). Αυτή η αδυναμία των δεικτών, παράλληλα με την υψηλή

συσχέτιση που παρουσιάζουν οι περισσότερες μετρικές του τοπίου μεταξύ τους, καθιστούν την επιλογή δεικτών από τους ερευνητές μία εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία (Schindler, et al., 2015).

Για βοήθεια στην ποσοτικοποίηση των χωρικών μετρικών έχουν αναπτυχθεί λογισμικά όπως το FRAGSTATS και το Patch Analyst στο ArcGIS για δεδομένα διαβαθμισμένα σε κατηγορίες (όπως π.χ. ο χάρτης χρήσεων γης) ενώ παράλληλα αρκετοί μελετητές έχουν προτείνει και νέους δείκτες οι οποίοι έχουν ενσωματωθεί στην πλατφόρμα του λογισμικού FRAGSTATS (Uuemaa, et al., 2009).

### **2.1.2 Χρήσεις Γης και Δομή Τοπίου**

Με τον όρο κάλυψη γης νοείται μία επιφάνεια γης με ένα κυρίαρχο ενδιαίτημα ή τύπο βλάστησης. Σαν χρήση γης, ορίζεται ο τρόπος και ο σκοπός για τον οποίο οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τη γη και τους πόρους της, π.χ. για παραγωγή τροφίμων, στέγαση κλπ. (Turner and Gardner, 2015, p.48). Η οικονομική και κοινωνική, δηλαδή, λειτουργία της γης, όπου σαν λειτουργία νοείται η ικανότητα της γης να προσφέρει υπηρεσίες χρήσιμες στον άνθρωπο (Haines-Young, 2009). Η ετερογένεια ενός τοπίου εκφράζεται από πέντε συστατικά και από αυτή προσδιορίζεται το χωρικό πρότυπο που χαρακτηρίζει το κάθε τοπίο. Αυτά τα συστατικά είναι ο αριθμός των κλάσεων, το ποσοστό έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση, η διάταξη των κλάσεων στο χώρο, το σχήμα των χωροψηφίδων και η αντίθεση μεταξύ γειτονικών χωροψηφίδων (Peng, et al., 2010). Εκτός από τις διαφορές στις αβιοτικές συνθήκες, που έχουν δημιουργηθεί από την τοπογραφία της περιοχής, η ετερογένεια ενός τοπίου μπορεί να είναι αποτέλεσμα των ιστορικών διαταράξεων που υπέστη η περιοχή, προερχόμενες είτε από φυσικούς παράγοντες είτε από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (Brotons & Reunanen, 2005). Η Μεσόγειος, με το έντονο ανάγλυφο, τα πλούσια εδάφη και την έντονη διατάραξη (όπως οι πυρκαγιές) χαρακτηρίζεται από μεγάλη ετερογένεια (Brotons & Reunanen, 2005). Η ετερογένεια του τοπίου και η επίδραση που αυτή έχει στην πυκνότητα και αφθονία των ειδών κατέχει κεντρική θέση στην επιστήμη της οικολογίας τοπίου. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε που στη βιβλιογραφία υπάρχει αφθονία μελετών, τόσο θεωρητικών όσο και εμπειρικών, που ασχολούνται με την ετερογένεια (Stein and Kreft, 2015).

Η κλίμακα του μικρότερου δομικού στοιχείου του τοπίου, η χωροψηφίδα, ορίζεται βάσει του υπό μελέτη φαινομένου και γι' αυτό συναντιέται σε πληθώρα μεγεθών στη βιβλιογραφία. Οι

διάφορες χρήσεις και καλύψεις γης σε μία περιοχή, οι οποίες συγκροτούν το μωσαϊκό του τοπίου, συχνά χρησιμοποιούνται ως τα δομικά τμήματα γης με τα οποία υποδιαιρείται το τοπίο. Αυτό γίνεται, γιατί οι χρήσεις γης μπορούν να εξαχθούν σχετικά εύκολα από δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες, ενώ η χαρτογράφησή τους στην Ευρώπη μέσω του προγράμματος CORINE Land Cover, από το οποίο έχουν παραχθεί χάρτες χρήσεων/καλύψεων γης, παρέχει άμεσα τα δεδομένα (Seoane, et al., 2004). Έτσι οι χρήσεις γης και οι διάφορες παράμετροι του τοπίου χρησιμοποιούνται σαν δείκτες για μέτρηση της ετερογένειας του τοπίου και συνεπακόλουθα ως δείκτες για την αξιολόγηση της βιοποικιλότητας (Morelli, et al., 2013). Για παράδειγμα, οι χάρτες χρήσεων γης χρησιμοποιούνται εκτεταμένα στα μοντέλα πρόβλεψης της διασποράς των ειδών στο χώρο (Schlossberg and King, 2009), θεωρώντας ότι η παρουσία των ειδών μπορεί να προβλεφθεί από τον τύπο κάλυψης γης. Οι Fuller, et al. (2005), επιχείρησαν να συνδέσουν την πτηνοπανίδα της Αγγλίας με τις χρήσεις γης, κάτι που αποδείχτηκε εξαιρετικά επιτυχημένο και οι Bartolommei, et al. (2013) έχουν συνδέσει την κατανομή των νυκτόβιων ειδών πουλιών με τις διάφορες χρήσεις γης στην κεντρική Ιταλία.

Η ικανότητα, όμως, των δεικτών για πρόβλεψη της διασποράς των ειδών στο χώρο είναι άμεσα συνυφασμένη με τη χωρική ανάλυση, την ακρίβεια και τον τρόπο κατηγοριοποίησης των χρήσεων γης στους χάρτες που έχουν χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή τους (Morelli, et al., 2013). Το πρόγραμμα CORINE Land Cover έχει χαρτογραφήσει τις χρήσεις γης σε τρία ιεραρχικά επίπεδα (I, II, III), που αντιπροσωπεύουν τρεις θεματικές χωρικές αναλύσεις (Tsianou, et al., 2016). Η μικρότερη χαρτογραφική μονάδα είναι 25ha/100m. Το πρώτο επίπεδο περιλαμβάνει 5 τύπους χρήσεων γης, το δεύτερο επίπεδο 15 τύπους και το τρίτο 44 τύπους. Παρόλο που η ακρίβεια των συγκεκριμένων χαρτών μπορεί να θεωρηθεί χαμηλή, σε συγκριτική μελέτη που έκαναν οι Seoane, et al., (2004) χρησιμοποιώντας τρεις χάρτες με διαφορετική χωρική ανάλυση (με τον χάρτη CORINE να έχει τη χαμηλότερη χωρική ανάλυση 250m και τον χάρτη που εξήχθη από δορυφορική εικόνα Landsat την υψηλότερη 30m) δεν εντόπισαν σημαντικές διαφορές στην ικανότητα τους να προβλέπουν τη διασπορά των πουλιών. Στον αντίποδα, οι Tsianou, et al. (2016), απέδειξαν ότι η χρήση του τρίτου επιπέδου του CORINE για υπολογισμό της ποικιλότητας των ενδιαιτημάτων παρείχε καλύτερα αποτελέσματα ως προς την εξήγηση της διακύμανσης των ειδών, από τη χρήση του πρώτου επιπέδου. Από την άλλη όμως, η χρήση του πρώτου επιπέδου είναι προτιμητέα όταν απαιτείται απλοποίηση της πληροφορίας που περιέχει ένα τοπίο, π.χ. για μέτρηση της έκτασης των ανθρωπογενών χρήσεων γης και των αγροτικών εκτάσεων.



Οι περισσότερες χρήσεις γης, όταν μελετούνται σε ευρείς κλίμακες επιπέδου ηπείρου, καθορίζονται από τις κλιματικές συνθήκες, με τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση να είναι οι κύριοι παράγοντες (Thuiller, et al., 2004). Ακριβώς όμως αυτή η συσχέτιση υπονοεί την αλληλεξάρτηση μεταξύ των χρήσεων γης και των κλιματικών συνθηκών, χωρίς βέβαια αυτό να εφαρμόζεται σε όλες τις κατηγορίες χρήσεων γης. Εξαιρέση αποτελούν οι εσωτερικοί υγρότοποι, τα κωνοφόρα δάση και οι εκτάσεις καλλιεργήσιμης γης, χρήσεις, όμως, που καλύπτουν εκτενείς εκτάσεις.

Είναι γνωστό ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν μεταβάλει τη δομή των τοπίων με χαρακτηριστικά, αλλά όχι εξαντλητικά παραδείγματα, την αποψίλωση των δασών για χρήση τους εδάφους σαν καλλιεργήσιμη γη και με την επέκταση και διείσδυση των πόλεων, οικισμών και οδικών υποδομών σε φυσικές περιοχές. Κατά μήκος των μεσογειακών ακτών η αστική εξάπλωση συμβαίνει εις βάρος της γεωργικής γης (Brotons and Reunanen, 2005; Haines-Young, 2009). Μία από τις πλέον καταστροφικές επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι ο κατακερματισμός των τοπίων, ως συνέπεια της διάνοιξης καινούργιων οδικών αρτηριών. Όλες αυτές οι δραστηριότητες έχουν την τάση να μειώνουν τα ενδιαιτήματα των ειδών και να απλοποιούν τη δομή του τοπίου δημιουργώντας μεγάλες εκτάσεις ομοιογενών χρήσεων γης και δρόμους που διαπερνούν, διασπών και κατακερματίζουν τα ενδιαιτήματα, επιδρώντας στις διακινήσεις των ειδών. Οι καλυμμένες επιφάνειες από αδιαπέραστα υλικά, όπως είναι η άσφαλτος, διαφοροποιεί τη ροή φερτών υλικών (επιρεάζει δηλαδή τη λειτουργία των τοπίων). Η επίδραση δηλαδή και στα τρία βασικά χαρακτηριστικά που διέπουν το τοπίο (δομή, λειτουργία και αλλαγή δια μέσω του χρόνου) είναι φανερή.

Επιπλέον των πιο πάνω αλλαγών που επιφέρουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες στα τοπία, είναι σημαντικό να προστεθεί και η μονόδρομη τάση των αστικών χρήσεων γης, οι οποίες δεν είναι δυνατό να μετατραπούν σε άλλη χρήση ή κάλυψη γης, όπως π.χ. συμβαίνει με τις αγροτικές και δασικές χρήσεις γης, οι οποίες, δεδομένων των κατάλληλων συνθηκών, η μία μετατρέπεται στην άλλη. Πέραν της μακράς διάρκειας επίπτωση που δημιουργούν οι αστικές εκτάσεις, έρχεται να προστεθεί και η αυξημένη απειλή που αυτά αποτελούν για την βιοποικιλότητα και τη διατήρησή της (Turner and Gardner, 2015, p.51). Για παράδειγμα η Böhning-Gaese (1997) μελετώντας τους παράγοντες που εξηγούν την αφθονία ειδών πτηνοπανίδας, κατέληξε σε αρνητική συσχέτιση με τους οικισμούς και στις δύο υπό μελέτη κλίμακες. Εν κατακλείδι, οι χρήσεις γης και ο τρόπος που αυτές διατάσσονται στο χώρο για να συνθέσουν ένα ετερογενές

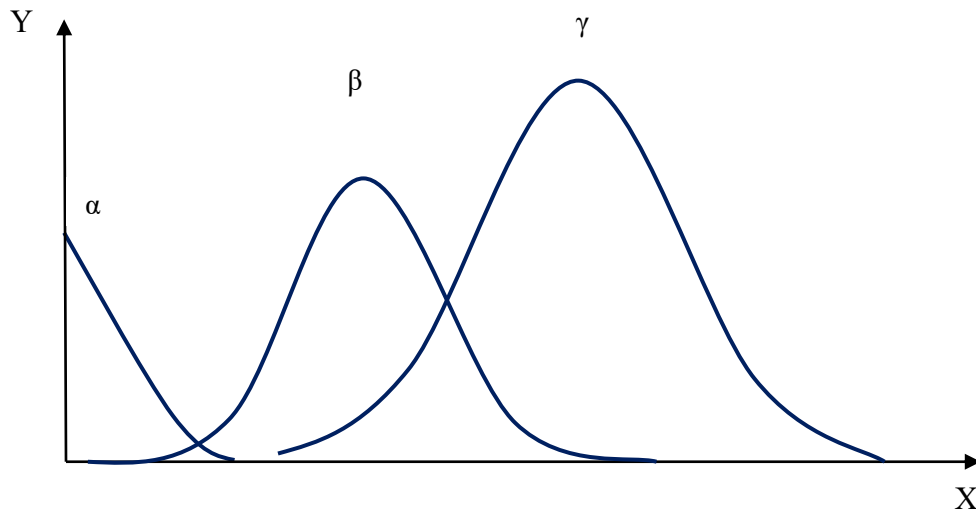
τοπίο, επιδρούν στις λειτουργίες των οργανισμών, επίδραση η οποία μελετάται από την επιστήμη της οικολογίας τοπίου (Opdam, et al., 2002).

## **2.2 Βιοποικιλότητα, Χρήσεις Γης και Δομή Τοπίου**

Οι διάφοροι οργανισμοί χρειάζονται διαφορετικά περιβάλλοντα για διαβίωση, αναπαραγωγή και εύρεση τροφής. Η αντίδραση των οργανισμών στις συνεχώς μεταβαλλόμενες από τον άνθρωπο χρήσεις γης, που καταλήγουν σε αναδιάρθρωση της δομής του τοπίου, απώλεια και κατακερματισμό των ενδιαιτημάτων, έχει πυροδοτήσει πληθώρα μελετών. Παραδείγματα που έχουν εντοπιστεί κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση (χωρίς αυτά να είναι εξαντλητικά) αφορούν την αλληλεπίδραση μεταξύ ειδών σε ετερογενή τοπία όπως η σχέση θηρευτών και θηραμάτων, η επιλογή ενδιαιτήματος, η επίδραση του τοπίου στη συμπεριφορά των ειδών, οι επιδράσεις συγκεκριμένων χρήσεων γης στη βιοποικιλότητα, προβλέψεις της επίπτωσης των αλλαγών των χρήσεων γης στα είδη κλπ.

Πολλά είδη εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες που υπάρχουν σε ένα ενδιαίτημα και μπορεί να υποθεθεί ότι η βιοποικιλότητα καθορίζεται από τη δομή του τοπίου ως έκφραση των περιβαλλοντικών συνθηκών και της χρήσης γης (Walz and Syrbe, 2013). Άλλωστε σαν χωρική ετερογένεια του τοπίου ορίζεται ο συνδυασμός διαφορετικών ενδιαιτημάτων ή κατηγοριών καλύψεων γης, ενώ υπάρχει διαχωρισμός από την εντός ενός ενδιαιτήματος ετερογένεια η οποία συνήθως εκφράζεται από την ποικιλότητα και τη δομή της βλάστησης (Stein and Krefl, 2015). Η ετερογένεια του τοπίου έχει δεθεί στενά με την αύξηση της βιοποικιλότητας (Kisel, et al., 2011), χωρίς όμως να παραγνωρίζεται η φυσική επιλογή για συγκεκριμένα ενδιαιτήματα από τους οργανισμούς. Έτσι η βιοποικιλότητα δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες ενός μεμονωμένου οικοτόπου αλλά και από τη χωρική αλληλεπίδραση μεταξύ των οικοσυστημάτων καθώς και των ανθρωπογενών στοιχείων (Walz and Syrbe, 2013) ειδικά στην κλίμακα τοπίου (Barbaro, et al., 2007). Σε μεγάλες κλίμακες, (χώρας, ηπείρου) γεωμορφολογικές και βιοκλιματικές διεργασίες οδηγούν την εμφάνιση των ειδών σε διαβαθμίσεις (Barbaro, et al., 2007), με τις περιβαλλοντικές συνθήκες να ασκούν μεγαλύτερη επίδραση στην αφθονία των ειδών από ότι οι χρήσεις γης (Thuiller, et al., 2004; Mehr, et al., 2011). Σε κλίμακα τοπίου ή περιφέρειας, οι αβιοτικοί παράγοντες αλληλεπιδρούν με τους βιοτικούς παράγοντες και τις ανθρώπινες δραστηριότητες, καταλήγοντας σε πολύπλοκα χωρικά πρότυπα κατανομής των ειδών. Σε τοπική κλίμακα, το μικροκλίμα και οι βιοτικές αλληλεπιδράσεις είναι οι πιο καθοριστικοί παράγοντες (Barbaro, et al., 2007). Στις βιοτικές

αλληλεπιδράσεις συγκαταλέγονται οι χρήσεις/καλύψεις γης και η βλάστηση (Stein and Kreft, 2015). Έτσι σε τοπικές κλίμακες και κλίμακες περιφέρειας οι χρήσεις γης ασκούν σημαντικότερη επίδραση από ότι οι κλιματικές συνθήκες (Mehr, et al., 2011).



**Σχήμα 2.3:** Σχηματική παρουσίαση της κατανομής (Y) τριών ειδών κατά μήκος της κλίμακας διαβάθμισης μίας παραμέτρου του περιβάλλοντός τους (X). Τα είδη (β) και (γ) παρουσιάζουν μονοκόρυφη (unimodal) συμπεριφορά ενώ το είδος (α), στα αριστερά, εμφανίζει μονότονη (γραμμική) συμπεριφορά γιατί το μέγιστό του βρίσκεται έξω από το εύρος τιμών που έχουν μετρηθεί. Αναπροσαρμογή από ter Braak and Verdonschot, 1995.

Κάθε είδος ευημερεί σε ένα συγκεκριμένο εύρος μίας βιοτικής ή αβιοτικής παραμέτρου του περιβάλλοντός του, ενώ πιθανόν να μην μπορεί να επιβιώσει στις ακραίες τιμές αυτής της παραμέτρου (ter Braak and Verdonschot, 1995). Το συγκεκριμένο εύρος είναι αυτό που χαρακτηρίζει τον οικολογικό του θώκο. Ο οικολογικός θώκος, μία έννοια δυναμική, περιλαμβάνει τον τρόπο αλληλεπίδρασης του είδους με άλλα είδη (ανταγωνισμός, θήρευση κλπ). Έτσι τα είδη τείνουν να διαχωρίζουν τους οικολογικούς τους θώκους για να μειώσουν τις πιέσεις που δέχονται. Αυτή η μονοκόρυφη σχέση των ειδών κατά μήκος μίας περιβαλλοντικής παραμέτρου παρουσιάζεται στο σχήμα 2.3.

Σε επίπεδο τοπίου, όπου αυτό εκφράζει μία ενδιάμεση χωρική κλίμακα μεταξύ της συνήθους διαβίωσης ενός είδους και της περιφερειακής κατανομής του, οι Dunning, et al., (1992), περιγράφουν δύο βασικές οικολογικές διεργασίες των ειδών οι οποίες επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά του τοπίου: τη χρήση των ενδιαιτημάτων συμπληρωματικά μεταξύ τους και τη χρήση τους σαν υποκατάστατα. Ο πληθυσμός ενός είδους το οποίο χρειάζεται πόρους για την επιβίωση του από δύο διαφορετικά ενδιαιτήματα, τα οποία δρουν συμπληρωματικά, ευνοείται

όταν τα δύο ενδιαιτήματα βρίσκονται σχετικά κοντά και σε επαρκή ποσότητα (landscape complementation). Όταν ένα είδος χρησιμοποιεί μόνο ένα συγκεκριμένο ενδιαιτήμα, το οποίο είναι κατακερματισμένο, οι πιθανότητες επιβίωσής του αυξάνονται όταν τα κατακερματισμένα τμήματα βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους ώστε το είδος να είναι σε θέση να τα χρησιμοποιεί σαν εναλλακτικές επιλογές και υποκατάστατα (landscape supplementation). Όταν ένα τοπίο αδυνατεί να στηρίξει την επιβίωση ενός ή περισσότερων ειδών είτε μέσω της συμπληρωματικότητας μεταξύ των ενδιαιτημάτων είτε της χρήσης υποκατάστατων, τότε η αφθονία ειδών σε αυτή την περιοχή τείνει να είναι μειωμένη (Dunning, et al., 1992).

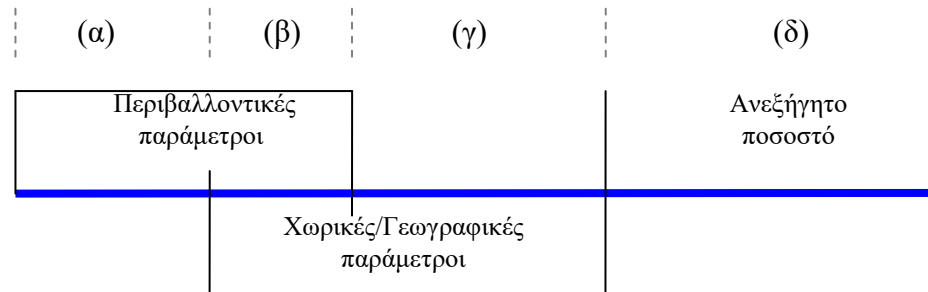
Η ποικιλότητα των ειδών, εκφρασμένη σαν αριθμός ειδών (richness), ανάλογα με την κλίμακα στην οποία μελετάται, εκφράζεται σαν  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$  – ποικιλότητα. Η  $\alpha$  - ποικιλότητα αφορά την ποικιλότητα των ειδών σε μία τοποθεσία ή εντός ενός ενδιαιτήματος. Σαν  $\beta$  - ποικιλότητα νοείται η διαφορά ως προς την ποικιλότητα των ειδών ανάμεσα σε διαφορετικές τοποθεσίες και η  $\gamma$  - ποικιλότητα αφορά την ποικιλότητα των ειδών σε μεγαλύτερες κλίμακες, συνήθως σε περιφερειακό επίπεδο (Legendre, et al., 2005). Η  $\alpha$  – ποικιλότητα αυξάνει όσο μεγαλώνει η δειγματοληπτική επιφάνεια (Hill, 1973). Η διαφορές στη σύνθεση των ειδών μεταξύ διαφορετικών τοποθεσιών ( $\beta$  – ποικιλότητα) οφείλεται είτε σε τοπικές εσωτερικές διεργασίες μεταξύ των ειδών, όπως διάφορες διαταραχές, θήρευση, ανταγωνισμός μεταξύ των ειδών κλπ ή σαν απόκριση σε εξωτερικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες (Wagner, 2004). Ο Baselga (2010) περιγράφει και προσπαθεί να διαχωρίσει τα δύο, αντικρουόμενα μεταξύ τους, φαινόμενα που αντικατοπτρίζουν τα μοτίβα της  $\beta$  – ποικιλότητας ανάμεσα στις περιοχές. Το πρώτο φαινόμενο περιγράφει τη χωρική αντικατάσταση των ειδών (spatial species turnover) και το δεύτερο φαινόμενο αναφέρεται στο «εμφώλιασμα» των ειδών εντός των περιοχών (nestedness of assemblage). Το πρώτο φαινόμενο υπονοεί την αντικατάσταση κάποιων ειδών που υπάρχουν σε μία περιοχή από κάποια άλλα είδη, σαν αποτέλεσμα των περιβαλλοντικών διαβαθμίσεων και ιστορικών περιορισμών. Το δεύτερο φαινόμενο περιγράφει τις περιπτώσεις που η βιοποικιλότητα που υπάρχει σε περιοχές φτωχές σε είδη αποτελεί υποσύνολο της βιοποικιλότητας των πλουσιότερων περιοχών και υπονοεί την απώλεια ειδών.

Παρόλο που η βασικότερη και απλούστερη μέτρηση της βιολογικής πολυμορφίας είναι η μέτρηση του αριθμού των ειδών σε μία περιοχή (species richness), αυτή δεν λαμβάνει υπόψη άλλα συστατικά της βιολογικής ποικιλότητας όπως είναι ο αριθμός του πληθυσμού κάθε είδους ή η σημαντικότητα του κάθε είδους σε μία περιοχή, καθώς όλα τα είδη αντιμετωπίζονται σαν ισότιμα και λαμβάνουν ίδια βαρύτητα (Gotelli and Chao, 2013). Επίσης ο τρόπος μέτρησης των

ειδών στο πεδίο έχει μεγάλη επιρροή στο τελικό αποτέλεσμα του αριθμού των ειδών καθώς αυτός εξαρτάται από τον χρόνο που αφιέρωσε ο κάθε πτηνοπαρατηρητής, την περιοχή που κάλυψε και την εμπειρία του (Walther and Martin, 2001). Καθώς όμως είναι θεμελιώδες μέτρο της βιοποικιλότητας, τόσο για σύγκριση μεταξύ περιοχών όσο και για εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις μειώσεις που έχουν δεχθεί οι πληθυσμοί των ειδών χρονικά ή και χωρικά καθώς και για προώθηση μέτρων διατήρησης της ποικιλότητας, είναι σημαντικό να γίνεται τυποποίηση του ώστε η σύγκριση να είναι αξιόπιστη. Αρκετές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για να βοηθήσουν προς αυτή την κατεύθυνση και να απαλείψουν τις παγίδες που συνοδεύουν τον προσδιορισμό του αριθμού των ειδών και η χρήση τους ενίοτε είναι επιβεβλημένη (Gotelli and Colwell, 2001).

Τα έμβια όντα, όπως και οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του χώρου και του περιβάλλοντος, δεν διατάσσονται ούτε τυχαία ούτε ομοιόμορφα στο χώρο, αλλά η κατανομή τους καθορίζεται από την παρόμοια απόκρισή τους σε συγκεκριμένες συνθήκες (Legendre, 1993). Επιπλέον η χωρική κατανομή της αφθονίας των ειδών μπορεί να οφείλεται εν μέρει στη χωρική κατανομή των πόρων ή των ενδιαιτημάτων τους (Christman, 2008). Η δυναμική των πληθυσμών μιας κοινότητας και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών, διεργασίες οι οποίες εξαρτώνται από τοπικούς παράγοντες, δημιουργούν χωρική αυτοσυσχέτιση και επιπλέον, η χωρική δομή των περιβαλλοντικών παραγόντων δημιουργεί χωρική εξάρτηση στις βιοτικές κοινότητες (Wagner, 2004; Dray, et al., 2006). Αυτές οι αλληλεπιδράσεις των ειδών με τον γεωγραφικό χώρο, οδηγούν στην εμφάνιση συγκεκριμένων χωρικών προτύπων στην κατανομή των ειδών. Έτσι, η μελέτη των αιτιών που οφείλονται για τη χωρική διακύμανση των ειδών δεν μπορεί να γίνει πλήρως αντιληπτή αν δεν ληφθεί υπόψη ο γεωγραφικός χώρος. Η χωρική δομή των οικολογικών δεδομένων θέτει το πρόβλημα της σχετικής συνεισφοράς των διαφόρων παραγόντων, καθώς αυτή η χωρική δομή μπορεί να διαφοροποιήσει τα αποτελέσματα βάσει των υποκείμενων διεργασιών που την έχουν δημιουργήσει (Borcard, et al., 1992). Γι' αυτό είναι σημαντικό να υπολογίζεται η χωρική εξάρτηση των δεδομένων των ειδών, λαμβάνοντας υπόψη τις γεωγραφικές συντεταγμένες των δειγματοληπτικών σημείων (Legendre and Fortin, 1989). Αυτή η αλληλεπίδραση φαίνεται στο σχήμα 2.4, με το κλάσμα ( $\beta$ ) να ερμηνεύει το πρόβλημα της χωρικής εξάρτησης των οικολογικών δεδομένων. Αυτό αντιπροσωπεύει την κοινή συνεισφορά των περιβαλλοντικών και γεωγραφικών παραμέτρων στην εξήγηση της διακύμανσης των ειδών και είναι συνέπεια των σχέσεων των ειδών με χωρικά δομημένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Το συγκεκριμένο κλάσμα πρέπει να αφαιρείται από την τελική εξίσωση του μοντέλου, ώστε να διαφανεί η

καθαρή και ανεξάρτητη επίδραση των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Αποτυχία μέτρησης και αφαίρεσης του συγκεκριμένου κλάσματος μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ειδών και των μετρούμενων περιβαλλοντικών ή άλλων συνθηκών (Borcard, et al., 1992).



**Σχήμα 2.4:** Διαμερισμός της διακύμανσης των δεδομένων των ειδών. Φαίνεται η κοινή συνεισφορά των γεωγραφικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων στην εξήγηση της διακύμανσης των ειδών από το κλάσμα (β). Αναπροσαρμογή από Borcard, et al., (1992).

Το μέγεθος και το σχήμα των χωροσηφίδων έχει άμεση επίδραση στη βιωσιμότητα και τις λειτουργίες των οργανισμών (Turner, 1989). Βασική λειτουργία των έμβιων όντων, που επηρεάζεται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του τοπίου και επιδρά στη δυναμική και στη σύσταση των πληθυσμών, είναι η σχέση μεταξύ θηρευτή και θηράματος (Dunning, et al., 1992). Η δομή του τοπίου είναι υπεύθυνη για την πιθανότητα συνάντησης των θηρευτών με το θήραμά τους, μπορεί να καταστήσει το θήραμα περισσότερο ή λιγότερο επιρρεπές στη θήρευση και να καθορίσει το αποτέλεσμα του κυνηγιού. Οι παρυφές μπορεί να αποτελέσουν ευνοϊκό βιότοπο για κάποια είδη και χώρο αποφυγής για κάποια άλλα. Μικρά σε μέγεθος κατατμήματα έχουν μεγαλύτερο λόγο παρυφών/ συνολικής έκτασης και άρα μεγαλύτερη αναλογία οικοτόνων μεταξύ των γειτονικών καλύψεων γης. Ο Berg (1997) έχει καταμετρήσει μεγαλύτερη πυκνότητα πουλιών στις παρυφές μεταξύ γεωργικής και δασικής γης από ότι σε συνεχή και κατακερματισμένα από γεωργική γη τμήματα δασών. Είδη που θηρεύουν αβγά και νεοσσούς, όπως και τα παρασιτικά είδη πουλιών (π.χ. ο κούκος), συναντιούνται συχνά στις παρυφές με αποτέλεσμα τα είδη που συνιστούν τα θηράματα τους, να έχουν χαμηλή αναπαραγωγική επιτυχία σε κατακερματισμένα ενδιαιτήματα με υψηλό ποσοστό παρυφών (Dunning, et al., 1992). Μεγαλύτερα κατατμήματα έχουν περισσότερο εσωτερικό ενδιαίτημα, το οποίο ευνοεί είδη τα οποία διαβιούν μακριά από τους οικοτόνους, όπως είναι τα ευάλωτα και ενδημικά πουλιά. Αντίστοιχα κατατμήματα με απλά γεωμετρικά σχήματα έχουν μικρότερο λόγο παρυφών/ συνολικής έκτασης από τα κατατμήματα των οποίων το σχήμα είναι ακανόνιστο. Οι

Helzer and Jelinski, (1999) έχουν βρει πολύ διαφορετικές κοινωνίες πουλιών σε μικρά λιβαδικά ενδιαιτήματα με μεγάλη αναλογία περιμέτρου/έκτασης από ότι σε μεγαλύτερα ενδιαιτήματα με μικρή αναλογία περιμέτρου/έκτασης.

Το μέγεθος των χωροψηφίδων έχει, επίσης, άμεσες επιπτώσεις στους οργανισμούς, με μεγαλύτερες περιοχές να έχουν χαμηλότερους ρυθμούς εξαφάνισης ειδών καθώς τα είδη είναι σε θέση να επιβιώσουν μετά από καταστροφές που πλήττουν ένα μόνο τμήμα της περιοχής (Kisel, et al., 2011). Επιπλέον, το μέγεθος της χωροψηφίδας επηρεάζει την μεταξύ του ενδιαιτήματος ετερογένεια, με μεγαλύτερες χωροψηφίδες να έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να παρουσιάζουν πιο ετερογενείς συνθήκες (Berg, 1997) και άρα μεγαλύτερο βαθμό ειδογένεσης και εξειδίκευσης των ειδών σε διαφορετικά ενδιαιτήματα (Kisel, et al., 2011). Επιπλέον σε περιοχές με υψηλή ποικιλότητα οικοτόπων ή περιβαλλοντικών συνθηκών, υπάρχουν περισσότεροι συνδυασμοί οικολογικών θώκων, αυξάνοντας έτσι τον αριθμό των ειδών που μπορούν να συνυπάρχουν σε ισορροπία. Η Fahrig (2013), υποστηρίζει τη θεωρία της επίδρασης της έκτασης του ενδιαιτήματος, όπου η ποικιλότητα των ειδών σε μία περιοχή, επηρεάζεται από την συνολική έκταση του ενδιαιτήματος ανεξαρτήτου της διάταξης των χωροψηφίδων, που απαρτίζουν το ενδιαίτημα, στο χώρο. Δηλαδή ο ίδιος αριθμός ειδών ευρίσκεται σε μία περιοχή που περιέχει μία ενιαία χωροψηφίδα συγκεκριμένης έκτασης και σε μία περιοχή που η ίδια έκταση μοιράζεται σε μικρότερες χωροψηφίδες οι οποίες καταλαμβάνουν, μαζί με την μήτρα, μεγαλύτερη έκταση από ότι η ενιαία χωροψηφίδα. Βέβαια, όπως τονίζει η συγγραφέας, η θεωρία αυτή εφαρμόζεται μόνο σε είδη που χρησιμοποιούν συγκεκριμένα ενδιαιτήματα. Από την άλλη, οι Fischer and Lindenmayer (2002) συζητούν την αξία που έχουν τα μικρά σε μέγεθος ενδιαιτήματα σε ένα τοπίο για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας των πουλιών, καθώς από τα αποτελέσματά τους φαίνεται ότι ένας σημαντικός αριθμός ειδών πουλιών έχουν καταμετρηθεί σε μικρά υπολείμματα ενδιαιτημάτων. Είναι όμως σημαντική η παρατήρηση, ότι αυτά τα υπολείμματα πιθανόν να δρουν συμπληρωματικά ως προς την αναζήτηση πόρων και ίσως τα είδη να μην αναπαράγονται σε αυτά.

Ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιεί ο άνθρωπος τη γη και η ένταση της οικονομικής δραστηριότητας η οποία επιτελείται σε κάθε τοπίο έχει άμεσες επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα της περιοχής. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες τείνουν να τεμαχίζουν το τοπίο σε απλές γεωμετρικές γραμμές (Turner, 1989), απλοποιώντας στην ουσία τον χώρο, μειώνοντας τους φυσικούς διαδρόμους μεταξύ των χρήσεων γης και απομονώνοντας τις μεταξύ τους. Η μετακίνηση και η διασπορά όμως των ειδών στον χώρο κατά την αναζήτηση βέλτιστων

βιοτόπων, είναι λειτουργία με τεράστιες δυσμενείς επιπτώσεις στη δυναμική των πληθυσμών των ειδών όταν παρεμποδίζεται (Johnson, et al., 1992; Opdam, et al., 2002). Η αυξημένη ικανότητα διασποράς έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τα ποσοστά εξαφάνισης των ειδών και αυξάνει το ρυθμό γενετικής διαφοροποίησης (Kisel, et al., 2011). Μικρά και απομακρυσμένα μεταξύ τους κατατμήματα συντηρούν μικρότερο αριθμό ειδών και ατόμων με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος εξαφάνισής τους, όπως ορίζεται και από τη θεωρία των μεταπληθυσμών. Όλες αυτές οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις με τις συνεπακόλουθες επιπτώσεις τους, τείνουν να εμποδίζουν τα οικοσυστήματα να ανακάμψουν μετά από διαταραχές ή καταστροφές, όπως για παράδειγμα η υπερβόσκηση και οι πυρκαγιές.

### **2.2.1 Πτηνοπανίδα**

Τα πουλιά συνιστούν μία μεγάλη οικογένεια, αποτελούμενη από δεκάδες είδη με διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Τα στρουθιόμορφα (passerines) επιλέγουν να συλλέγουν την τροφή τους από εκτάσεις με αραιή βλάστηση ενώ τα θηρεύσιμα είδη προτιμούν να τρέφονται και να φωλιάζουν σε πυκνή βλάστηση για προστασία από τους θηρευτές. Οι κορυδαλλοί (skylarks) από την άλλη επιλέγουν ανοιχτές εκτάσεις, πιθανόν για να εντοπίζουν τους θηρευτές τους (Benton, et al., 2003). Οι προτιμήσεις των πουλιών σε ενδιαίτηματα επίσης παρουσιάζει μεγάλη διασπορά, πχ κάποια είδη προτιμούν δασώδεις περιοχές ή αγροτικές εκτάσεις, υγροβιότοπους ενώ άλλα συμβιώνουν με τους ανθρώπους σε οικισμούς και πόλεις. Ακόμη όμως και στον ίδιο οικότοπο τα διάφορα είδη των πουλιών έχουν αναπτύξει μηχανισμούς και εξειδικεύσεις ώστε να αποφεύγουν τον ανταγωνισμό. Παράδειγμα αποτελούν τα δασικά είδη όπου κάποια συναντώνται στο έδαφος (π.χ. κότσυφες), άλλα τρέφονται στους κορμούς (όπως είναι οι δεντροβάτες), ενώ άλλα προτιμούν την κόμη των δέντρων με χαρακτηριστικό παράδειγμα τους σταυρομύτηδες. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό των πουλιών, που τα συνδέει ακόμη πιο στενά με τον περιβάλλοντα χώρο τους, είναι η μετανάστευση μεταξύ των εποχιακών βιοτόπων τους. Αυτό καθιστά την μελέτη τους δύσκολη καθώς κάποια είδη αντιδρούν στις τοπικές συνθήκες του βιότοπού τους ενώ άλλα αντιδρούν στη δομή των οικοτόπων σε κλίμακα τοπίου (Morelli et al., 2013). Για παράδειγμα, οι Khanaposhtani, et al., (2012), μελετώντας τα δασικά είδη πουλιών σε περιοχή του βόρειου Ιράν, υποστηρίζουν ότι τα είδη πουλιών μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: αυτά που προτιμούν ανοικτές εκτάσεις με αραιή θαμνώδη βλάστηση και αυτά που ευνοούνται από ψηλή βλάστηση με πλούσιο υπόροφο.

Η ποικιλότητα της πτηνοπανίδας αποτελεί το αντικείμενο έρευνας της πλειοψηφίας των μελετών που ασχολήθηκαν με την επίδραση της δομής του τοπίου στη βιοποικιλότητα



(Böhning-Gaese, 1997; Tews, et al., 2004; Uuemaa, et al., 2009; Stein and Krefl, 2015 κλπ), ακριβώς λόγω της ευκολίας στην καταμέτρησή της και της ύπαρξης διαθέσιμων δεδομένων για σειρά ετών (Robertson, et al., 2010). Επιπλέον, τα πουλιά με τις διάφορες θέσεις που κατέχουν στην τροφική αλυσίδα (αρπακτικά είδη, εντομοφάγα, σποροφάγα) αποτελούν έναν αντιπροσωπευτικό και εύχρηστο παράλληλα δείκτη για την αξιολόγηση των επιδράσεων που έχουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες στην ποικιλότητα και άλλων ομάδων οργανισμών (Gregory, et al., 2008). Έτσι, τα πουλιά αποτελούν έναν καλό δείκτη για αποτύπωση της γενικής κατάστασης της βιοποικιλότητας. Ένας ακόμη λόγος της σημασίας της μελέτης της ποικιλότητας και της αφθονίας της ορνιθοπανίδας είναι η ικανότητά τους να αντικατοπτρίζουν την οικολογική κατάσταση των ενδιαιτημάτων μέσα από τις αυξητικές ή πτωτικές τάσεις στους πληθυσμούς τους, λόγω της ευαισθησίας τους σε αλλαγές του περιβάλλοντος στο οποίο διαβιούν (Yuan, et al., 2014). Παραδείγματος χάριν, ένας από τους περιβαλλοντικούς δείκτες που αποτελεί ένδειξη της καλής υγείας των γεωργικών οικοσυστημάτων και αξιολόγησης της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής, είναι η μεταβολή του πληθυσμιακού μεγέθους των πουλιών τα οποία είναι κοινά σε αυτά τα οικοσυστήματα (Gregory, et al., 2008). Συνοψίζοντας, οι λόγοι της σημαντικότητας της μελέτης της κατάστασης της πτηνοπανίδας είναι οι ακόλουθοι:

1. Αξιολόγηση της βιοποικιλότητας και άλλων ειδών/οργανισμών
2. Αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης των ενδιαιτημάτων
3. Ευκολία στη μέτρηση, ύπαρξη διαθέσιμων δεδομένων

Τα δεδομένα που συλλέγονται από τα προγράμματα Άτλας, για την καταμέτρηση των φωλεάζωντων πουλιών σε προκαθορισμένες γεωγραφικά περιοχές από ομάδες εθελοντών, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εξέταση του τρόπου απόκρισης της πτηνοπανίδας με τις χωρικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους. Άλλωστε η ανάπτυξη καινούργιων ερευνητικών πεδίων, θεωριών και αναλυτικών τεχνικών στον τομέα της προστασίας της βιοποικιλότητας και της βιογεωγραφίας, βασίζεται άμεσα στην ύπαρξη υψηλής ποιότητας δεδομένων της κατανομής των πουλιών (Robertson, et al., 2010). Μία από τις βασικές επιδιώξεις των προγραμμάτων Άτλας είναι η παροχή δεδομένων που να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ διαφορετικών περιοχών και να εντοπίσουν χρονικές μεταβολές. Αρκετοί μελετητές έχουν αξιοποιήσει τα συγκεκριμένα δεδομένα με σκοπό να μελετήσουν τις παραμέτρους που επιδρούν στην ποικιλότητα της πτηνοπανίδας, συγκρίνοντας τη μεταβολή της β – ποικιλότητας ανάμεσα στις διάφορες προκαθορισμένες δειγματοληπτικές επιφάνειες (Fuller, et al., 2005).

Διάφορες μετρήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί για να εκφράσουν την ποικιλότητα της πτηνοπανίδας, όπως η αφθονία των πουλιών στο σύνολό τους (Heikkinen, et al., 2004; Pickett and Siriwardena, 2011) ή η αφθονία συγκεκριμένων ειδών ή λειτουργικών ομάδων με παρόμοια χαρακτηριστικά (Bartolommei, et al., 2013; Galitsky and Lawler, 2015), η ποικιλότητα των ειδών (Böhning-Gaese, 1997; Atauri and de Lucio, 2001) και η κατανομή τους. Οι Cushman and McGarigal (2004b) ερευνήσαν πως ο τρόπος κωδικοποίησης των δεδομένων των πτηνών (δεδομένα αφθονίας πουλιών έναντι δεδομένων παρουσίας - απουσίας ειδών) έχει επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα της σχέσης μεταξύ των ειδών και των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Κατέληξαν ότι δεδομένα αφθονίας παρέχουν καλύτερη εξήγηση της διακύμανσης των ειδών από τις περιβαλλοντικές μετρικές σε σχέση με τα δεδομένα παρουσίας - απουσίας, ειδικά σε κλίμακα χωροψηφίδας.

### **2.2.2 Πτηνοπανίδα, Χρήσεις Γης και Δομή Τοπίου**

Πληθώρα μελετών έχει ερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει την πτηνοπανίδα η δομή του τοπίου και οι διάφορες πτυχές της βλάστησης, τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και σε κλίμακα τοπίου (Thornton, et al., 2011; Galitsky and Lawler, 2015; Stein and Krefl, 2015). Αρκετές εκ των μελετών καταλήγει σε θετική συσχέτιση μεταξύ της ετερογένειας του τοπίου και της αύξησης της ποικιλότητας των ειδών (Tews, et al., 2004), ειδικά σε μικρές χωρικές κλίμακες της τάξης των 0.0025-0.4 km<sup>2</sup> (Böhning-Gaese, 1997). Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι τα ετερογενή τοπία προσφέρουν εξ ορισμού περισσότερους οικολογικούς θώκους (MacArthur and MacArthur, 1961; Uuemaa, et al., 2009) δυνητικά κατάλληλους προς ικανοποίηση των αναγκών περισσότερων οργανισμών με διαφορετικές απαιτήσεις, μειώνοντας παράλληλα και τον ανταγωνισμό μεταξύ τους (Berg, 1997) και επιτρέποντας έτσι τη συνύπαρξη τους (Stein and Krefl, 2015). Προς επιβεβαίωση, οι Bartolommei, et al., (2013), βάσει των αποτελεσμάτων τους, θεωρούν ότι η ετερογένεια στα γεωργικά οικοσυστήματα μπορεί να διευκολύνει τη συνύπαρξη διαφορετικών ειδών νυκτόβιων πουλιών, καθώς κάθε είδος προτιμά διαφορετικές χρήσεις γης.

Η χρήση μη παραδοσιακών τεχνικών, όπως είναι η αμειψισπορά και η αγρανάπαυση, η εντατικοποίηση της γεωργίας με χρήση λιπασμάτων και εντομοκτόνων, η αλλαγή στο σχήμα και τον τρόπο διαχωρισμού των χωραφιών (μη χρήση δεντροστοιχιών στα όρια των τεμαχίων) έχουν την τάση να καθιστούν το τοπίο ομοιογενές (Benton, et al., 2003), μειώνοντας παράλληλα και την ποιότητα του συγκεκριμένου ενδιαίτηματος. Έτσι η μελέτη των γεωργικών

οικοσυστημάτων αποτελεί καλό υπόβαθρο για κατανόηση των επιπτώσεων της ομοιομορφίας του τοπίου στα πουλιά (Pickett and Siriwardena, 2011). Δεν είναι άλλωστε τυχαίο που οι δύο κυριότερες χρήσεις γης οι οποίες εμφανίζονται συχνότερα στη μελέτη της πτηνοπανίδας σε σχέση με τη χωρική της εξάρτηση, είναι οι γεωργικές εκτάσεις και τα δασικά οικοσυστήματα.

Οι Pickett and Siriwardena, (2011) μελετώντας τη σχέση της αφθονίας των πουλιών σε γεωργικά οικοσυστήματα και των παραμέτρων που την επηρεάζουν, κατέληξαν ότι η ετερογένεια είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την πλειοψηφία των πουλιών, αλλά όχι για τα μεταναστευτικά και αυτά που φωλιάζουν στο έδαφος, είδη τα οποία είναι και πιο ευάλωτα, τα οποία προτιμούν πιο ομοιογενή τοπία. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και οι Katayama et al. (2014) με την ετερογένεια να ευνοεί την πλειοψηφία των ειδών με εξαίρεση τα είδη με περιορισμένη εξάπλωση και προτίμηση σε συγκεκριμένο ενδιαίτημα (narrow-ranging species), τα οποία ευνοούνται από ομοιογενείς χωρικές διατάξεις του τοπίου. Σε ανάλογα αποτελέσματα κατέληξαν και οι Aauri and de Lucio, (2001), οι οποίοι μελέτησαν τον τρόπο επίδρασης της δομής του τοπίου στην αφθονία διαφόρων ειδών, ήτοι πουλιά, ερπετά, αμφίβια και πεταλούδες. Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την αφθονία σε είδη πουλιών και πεταλούδων είναι η ετερογένεια του τοπίου, ενώ τα αμφίβια και τα ερπετά ευνοούνται κυρίως από την αφθονία συγκεκριμένων χρήσεων γης, λόγω της μικρής ικανότητάς τους να μετακινηθούν. Όλα αυτά τα αποτελέσματα καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η συσχέτιση μεταξύ της δομής του τοπίου και της ποικιλότητας των ειδών πρέπει να εξετάζεται λαμβάνοντας υπόψη το είδος προς μελέτη στην κατάλληλη κλίμακα. Γενικά παρατηρείται ότι είδη τα οποία εξαρτώνται από ένα συγκεκριμένο ενδιαίτημα για τις λειτουργίες τους ευνοούνται από τη μείωση της δομικής ετερογένειας του τοπίου, καθώς έτσι αυξάνεται το μέγεθος του επιθυμητού βιότοπου, ενώ είδη τα οποία χρησιμοποιούν δύο ή περισσότερα ενδιαίτηματα ευνοούνται από αύξηση τόσο της δομικής ετερογένειας όσο και της ετερογένειας σύνθεσης (Fahrig and Nuttle, 2005).

Ένα επίσης ενδιαφέρον αποτέλεσμα στο οποίο καταλήγουν αρκετοί μελετητές, είναι η μεγάλη συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ της ποικιλότητας των ειδών πουλιών με την ύπαρξη συγκεκριμένων, ευνοϊκών ενδιαιτημάτων (π.χ. Heikkinen, et al., 2004), τα οποία, τελικά, περιγράφουν το μοντέλο καλύτερα σε σχέση με την επίδραση της ποικιλότητας των ενδιαιτημάτων και της διάταξής τους στον χώρο. Σε διερεύνηση της επίδρασης των χρήσεων γης στα νυκτόβια πουλιά, σε περιοχή της κεντρικής Ισπανίας, οι Moreno-Mateos, et al., (2011), εντόπισαν τη σημαντικότητα της ύπαρξης υγροτόπων και περιοχών με φυσική χαμηλή θαμνώδη βλάστηση έναντι της συνολικής δομής του τοπίου. Μεγαλύτερη ποικιλότητα ειδών

πτηνοπανίδας έχουν εντοπίσει σε υγροβιότοπους οι Skórka et al. (2006) σε σχέση με τα υπόλοιπα ενδιαιτήματα. Η αύξηση της ετερογένειας του τοπίου πιθανόν να προσλαμβάνεται σαν κατακερματισμός του βιοτόπου τους, με καταστροφικές συνέπειες για κάποια είδη (Tews, et al., 2004; Stein and Kreft, 2015) τα οποία διαβιούν σε πολύ συγκεκριμένο περιβάλλον, επιστώντας την προσοχή στις ανάγκες των σπάνιων και απειλούμενων ειδών (Atauri and de Lucio, 2001). Ενώ ο κατακερματισμός μιας περιοχής μπορεί να επιτρέψει τη συνύπαρξη περισσότερων ειδών εντός της περιοχής, μπορεί επίσης να ωθήσει τα κατατμήματα κάτω από ένα ορισμένο μέγεθος, το οποίο να μην είναι σε θέση να συντηρήσει βιώσιμους πληθυσμούς (Kisel, et al., 2011). Εντείνοντας ακόμη περισσότερο το πρόβλημα, οι Cunningham and Johnson (2016) επισημαίνουν ότι σε περιοχές όπου το κατάλληλο ενδιαιτήμα για τα πουλιά είναι λιγοστό σε έκταση, τα πουλιά τείνουν να γίνονται πιο επιλεκτικά, με μικρότερες πιθανότητες να επικοίσουν ένα μη ευνοϊκό ή λιγότερο κατάλληλο ενδιαιτήμα.

Η σύνθεση του τοπίου έχει άμεσες επιπτώσεις στους ρυθμούς αναπαραγωγής και θνησιμότητας των ειδών ενώ η διάρθρωση του τοπίου έχει έμμεσες επιπτώσεις στη δυναμική των πληθυσμών κυρίως στη διευκόλυνση ή παρεμπόδιση στις μεταξύ των καλύψεων γης μετακινήσεις των ειδών και της επίδρασης στις οικοσυστημικές διεργασίες, όπως οι μεταφορές υλικών (Fahrig and Nuttle, 2005). Συνεπακόλουθα, η επίδραση των δεικτών σύνθεσης έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο στη δυναμική των ειδών πτηνοπανίδας από ότι οι δείκτες διάρθρωσης (Fahrig, 2003; Uuemaa, et al., 2009), όπως επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της πλειοψηφίας των μελετών με πραγματικά δεδομένα (π.χ. Barbaro, et al., 2007; Smith, et al., 2011). Ο βαθμός κατακερματισμού ενός τοπίου μετριέται κυρίως από τους δείκτες διάρθρωσης. Τα διάφορα είδη πουλιών αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο στον κατακερματισμό ενός τοπίου (Berg, 1997) και για αξιόπιστη ερμηνεία της αντίδρασή τους απαιτείται ο προσδιορισμός της σύνθεσης και έκτασης των διαφόρων ενδιαιτημάτων στο τοπίο (Cunningham and Johnson, 2016). Τα αποτελέσματα των Brandolin and Blendinger (2016), οι οποίοι μελέτησαν τη σχέση των υδρόβιων πουλιών με τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντός τους, υποδηλώνουν ότι τα πουλιά με μεγαλύτερη ικανότητα διασποράς επηρεάζονται λιγότερο από τις αλλαγές στη συνδεσιμότητα του τοπίου από τα είδη πουλιών με μικρότερη κινητικότητα, τα οποία ευνοούνται από πιο συνδεδεμένα τοπία, ενισχύοντας την άποψη που διατυπώνεται από τον Hanski (2015) ότι οι επιδράσεις του κατακερματισμού είναι προτιμότερο να μελετώνται για μεμονωμένα είδη αντί για ολόκληρες κοινότητες. Καταλήγοντας, η επίδραση των δεικτών σύνθεσης, της διατήρησης δηλαδή της ποσότητας των ενδιαιτημάτων σε ένα τοπίο, έχουν

τεράστια σημασία για τα είδη ενώ οι επιδράσεις του κατακερματισμού είναι ιδιαίτερα εμφανείς σε τοπία με μικρό ποσοστό κατάλληλων ενδιαιτημάτων (Hanski, 2015).

Σημαντική παρατήρηση αποτελεί η σημασία της εξέτασης της ιστορικότητας και διαχρονικότητας της ετερογένειας των τοπίων σε μια περιοχή, ώστε να διερευνηθεί η πραγματική επίδραση στην αύξηση της ποικιλότητας των ειδών πουλιών (Atauri and de Lucio, 2001; Katayama, et al., 2014). Όπως επισημαίνουν οι Tews, et al. (2004) σε μεγαλύτερες χωρικές κλίμακες η ποικιλότητα των ειδών εξαρτάται από την εξελικτική τους ιστορία. Τοπία στα οποία η από χιλιετίες επίδραση της ανθρώπινης παρουσίας συνέβαλε στον κατακερματισμό τους, τα είδη είχαν το χρόνο προσαρμογής και όσα δεν ήταν δυνατόν να προσαρμοστούν έχουν ήδη εξαφανιστεί ή μετακινηθεί. Το μεσογειακό τοπίο σμιλευμένο μέσα στους αιώνες από την ανθρώπινη ύπαρξη (Turner and Gardner, 2015, p.50) και το ιδιαίτερο κλίμα του, έχει καταστεί ιδιαίτερα ετερογενές και αυτό αποτελεί έναν από τους λόγους της πλούσιας βιοποικιλότητας που το χαρακτηρίζει (Atauri and de Lucio, 2001; Walz and Syrbe, 2013). Επιπλέον, τα είδη στο μεσογειακό χώρο έχουν προσαρμοστεί σε τοπία ιδιαίτερα ετερογενή (Schindler, et al., 2008), με τους πόρους να κατανέμονται άνισα στο χώρο και στο χρόνο, ενώ πλέον καλούνται να αναπροσαρμοστούν σε τοπία ομοιογενή (Brotans and Reunanen, 2005), ειδικά στα μεσογειακά περιβάλλοντα με τις ακραίες καιρικές συνθήκες και την ξηρασία, τα οποία εντείνουν τις πιέσεις στα είδη (Moreno-Mateos, et al., 2011).

## **2.3 Μέτρηση της Ποιότητας των Ενδιαιτημάτων**

Με τον όρο ενδιαιτήμα, ορίζεται ο χώρος, περιλαμβανομένων όλων των βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων, στον οποίο διαβιεί ένας οργανισμός. Η ποιότητα του ενδιαιτήματος εκφράζει την καταλληλότητά του να παρέχει κατάλληλες συνθήκες για την επιβίωση ενός οργανισμού (Zlinszky, et al., 2015). Διαθέτει δηλαδή τους πόρους τόσο σε ποιότητα όσο και σε ποσότητα οι οποίοι μεγιστοποιούν την πιθανότητα επιβίωσης και αναπαραγωγής ενός είδους. Έτσι η ποιότητα του ίδιου ενδιαιτήματος διαφέρει ανάλογα με το προς εξέταση είδος. Η εξεύρεση αποτελεσματικών μεθοδολογιών για μέτρηση της ποιότητας των ενδιαιτημάτων αποτελεί βασική επιδίωξη των οικολογικών επιστημών καθώς από αυτήν εξαρτώνται η επιβίωση των ειδών μέσα από την αύξηση της αναπαραγωγικής επιτυχίας (Sergio and Newton, 2003). Στην ανασκόπησή που έκανε ο Johnson (2007) σχετικά με τον τρόπο μέτρησης της ποιότητας του ενδιαιτήματος σε 173 δημοσιευμένες μελέτες, έχει εντοπίσει τις διάφορες μεθόδους που έχουν χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό σε διάφορες κλίμακες. Σε επίπεδο

χωροψηφίδας γίνεται καταμέτρηση των θέσεων φωλιάσματος ή η διαβάθμιση του ύψους της βλάστησης, χαρακτηριστικών δηλαδή τα οποία ευνοούν την ύπαρξη και επιβίωση των ειδών υπό μελέτη. Για παράδειγμα ο Berg (1997) για να προσδιορίσει την ποιότητα της κάθε τοποθεσίας, έχει μετρήσει το μέγεθος, την ποικιλότητα και τον όγκο των συστάδων διαφόρων ειδών δέντρων (πεύκα, έλατα, σημύδες και αγριόλευκες). Οι Smith et al. (2011) έχουν μετρήσει την ποιότητα της μήτρας, που παρεμβάλλεται ανάμεσα στα ενδιαιτήματα, βάσει της πυκνότητας του οδικού δικτύου. Η μέτρηση, όμως, των μεταβλητών στο πεδίο, είναι διαδικασία δύσκολη, χρονοβόρα και οικονομικά απαγορευτική (Lele and Allen, 2006). Η χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και των υψηλής χωρικής ανάλυσης δεδομένων από δορυφόρους έχει χρησιμοποιηθεί για μέτρηση και παρακολούθηση της ποιότητας των ενδιαιτημάτων, κάτι, όμως, το οποίο δεν έχει ακόμη χρησιμοποιηθεί σε εκτεταμένη κλίμακα (Zlinszky, et al., 2015).

Η πυκνότητα των ειδών έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για αξιολόγηση της ποιότητας των ενδιαιτημάτων σε μεγαλύτερες κλίμακες, λόγω της ευκολίας στη μέτρησή τους, παράμετρος όμως η οποία θεωρείται ότι μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα καθώς τα είδη δεν επιλέγουν πάντα το ποιοτικότερο ενδιαίτημα (Van Horne, 1983). Η επιλογή αυτή επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες ανάλογα με το φύλο, την ηλικία, τον κύκλο ζωής του είδους αλλά και από την ύπαρξη ανταγωνισμού ή αυξημένης θήρευσης (Jones, 2001). Παρόλα αυτά, η ύπαρξη αυξημένης ποικιλότητας ειδών σε μία περιοχή αποτελεί ένδειξη της ποιότητας της, καθώς αυτή προφανώς είναι σε θέση να παρέχει τα κατάλληλα ενδιαιτήματα για την αναπαραγωγή και διαβίωση των ειδών (Sergio and Newton, 2003). Οι Vallecillo, et al. (2016), έχουν χρησιμοποιήσει τους χάρτες κατανομής των πουλιών στην Ευρώπη για να εξάγουν ένα δείκτη ποιότητας βασισμένο στην ποικιλότητα των ειδών, ο οποίος είναι σε θέση να παρέχει τη βάση για συγκρίσεις μεταξύ περιοχών.

Με σκοπό να εδραιωθεί μία μέθοδος γρήγορη και αποτελεσματική, οι Vogiatzakis et al. (2015) έχουν επιστρατεύσει τη γνωμάτευση ομάδας εμπειρογνομόνων με σκοπό να υπολογίσουν την ποιότητα των ενδιαιτημάτων. Η μέτρηση της ποιότητας γίνεται μέσα από την αξιολόγηση των ενδιαιτημάτων ως προς την ικανότητά τους να στηρίζουν σημαντικό αριθμό ειδών. Η γνώμη των ειδικών είναι μία ευρέως χρησιμοποιούμενη τακτική ειδικά σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα είναι λιγοστά ή είναι πολύ δύσκολο να αποκτηθούν. Μία τέτοια περίπτωση, όπου τα στοιχεία είναι δύσκολο να αποκτηθούν από έρευνες πεδίου, είναι σχετικά με την παρουσία ή απουσία των ειδών παράλληλα με τις παραμέτρους των χαρακτηριστικών του ενδιαιτηματός

τους (Lele and Allen, 2006). Σε μοντέλα που προσδιορίζουν το βαθμό συνδεσιμότητας των βιοτόπων για συγκεκριμένα είδη, απαιτείται η βαθμολόγηση των χρήσεων/καλύψεων γης ως προς την αντίσταση που παρουσιάζουν κατά τη μετακίνηση των ειδών. Μία από τις μεθόδους για απόδοση αυτής της βαθμολογίας, ειδικά όταν οι μετρήσεις στο πεδίο είναι σπάνιες και λιγοστές, είναι μέσω της γνώμης των ειδικών (Eycott, et al., 2011; Stevenson-Holt, et al., 2014). Επίσης, στα μοντέλα καταλληλότητας των ενδιαιτημάτων (habitat suitability models) η γνώμη των ειδικών χρησιμοποιείται στη συντριπτική πλειοψηφία των μελετών (Lele and Allen, 2006; Schlossberg and King, 2009). Οι Reif et al. (2010) χρησιμοποίησαν την άποψη των ειδικών για να ταξινομήσουν τα είδη πουλιών σε αυτά που χρησιμοποιούν διάφορα ενδιαιτήματα (generalists) και αυτά που εξαρτώνται από ένα ενδιαιτήμα (specialists) με πολύ καλά αποτελέσματα συγκρινόμενα με άλλες μεθόδους. Παρόλη τη συχνή επιστράτευση της γνώμης των ειδικών σε διάφορα πεδία της οικολογίας, συγκριτικές μελέτες με δεδομένα πεδίου έχουν αποδείξει το υψηλότερο ποσοστό ανακρίβειας των μοντέλων που προκύπτουν από τις αξιολογήσεις των ειδικών (Stevenson-Holt, et al., 2014), εφιστώντας την προσοχή στη χρήση τους και την ανάγκη για επαλήθευσή τους με δεδομένα πεδίου (Schlossberg and King, 2009). Η αυξημένη χρήση της γνώμης των ειδικών, ειδικά σε επιστήμες της οικολογίας, αποδεικνύει ότι, συχνά, αυτή μπορεί να είναι η καλύτερη δυνατή και διαθέσιμη πληροφορία, ειδικά σε πολύπλοκα περιβαλλοντικά ζητήματα όπου τα μετρούμενα δεδομένα είναι λιγοστά, ελλιπή (Krueger, et al., 2012) ή χρονοβόρο και οικονομικά δύσκολο να αποκτηθούν από εργασίες πεδίου.

## **2.4 Στατιστικές Μέθοδοι σε Οικολογικά Δεδομένα**

Διάφορες στατιστικές μέθοδοι έχουν επιστρατευτεί με σκοπό να βοηθήσουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τους σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή των ειδών. Σε αυτούς συγκαταλέγονται η πολλαπλή, γραμμική ή λογιστικής παλινδρόμηση (Cunningham and Johnson, 2011), τα γενικευμένα γραμμικά μοντέλα (Generalized Linear Models) ενώ αρκετοί μελετητές τείνουν να χρησιμοποιούν μεθόδους διαστασιομείωσης (ordination techniques) και ιεραρχικής ταξινόμησης (hierarchical partitioning) λόγω των ιδιοτήτων που παρουσιάζουν τα οικολογικά δεδομένα. Οι ιδιαιτερότητες έγκεινται στην ίδια τη φύση των δεδομένων τα οποία στη μεγάλη τους πλειοψηφία έχουν υψηλό βαθμό συσχέτισης τόσο ανάμεσα στις μετρήσεις της ίδιας παραμέτρου (αυτοσυσχέτιση) όσο και μεταξύ τους οι διάφορες μεταβλητές (πολυσυγγραμμικότητα) (Legendre and Fortin, 1989; Legendre, 1993; Mac Nally, 2000). Από την άλλη, η πολύπλοκη σχέση τους με την κατανομή

των ειδών είναι πολλές φορές μη γραμμική και μη μονοτονική (ter Braak and Verdonschot, 1995). Η φύση των δεδομένων των πληθυσμών (δεδομένα παρουσίας – απουσίας ή αφθονίας), όπου το κάθε είδος αποτελεί ξεχωριστή μεταβλητή ενώ περιλαμβάνουν και αρκετές μηδενικές τιμές, καθιστά τη χρήση των μεθόδων παλινδρόμησης μη πρακτική (ter Braak, 1986).

Τα επιστημονικά ερωτήματα μπορεί να τίθενται με σκοπό να εντοπίσουν το καλύτερο προβλεπτικό μοντέλο ή με σκοπό να διερευνήσουν πιθανές επεξηγηματικές σχέσεις (Mac Nally, 2000). Ανάλογα με τον τύπο του επιστημονικού ερωτήματος που καλείται να απαντήσει η έρευνα, καθορίζεται και η χρήση της ανάλογης μεθόδου. Η πολλαπλή παλινδρόμηση, μέσα από την εξαγωγή της σχέσης που διέπει την εξαρτημένη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές και τους συντελεστές συσχέτισης, επιχειρεί την πρόβλεψη των τιμών της εξαρτημένης, δεδομένης της γνώσης των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών, καθιστώντας τα συγκεκριμένα μοντέλα προβλεπτικά (Mac Nally, 2000). Αντίθετα οι μέθοδοι διαστασιομείωσης ταξινομούνται στις διερευνητικές τεχνικές και αποσκοπούν στην εύρεση της ομάδας των επεξηγηματικών μεταβλητών οι οποίες εξηγούν καλύτερα τη διακύμανση των ειδών. Αυτές διακρίνονται σε γραμμικές και μονότροπες (unimodal). Οι γραμμικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται όταν τα είδη εμφανίζουν γραμμική απόκριση με τις ανεξάρτητες περιβαλλοντικές μεταβλητές ενώ οι μονότροπες εφαρμόζονται όταν η κατανομή των ειδών εμφανίζει μέγιστο αφθονίας σε μία περιοχή τιμών της κλίμακας διαβάθμισης μίας περιβαλλοντικής παραμέτρου (βλ. Σχήμα 2.3) (Legendre and Gallagher, 2001). Παρόλα αυτά οι γραμμικές μέθοδοι διαστασιομείωσης δύναται να εφαρμοστούν και στην περίπτωση που οι εξαρτημένες μεταβλητές εκτείνονται σε ένα μικρό μόνο εύρος (βλ. Σχήμα 2.3), υποθέτοντας ότι σε αυτό το εύρος η απόκριση των ειδών προσεγγίζει τη γραμμική αφού δεν εκτείνεται σε όλη την καμπύλη (Borcard, et al., 1992) ή όταν τα δεδομένα είναι ομοιογενή, εμφανίζουν δηλαδή μικρή β - ποικιλότητα ειδών μεταξύ των δειγματοληπτικών επιφανειών (Wagner, 2004), για τον ίδιο λόγο. Οι γραμμικές μέθοδοι χρησιμοποιούν την ευκλείδεια απόσταση μεταξύ των σημείων ενώ οι μονότροπες μέθοδοι την απόσταση του τετραγώνου του χι (chi square) (Borcard, et al., 1992). Οι μέθοδοι μη εξαναγκασμένης διαστασιομείωσης (Unconstrained ordination) δείχνουν τη διακύμανση των δεδομένων ενώ οι μέθοδοι εξαναγκασμένης διαστασιομείωσης (constrained ordination) δείχνουν μόνο τη διακύμανση που εξηγείται από τις καθορισμένες περιβαλλοντικές παραμέτρους. Οι διάφορες μέθοδοι διαστασιομείωσης που χρησιμοποιούνται και η ταξινόμησή τους φαίνεται στον Πίνακα 2.1.



**Πίνακας 2.1:** Ταξινόμηση μεθόδων διαστασιομείωσης.

	Linear	Weighted Average
Unconstrained	PCA	CA
Constrained	RDA	CCA

Η ανάλυση κανονιστικών αντιστοιχιών (CCA - Canonical Correspondence Analysis) όπως και η ανάλυση πλεονασμού (RDA – Redundancy Analysis) περιλαμβάνονται στην κατηγορία των πολυμεταβλητών μεθόδων. Στις μεθόδους εξαναγκασμένης διαστασιομείωσης αναζητούνται οι άξονες εκείνοι, οι οποίοι εξηγούν τη μέγιστη διακύμανση των εξαρτημένων μεταβλητών από τις επεξηγηματικές μεταβλητές (Lepš and Šmilauer, 1999). Οι άξονες αποτελούν γραμμικούς συνδυασμούς του παρεχόμενου συνόλου των επεξηγηματικών μεταβλητών δίνοντας έτσι άμεση σύνδεση με τη διακύμανση των πληθυσμών (ter Braak, 1986), ιδανικές για την απάντηση ερευνητικών ερωτημάτων όπου αναζητείται η πιθανή σχέση μεταξύ πληθυσμών και εκ των προτέρων καθορισμένων περιβαλλοντικών στοιχείων. Κάθε άξονας αντιπροσωπεύει μία περιβαλλοντική διαβάθμιση κατά μήκος του οποίου κατανέμονται τα κεντροειδή των μεταβλητών, μεγιστοποιώντας τις διαφορές μεταξύ τους (Reif, et al., 2010). Το ρόλο της εξαρτημένης μεταβλητής διαδραματίζουν τα δεδομένα παρουσίας ή απθονίας των ειδών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια σε πίνακα/μήτρα όπου στις στήλες εμφανίζονται τα είδη, ενώ στις γραμμές οι δειγματοληπτικές επιφάνειες.

Στην ανάλυση κανονιστικών αντιστοιχιών, καταρχήν γίνεται αμοιβαία σχετικοποίηση στον πίνακα των ειδών, κατά την οποία διαιρείται η τιμή κάθε στήλης με το άθροισμα όλων των τιμών, διαδικασία που επαναλαμβάνεται και για τις γραμμές του πίνακα. Οι τιμές αυτές μεσοσταθμίζονται (Weighted average) ανάλογα με την απθονία του κάθε είδους και εν συνεχεία τυποποιούνται αφαιρώντας κάθε τιμή από τον μέσο όρο και διαιρώντας με την τυπική απόκλιση (Πετρίδης, 2015), διαδικασία η οποία επαναλαμβάνεται μέχρι να μην παρατηρείται ουσιαστική μεταβολή. Στην ανάλυση πλεονασμού οι τιμές του πίνακα των ειδών τυποποιούνται χωρίς να μεσοσταθμίζονται (Πετρίδης, 2015). Οι τυποποιημένες τιμές παλινδρομούνται με τις περιβαλλοντικές ανεξάρτητες μεταβλητές και εξάγονται οι γραμμικοί συνδυασμοί των ανεξάρτητων μεταβλητών (LC – Linear Combinations) δίνοντας τις προσαρμοσμένες τιμές των εξισώσεων παλινδρόμησης. Αυτές εκφράζουν την προσαρμογή της απθονίας των ειδών στα περιβαλλοντικά στοιχεία, επιτυγχάνοντας τον μέγιστο διαχωρισμό των οικολογικών θώκων των ειδών (ter Braak and Verdonschot, 1995). Έπειτα εφαρμόζεται ανάλυση κύριων συνιστωσών από την οποία προκύπτει ο πίνακας των κανονιστικών διανυσμάτων. Εκτελείται η

διαστασιομείωση του πρώτου πίνακα αφθονίας των ειδών με τον δεύτερο πίνακα ο οποίος περιλαμβάνει τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Και οι δύο πίνακες ευρίσκονται σε μορφή μήτρας (σειρές x στήλες). Ο πρώτος άξονας επιλέγεται έτσι ώστε να εξηγεί το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό της ολικής αδράνειας, ο δεύτερος άξονας το μέγιστο ποσοστό της εναπομένουσας αδράνειας κλπ (Πετρίδης, 2015). Οι μεσοσταθμισμένες τιμές των ειδών είναι τα κεντροειδή των ειδών, στις τιμές των περιβαλλοντικών παραμέτρων των θέσεων (δειγματοληπτικών επιφανειών) στις οποίες εμφανίζεται το είδος (ter Braak and Verdonschot, 1995). Στην ανάλυση κανονιστικών αντιστοιχιών παράγονται τόσοι άξονες όσες και οι ανεξάρτητες μεταβλητές. Απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα της μεθόδου, αποτελεί η μη ύπαρξη πολυσυγγραμμικότητας μεταξύ των μεταβλητών, έτσι μεταβλητές οι οποίες συσχετίζονται ισχυρά μεταξύ τους συστήνεται να αποφεύγονται. Σύμφωνα με τους Legendre et al. (2005) η διακύμανση των ειδών σε μία μήτρα πρωτογενών δεδομένων αποτελεί μέτρο της  $\beta$  – ποικιλότητας.

Χρησιμοποιώντας μερική (partial) ανάλυση κανονιστικών αντιστοιχιών ή μερική ανάλυση πλεονασμού (pRDA), δίνεται η δυνατότητα να αφαιρεθεί, με πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, η επίδραση ανεπιθύμητων μεταβλητών (ter Braak and Verdonschot, 1995) ώστε να διαφανεί η πραγματική σχέση του υπό εξέταση φαινομένου με τις επιλεγμένες επεξηγηματικές μεταβλητές. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μία τρίτη κατηγορία μεταβλητών, τις συνμεταβλητές (covariables), οι οποίες επίσης αποτελούν επεξηγηματικές μεταβλητές με επίδραση στην εξαρτημένη, η οποία επίδραση επιθυμείται να αφαιρεθεί. Πολύ συχνά σαν συνμεταβλητές χρησιμοποιούνται οι συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας σε μία προσπάθεια να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της αυτοσυσχέτισης των δεδομένων (Legendre and Fortin, 1989; Borcard, et al., 1992). Σαν χωρική αυτοσυσχέτιση περιγράφεται η ιδιότητα των μεταβλητών να παίρνουν παρόμοιες τιμές σε γειτονικά κελιά. Οι τιμές, δηλαδή, γειτονικών κελιών, για μία συγκεκριμένη μεταβλητή, μπορούν να προβλεφθούν μερικώς από τις τιμές των γειτονικών τους κελιών, καθιστώντας τις μετρήσεις εξαρτημένες μεταξύ τους και παραβιάζοντας μία βασική παραδοχή των στατιστικών μεθόδων, που απαιτούν ανεξάρτητες μεταξύ τους μετρήσεις (Legendre, 1993). Αυτό συμβαίνει ειδικά σε μεγάλης εμβέλειας μελέτες, όπου οι περιβαλλοντικές παράμετροι εμφανίζονται σε χωρικά πρότυπα τα οποία με τη σειρά τους καθορίζουν την κατανομή των ειδών (Legendre, 1993) και η μη αφαίρεση της επίδρασής τους από το μοντέλο, οδηγεί σε υπερεκτίμηση του ποσοστού των υπόλοιπων μεταβλητών (Borcard, et al., 1992) (βλ. Σχήμα 2.4).

Μία μέθοδος που έχει προταθεί για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της χωρικής αυτοσυσχέτισης και η οποία δύναται να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τις μεθόδους διαστασιομείωσης είναι η μέθοδος των βασικών συντεταγμένων γειτονικών μητρών (PCNM – Principal Coordinates of Neighbour Matrices) (Dray, et al., 2006). Η συγκεκριμένη μέθοδος επεξεργάζεται τις γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας και παράγει ιδιοδιανύσματα (eigenvectors) τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατευθείαν σαν μεταβλητές ή συνμεταβλητές σε μεθόδους διαστασιομείωσης.

Το αποτέλεσμα των μεθόδων διαστασιομείωσης παρουσιάζεται σε τριγράφημα το οποίο οπτικοποιεί τα πρότυπα της διακύμανσης των ειδών, που εξηγούνται καλύτερα από τις επεξηγηματικές μεταβλητές. Σε αυτό παρουσιάζονται τα σημεία δειγματοληψίας, τα είδη και οι επεξηγηματικές μεταβλητές. Οι τελευταίες εμφανίζονται σαν ανύσματα ξεκινώντας από το σημείο (0,0) του γραφήματος και εκτεινόμενα προς τα άκρα του, με τα βέλη να δείχνουν την κατεύθυνση της αλλαγής της κάθε μεταβλητής (ter Braak and Verdonschot, 1995). Τα είδη και τα σημεία δειγματοληψίας παρουσιάζονται σαν σημεία. Το μήκος των ανυσμάτων της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής, όπως αυτές εμφανίζονται στον δισδιάστατο χώρο, δίνουν πληροφορίες για τον βαθμό επίδρασης της συγκεκριμένης μεταβλητής στη διακύμανση των ειδών. Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ δύο διανυσμάτων επίσης παρέχει πληροφορίες για τη συσχέτιση μεταξύ τους, με πλήρως ανεξάρτητες τις μεταβλητές που τα διανύσματά τους είναι κάθετα. Η προβολή των ειδών στα διανύσματα των ανεξάρτητων μεταβλητών αντιπροσωπεύει τον σταθμισμένο μέσο όρο (το κέντρο του οικολογικού τους θώκου) κατά μήκος της μεταβλητής (ter Braak and Verdonschot, 1995). Η ολική αδράνεια αντιπροσωπεύει τη διακύμανση της κατανομής των ειδών ενώ η περιορισμένη αδράνεια (constrained inertia) τη διακύμανση που εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

Ο τρόπος με τον οποίο η CCA δίνει τους μεσοσταθμισμένους μέσους όρους στον πίνακα των ειδών, και η χρήση της απόστασης  $x^2$ , έχει σαν αποτέλεσμα την αδικαιολόγητα μεγάλη επίδραση των σπάνιων ειδών στο τελικό αποτέλεσμα της ανάλυσης. Οι χρήστες της μεθόδου, για αποφυγή αυτού του προβλήματος, αφαιρούν τα σπανιότερα είδη και παράλληλα χρησιμοποιούν διάφορες τροποποιήσεις στον πίνακα των ειδών. Οι Legendre and Gallagher (2001) υποστηρίζουν ότι η χρήση της CCA πρέπει να περιορίζεται στην περίπτωση που οι επιφάνειες δειγματοληψίας περιέχουν περίπου τους ίδιους αριθμούς ατόμων ή όταν το ερευνητικό ερώτημα προϋποθέτει την απόδοση μεγάλης βαρύτητας στις δειγματοληπτικές επιφάνειες με την μεγαλύτερη αφθονία ή όταν απαιτείται η αύξηση της επίδρασης των σπάνιων

ειδών για εντοπισμό της ύπαρξης συγκεκριμένων περιβαλλοντικών συνθηκών. Ακριβώς για αυτή την αδυναμία της CCA, προτείνουν εναλλακτικά τη χρήση μετασχηματισμού στον πίνακα των ειδών βάσει συγκεκριμένων αποστάσεων με ιδιαίτερη οικολογική σημασία. Από την άλλη, η χρήση της ευκλείδειας απόστασης (όπως αυτή διατηρείται στις γραμμικές μεθόδους διαστασιομείωσης) δεν είναι ευρέως αποδεκτή για χρήση σε μη επεξεργασμένα δεδομένα αφθονίας με αρκετές μηδενικές τιμές. Στο βιβλίο τους οι Legendre and Legendre (1998), (cited in Legendre and Gallagher, 2001) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση της απόστασης Hellinger για μετασχηματισμό των δεδομένων των ειδών ακολουθούμενη από γραμμική ανάλυση διαστασιομείωσης (π.χ. RDA), προσφέρει έναν καλύτερο συμβιβασμό από ότι η χρήση της απόστασης  $\chi^2$  (όπως η CCA).

Ο Mac Nally (2000, 2002) προτείνει τη χρήση της μεθόδου της ιεραρχικής ταξινόμησης για διερεύνηση της ανεξάρτητης και κοινής/συνδυασμένης συνεισφοράς της κάθε μεταβλητής που έχει χρησιμοποιηθεί προς εξήγηση της διακύμανσης της κατανομής των ειδών. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε καθαρά διερευνητικής φύσης ερευνητικά ερωτήματα και αντιμετωπίζει με επιτυχία το πρόβλημα της πολυσυγγραμικότητας (multicollinearity) μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών, στο οποίο η ανεξάρτητη επίδραση μία μεταβλητής περιπλέκεται από την κοινή της δράση με άλλες επεξηγηματικές μεταβλητές. Η ανάλυση της ιεραρχικής ταξινόμησης καθορίζει την ανεξάρτητη επίδραση της κάθε επεξηγηματικής μεταβλητής ενώ παράλληλα διαχωρίζει την κοινή συνεισφορά, που προκύπτει από τη συσχέτιση με τις άλλες μεταβλητές (Olea, et al., 2010). Αρνητικό ποσοστό κοινής επίδρασης υποδεικνύει τις μεταβλητές που λειτουργούν σαν καταστολείς για τις υπόλοιπες μεταβλητές, καλύπτοντας την ανεξάρτητη δράση τους (Mac Nally, 2000). Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου έγκειται στο γεγονός ότι λαμβάνει υπόψη τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών ως σύνολο (Mac Nally, 2002). Επίσης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά με τις μεθόδους πολλαπλής παλινδρόμησης (Olea, et al., 2010) ώστε να διερευνηθεί η κοινή και ανεξάρτητη συνεισφορά της κάθε μίας μεταβλητής.

# Κεφάλαιο 3

## Μεθοδολογία

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο επιχειρείται η περιγραφή των διαφόρων σταδίων της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για εξαγωγή των αποτελεσμάτων, αφού πρώτα διατυπωθούν τα ερευνητικά ερωτήματα, που αποτελούν τον φάρο της επιλογής της συγκεκριμένης μεθοδολογίας.

### 3.1 Ερευνητικά Ερωτήματα

Τόσο η ποιότητα των ενδιατημάτων όσο και η δομή του τοπίου επηρεάζει την ποικιλότητα της πτηνοπανίδας, όπως έχει διαφανεί από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι να προσδιορίσει τον βαθμό που οι δύο αυτές παράμετροι επηρεάζουν την κατανομή της β - ποικιλότητας των ειδών της πτηνοπανίδας. Το κύριο επιστημονικό ερώτημα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι: Η δομή του τοπίου ή η ποιότητα των ενδιατημάτων έχει πιο καθοριστική σημασία στην κατανομή των ειδών πουλιών;

Προς απάντηση του επιστημονικού ερωτήματος απαιτήθηκε η διερεύνηση των ακόλουθων επιμέρους ερωτημάτων:

1. Ποιά είναι η ποιότητα των ενδιατημάτων στην Κύπρο και πως αυτή επηρεάζει την αφθονία των ειδών πτηνοπανίδας;
2. Ποιό είναι το ποσοστό της κοινής/συλλογικής και ανεξάρτητης επίδρασης της κάθε μεταβλητής στην εξήγηση της αφθονίας της ποικιλότητας των πουλιών;
3. Η σύνθεση του τοπίου ή η διάρθρωση των χωροψηφίδων στο χώρο είναι πιο σημαντική στην κατανόηση της κατανομής της πτηνοπανίδας;
4. Τι ποσοστό της διακύμανσης της σύνθεσης της ποικιλότητας της πτηνοπανίδας μεταξύ των τετραγώνων οφείλεται σε χωρικά πρότυπα;

## 3.2 Περιοχή Μελέτης

Σαν περιοχή μελέτης έχει οριστεί η έκταση της Κύπρου, για την οποία υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία καταγραφών πτηνοπανίδας. Αυτή η έκταση περιλαμβάνει τα εδάφη που ελέγχονται από την Κυπριακή Δημοκρατία. Έχουν αποκλειστεί δηλαδή οι εκτάσεις του βόρειου τμήματος του νησιού για τις οποίες η κυβέρνηση της Κύπρου δεν ασκεί έλεγχο εξαιτίας της στρατιωτικής εισβολής από την Τουρκία το 1974 και παράνομης κατοχής των εν λόγω εδαφών έκτοτε. Η έκταση των ελεύθερων περιοχών, που αποτελούν σχεδόν το 64% των εδαφών ολόκληρου του νησιού, είναι 5.884 Km<sup>2</sup>.

Η Κύπρος είναι το τρίτο μεγαλύτερο νησί στη Μεσόγειο, ευρισκόμενη στο βορειοανατολικό της άκρο. Όπως όλη η λεκάνη της Μεσογείου, έτσι και η Κύπρος στηρίζει υψηλό βαθμό βιοποικιλότητας. Αυτό μπορεί κανείς να το επιβεβαιώσει και από το ποσοστό της έκτασης του νησιού (1760 Km<sup>2</sup>) το οποίο εντάχθηκε στο δίκτυο Natura 2000 (Mammides, et al., 2014).

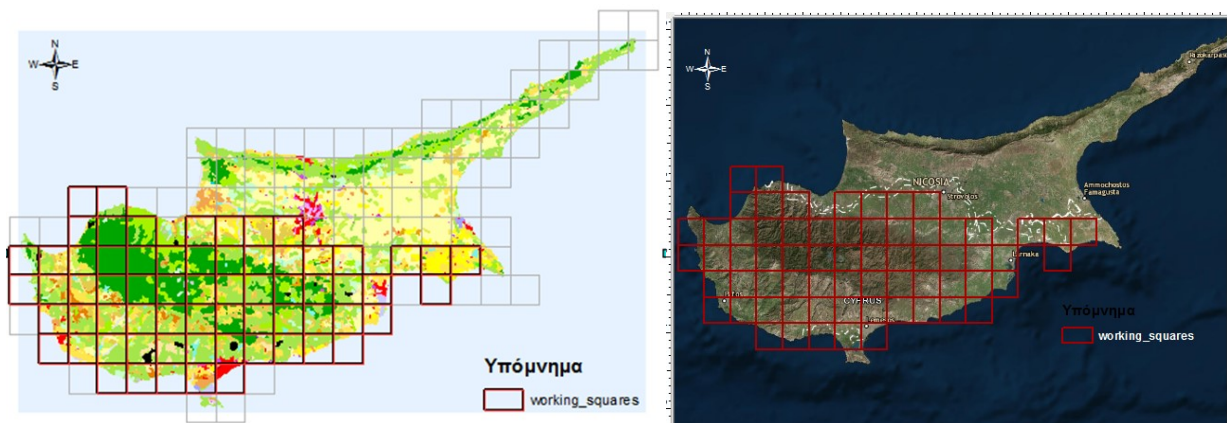
Η εμφάνιση του ανθρώπου ήδη από το 8500 πΧ (Κωνσταντίνου και Παναγίδης, 2013, p.303) έχει σημαδέψει το νησί με την εξόρυξη και εξαγωγή του χαλκού, από το οποίο πήρε και το όνομά του. Υπολογίζεται ότι η ποσότητα ξύλου που έχει καεί για σκοπούς εκκαμίνευσης του χαλκού, σε χρονική περίοδο 3000 ετών, αντιστοιχεί σε 16 φορές την έκταση του νησιού (Κωνσταντίνου και Παναγίδης, 2013, p.166). Η πλούσια βιοποικιλότητα που στηρίζει το νησί, δείχνει να έρχεται σε αντίθεση με την μακρά επίδραση του ανθρώπου και εκμετάλλευση του φυσικού του πλούτου τόσο από τους ντόπιους όσο και από τους πάμπολλους ξένους κατακτητές, που έχουν αφήσει το σημάδι τους. Όπως όμως στηρίζουν οι Brotons and Reunanen (2005) ακριβώς αυτή η επίδραση έχει διαμορφώσει το τοπίο και προσδιορίσει τα είδη.

Με κλίμα τυπικό μεσογειακό, με κύριο χαρακτηριστικό τα ξηρά καλοκαίρια, οι κάτοικοι του νησιού πάντα είχαν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της λειψυδρίας. Δεν είναι άλλωστε τυχαίο ότι στο νησί έχει ανασκαφεί το αρχαιότερο πηγάδι στον κόσμο (Κωνσταντίνου και Παναγίδης, 2013, p.304).

Η βλάστηση και οι χρήσεις γης διέπονται από τον ιδιαίτερο κλιματικό και τοπογραφικό χαρακτήρα της περιοχής. Ποικίλουν από δάση μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) στα υψηλότερα ορεινά στρώματα μέχρι πεδινές γεωργικές εκτάσεις στην πεδιάδα της Μεσαορίας και έντονη ανάπτυξη στις παράλιες περιοχές. Χαρακτηριστικά είδη της μεσογειακής βλάστησης, όπως οι

αείφυλλοι σκληρόφυλλοι θάμνοι, με χαρακτηριστικά παραδείγματα την ελιά (*Olea europaea*), τερατσιά (*Ceratonia siliqua*), λατζιά (*Quercus alnifolia*), σχίνους και άρκευθους (*Juniperous spp*) συμπληρώνουν τη σύνθεση της χλωρίδας (Τσιντίδης, et al., 2007).

Η ιδιαίτερη γεωλογία του νησιού με τον τρόπο ανάδυσης του οφιόλιθου του Τροόδους, τα αλλόχθονα πετρώματα της επαρχίας Πάφου στο δυτικό άκρο του νησιού καθώς και οι διάφορες παλαιοκλιματικές αλλαγές που έχει περάσει η περιοχή της Μεσογείου, έχει αποτελέσει υπόστρωμα για την ύπαρξη διαφόρων τύπων εδάφους και μορφών βλάστησης. Το υψόμετρο στην υψηλότερη κορυφή του Τροόδους, από το επίπεδο της θάλασσας, ανέρχεται στα 1980 m, με ανάγλυφη επιφάνεια στα δυτικά, την πεδιάδα της Μεσαορίας στα ανατολικά του Τροόδους και τις τέσσερις μεγάλες πόλεις του νησιού να βρίσκονται κατά μήκος των παράλιων περιοχών. Στο σχήμα 3.1 φαίνεται ο χάρτης χρήσεων γης και δορυφορική εικόνα του νησιού, πάνω στα οποία εμφανίζονται με κόκκινα τετράγωνα οι δειγματοληπτικές επιφάνειες, που προσδιορίζουν την περιοχή μελέτης.



**Σχήμα 3.1:** Χάρτης των χρήσεων γης της Κύπρου CORINE Land Cover 2012 (αριστερά) και δορυφορική εικόνα της Κύπρου (δεξιά). Τα τετράγωνα με κόκκινο περίγραμμα αντιπροσωπεύουν τις δειγματοληπτικές επιφάνειες με τις οποίες ασχολήθηκε η διατριβή.

### 3.3 Στοιχεία Ποικιλότητας Ειδών Πτηνοπανίδας

Τα δεδομένα για την ποικιλότητα των πουλιών προέρχονται από τις καταγραφές του προγράμματος Άτλας για τα φωλεάζοντα πουλιά, για τα έτη 2013 - 2016, το οποίο διεξάγεται από τον Πτηνολογικό Σύνδεσμο Κύπρου, σε μορφή παρουσίας - απουσίας ειδών. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από τις καταγραφές τεσσάρων ετών, απαλείφθηκε η μεταξύ των

ετών χρονική διακύμανση των ειδών (Yuan, et al., 2014) και μειώθηκε το σφάλμα από τη μειωμένη ανιχνευσιμότητα κάποιων ειδών (Smith, et al., 2011). Ολόκληρο το νησί καλύπτεται από 136 εφραπτόμενα μεταξύ τους τετράγωνα πλευράς 10 Km x 10 Km, από τα οποία εξαιρέθηκαν όσα βρίσκονται στις κατεχόμενες εκτάσεις του νησιού λόγω μη ικανοποιητικής καταμέτρησης. Η ονοματολογία των τετραγώνων φαίνεται στο σχήμα 3.2.

Η μεθοδολογία των καταμετρήσεων για τα έτη 2013 – 2015 αφορούσε την επίσκεψη κάθε τετραγώνου δύο φορές κάθε χρόνο κατά την περίοδο αναπαραγωγής των πουλιών. Η πρώτη επίσκεψη γίνεται από την 1<sup>η</sup> Μαρτίου έως το τέλος Απριλίου και η δεύτερη επίσκεψη από την 1<sup>η</sup> Μαΐου έως το τέλος Ιουνίου, με τουλάχιστον δύο βδομάδες διαφορά μεταξύ τους. Σκοπός των δύο επισκέψεων είναι να καταμετρηθούν τόσο τα είδη που είναι μόνιμοι κάτοικοι και αναπαράγονται στο νησί όσο και τα μεταναστευτικά είδη που έρχονται για αναπαραγωγή. Οι καταμετρήσεις πραγματοποιούνται κατά τις πρωινές ώρες (από τις 6:00 μέχρι τις 09:00πμ) και συνεχίζονται το απόγευμα (από τις 17:00 έως τις 19:00) σε ημέρες με χαμηλής ταχύτητας ανέμους και χωρίς βροχοπτώσεις. Σχεδιάζεται μία διαδρομή εντός του επιλεγμένου τετραγώνου στην οποία ο πτηνοπαρατηρητής αφιερώνει 5 ώρες. Στόχος είναι η διαδρομή να καλύπτει όλη την έκταση του τετραγώνου και όλους τους τύπους κάλυψης γης που εμπεριέχονται σε αυτό. Ο πτηνοπαρατηρητής κινείται ανάμεσα στους διάφορους οικοτόπους καταγράφοντας το είδος του πουλιού που παρατηρείται ή ακούγεται, ο αριθμός τους και η συμπεριφορά τους, με σκοπό να εντοπιστούν ενδείξεις ζευγαρώματος ή φωλιάσματος. Διαφοροποίηση της μεθοδολογίας ακολουθήθηκε για το έτος 2016, με σκοπό την επιβεβαίωση των ενδείξεων αναπαραγωγής των σπάνιων ειδών που είχαν καταγραφεί τα προηγούμενα χρόνια. Κατάλογος με τα σπάνια είδη είχε δοθεί στους πτηνοπαρατηρητές. Οι καταμετρήσεις γίνονται από έμπειρους εθελοντές πτηνοπαρατηρητές και κάθε τετράγωνο καταμετράται κάθε χρόνο από τον ίδιο εθελοντή. Είδη τα οποία πετούν πάνω από το τετράγωνο αλλά δεν χρησιμοποιούν το ενδιαίτημα, δεν καταμετρούνται. Καθώς ο αριθμός των ειδών που καταμετράται είναι ανάλογος της έκτασης της δειγματοληπτικής επιφάνειας (Hill, 1973), το ίδιο μήκος διαδρομής χρησιμοποιείται σε όλα τα τετράγωνα, ανεξαρτήτως αν αυτά περιλαμβάνουν σημαντικό ποσοστό θαλάσσιας έκτασης. Τα δεδομένα, για τους σκοπούς της ανάλυσης διαχωρισμού της διακύμανσης, μετατράπηκαν σε μορφή μήτρας παρουσίας – απουσίας ειδών, με τα είδη στις στήλες και τα τετράγωνα στις γραμμές.

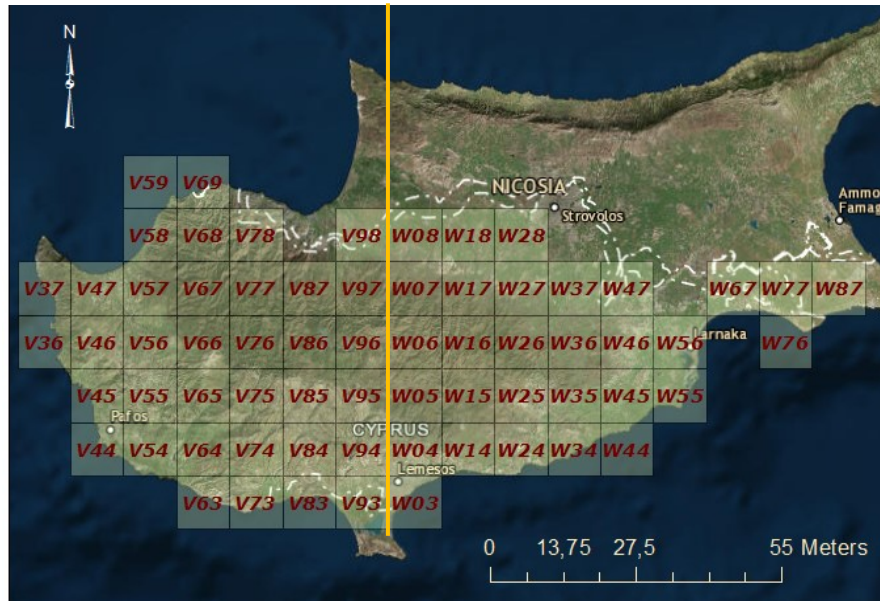
Η ποικιλότητα των ειδών προσδιορίστηκε από το άθροισμα όλων των ειδών που καταγράφηκαν για κάθε τετράγωνο. Συνολικά, για όλη την έκταση του νησιού έχουν καταγραφεί 182 είδη. Δύο



από αυτά είναι ενδημικά είδη (η κυπριακή Σκαλιφούρτα *Oenanthe cypriaca* και ο Τρυπομάζης *Sylvia melanothorax*) και τέσσερα είναι ενδημικά υποείδη (ο Δενδροβάτης *Certhia brachydactyla dorotheae*, ο Πέμπετσος *Periparus ater cypriotes*, το κυπριακό Θουπί *Otus scops cyprius* και η Κίσσα *Garrulus glandarius glasznery*). Τα σπάνια είδη, όσα δηλαδή καταγράφηκαν σε ένα μόνο τετράγωνο, αφαιρέθηκαν από τον πίνακα των ειδών (Cushman and McGarigal, 2004a; Barbaro, et al., 2007) για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος αφορά την υπερβολικά μεγάλη και αδικαιολόγητη επίδραση που έχουν στο αποτέλεσμα της διαστασιομείωσης, δημιουργώντας παράλληλα παραμόρφωση των αξόνων και ο δεύτερος λόγος σχετίζεται με τη φύση των συγκεκριμένων ειδών. Τα σπάνια είδη δεν ακολουθούν τη γενική τάση (gradient), που εξετάζεται από τις επιλεγμένες μεταβλητές, καθώς συνήθως σχετίζονται με συγκεκριμένες συνθήκες του ενδιαιτήματός τους (Titeux, et al., 2004). Για τον τελευταίο λόγο αφαιρέθηκαν και τα είδη που είχαν καταγραφεί και στα 66 τετράγωνα. Αυτό κρίθηκε απαραίτητο δεδομένου ότι ο τρόπος μέτρησης της εξαρτημένης μεταβλητής (αριθμός ειδών) επηρεάζεται έντονα από την ύπαρξη σπάνιων ειδών (Hill, 1973).

Με σκοπό να διαφανεί ο βαθμός στον οποίον η προσπάθεια που έχει καταβληθεί για την καταγραφή των ειδών είναι αποτελεσματική, δηλαδή ότι καινούργια είδη δεν προστίθενται με περαιτέρω προσπάθεια, σχεδιάστηκε η γραφική παράσταση της καμπύλης της συσσώρευσης των ειδών (στον άξονα των Y) προς τις δειγματοληπτικές επιφάνειες (στον άξονα των X) (Species Accumulation Curve). Κάθε φορά που προστίθεται μία δειγματοληπτική επιφάνεια στον άξονα των X, παράλληλα προστίθεται ο αριθμός των καινούργιων ειδών (αυτά που δεν είχαν παρατηρηθεί στις προηγούμενες δειγματοληπτικές επιφάνειες). Αυτή η καμπύλη βασίζεται στη θεωρία της σχέσης των ειδών με την έκταση της περιοχής (species – area relationship) κατά την οποία περιγράφεται η αύξηση του αριθμού των ειδών αυξανόμενης της έκτασης της δειγματοληπτικής επιφάνειας ή του αριθμού τους (Gotelli and Chao, 2013). Κατά τις καταγραφές στο πεδίο, ο πτηνοπαρατηρητής αρχικά καταγράφει με σχετική ευκολία τα κοινά και εμφανή είδη ενώ ο ρυθμός καταγραφής καινούργιων ειδών μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, μέχρι να καταγραφούν όλα τα είδη που βρίσκονται στην περιοχή (Walther and Martin, 2001). Αυτό απεικονίζεται με απότομη αύξηση της κλίσης της καμπύλης στην αρχή της προσπάθειας και καταλήγει σε οριζόντια ασύμπτωτο ευθεία (κάθετη με τον άξονα των Y), η προέκταση της οποίας δίνει τον αριθμό των ειδών της περιοχής (Gotelli and Chao, 2013). Αν η συγκεκριμένη καμπύλη δεν προσεγγίσει ασύμπτωτη ευθεία αλλά συνεχίσει να αυξάνει, αποτελεί ένδειξη ότι δεν έχουν καταγραφεί όλα τα είδη της περιοχής και περισσότερη προσπάθεια χρειάζεται προς ολοκλήρωση των καταγραφών. Αντίθετα, αν η καμπύλη

σταματήσει σε μία σταθερή ασύμπτωτο ευθεία, παράλληλη με τον οριζόντιο άξονα, τότε θεωρείται ότι έχουν εντοπιστεί όλα τα είδη της περιοχής και δεν υπάρχει ανάγκη για χρήση διορθωτικών μεθόδων (Gotelli and Colwell, 2001). Η καμπύλη συσσώρευσης των ειδών σχεδιάστηκε με την εντολή `specaccum` του πακέτου `vegan` με τη μέθοδο της τυχαίας (random) επιλογής δειγμάτων και 200 permutations.



**Σχήμα 3.2:** Η ονοματολογία των δειγματοληπτικών επιφανειών και η θέση τους στην έκταση της Κύπρου. Με κιτρινωπή κάθετη γραμμή εμφανίζεται ο 33<sup>ος</sup> μεσημβρινός. Δυτικά του 33<sup>ου</sup> μεσημβρινού η ονοματολογία των τετραγώνων αρχίζει με το πρόθεμα 36SVD ακολουθούμενη από το χαρακτηριστικό διψήφιο νούμερο, μοναδικό για κάθε τετράγωνο. Ανατολικά του 3<sup>ου</sup> μεσημβρινού η ονοματολογία αρχίζει με το πρόθεμα 36SWD και τα δύο χαρακτηριστικά νούμερα. Για σκοπούς παρουσίασης, εμφανίζεται μόνο το γράμμα V ή W (δυτικά και ανατολικά αντίστοιχα) και οι αριθμοί των τετραγώνων.

### 3.4 Υπολογισμός Ποιότητας Ενδιαιτήματος

Για την αξιολόγηση της ποιότητας των ενδιαιτημάτων υιοθετήθηκε μία οικονομικά αποτελεσματική (cost effective) μέθοδος, διαδικασία λιγότερο χρονοβόρα σε σύγκριση με τις επιτόπιες απογραφές και την έρευνα πεδίου. Αξιοποιήθηκε η γνώση ειδικών επί της πτηνοπανίδας, με σκοπό να βαθμολογηθούν οι 33 κατηγορίες χρήσεων γης, όπως αυτές έχουν καταγραφεί στο III επίπεδο του χάρτη CORINE Land Cover 2012, ως προς την ικανότητά τους να συντηρούν μεγαλύτερο αριθμό ειδών πουλιών (Vogiatzakis, et al., 2015). Ο συνολικός αριθμός των κατηγοριών χρήσης γης που απαριθμεί ο χάρτης CORINE 2012 για την Κύπρο

ανέρχεται στις 35. Από αυτές αφαιρέθηκαν οι χρήσεις που δεν χαρτογραφήθηκαν στις ελεύθερες περιοχές του νησιού (τύπος χρήσης γης 4.1.1) καθώς και η χρήση γης 5.2.3 που αφορά τη θάλασσα. Η μικρότερη χαρτογραφική μονάδα του συγκεκριμένου χάρτη είναι τα 25 ha.

Στους εμπειρογνώμονες στάλθηκαν, μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, οι 35 κατηγορίες που έχουν αναγνωριστεί και χαρτογραφηθεί στο επίπεδο III του χάρτη χρήσεων γης CORINE Land Cover 2012, μαζί με την περιγραφή της κάθε κατηγορίας. Η περιγραφή θεωρήθηκε απόλυτα σημαντικό να αποσταλεί για διασαφήνιση της κάθε κατηγορίας καθώς η σωστή γνώση του υποβάθρου μειώνει την ανασφάλεια των ειδικών κατά την απόδοση της βαθμολογίας (Eycott, et al. 2011). Η βαθμολογία η οποία ζητήθηκε από τους εμπειρογνώμονες είναι από το 0 έως το 5, όπου η μέγιστη βαθμολογία 5 εκφράζει τις καλύψεις γης οι οποίες μπορούν να στηρίξουν μεγαλύτερο αριθμό ειδών πτηνοπανίδας, χωρίς όμως να αξιολογείται η ύπαρξη σπάνιων ή απειλούμενων ειδών. Αντίστοιχα, με μηδέν «0» βαθμολογούνται οι χρήσεις γης στις οποίες βρίσκονται τα λιγότερα είδη. Όλοι οι συμμετέχοντες, 14 στο σύνολο, έχουν άριστη γνώση της κυπριακής φύσης και πτηνοπανίδας. Προέρχονταν από διάφορους τομείς, όπως επιστήμονες και ερευνητές, διευθυντές οργανισμών καθώς και έμπειρους πτηνοπαρατηρητές, εξασφαλίζοντας ένα ευρύ φάσμα απόψεων και εμπειρογνωμοσύνης (Krueger, et al., 2012).

Ο συνδυασμός των απόψεων από έναν σχετικά μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων, τείνει να μειώσει τις όποιες αβεβαιότητες, ειδικά στις περιπτώσεις που παρατηρείται μεγάλη διακύμανση στις αξιολογήσεις των εμπειρογνομόνων, (Krueger, et al., 2012), χωρίς όμως να παραγνωρίζονται τα αποτελέσματα των Lele and Allen (2006) σχετικά με τη χρησιμότητα ή ακαταλληλότητα της πληροφορίας που παρέχει ο κάθε εμπειρογνώμονας. Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα πολλών εμπειρογνομόνων ίσως να μην οδηγήσουν πάντα σε ένα καλύτερο αποτέλεσμα αφού οι ειδικοί μπορεί να συμπληρώνουν ή να ακυρώνουν ο ένας τον άλλον. Στην περίπτωση που οι βαθμολογήσεις των εμπειρογνομόνων συσχετίζονται απόλυτα μεταξύ τους, η συμπερίληψη πολλών εμπειρογνομόνων δεν προσθέτει καινούργια πληροφορία σε σχέση με τη συμπερίληψη ενός μόνο ειδικού. Από την άλλη, αν είναι «χρήσιμοι» εμπειρογνώμονες, τότε αναμένεται να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους. Αν όμως οι βαθμολογίες κάποιων ειδικών ακυρώνουν τις υπόλοιπες, τότε το τελικό αποτέλεσμα τείνει να είναι χειρότερο από ότι του κάθε ενός ξεχωριστά. Ιδανική περίπτωση είναι να υπάρχει συσχέτιση αλλά όχι απόλυτη μεταξύ τους, ώστε να διορθώνει ο ένας τον άλλο (Lele and Allen, 2006). Ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ των βαθμολογήσεων από τους εμπειρογνώμονες ελέγχθηκε με τον συντελεστή συμφωνίας

Kendall (Kendall's coefficient of concordance,  $W$ ), ο οποίος παίρνει την τιμή 1 για πλήρη συμφωνία μεταξύ των βαθμολογήσεων και την τιμή 0 για πλήρη διαφωνία (Legendre, 2005; Gastón, et al., 2014). Επίσης, με σκοπό να ενσωματωθούν οι απόψεις όλων των ειδικών, καθώς οι όποιες διαφωνίες μεταξύ τους μπορεί να περιέχουν σημαντικές πληροφορίες που πρέπει να διατηρηθούν, επιλέχθηκε η χρήση του μέσου όρου για εξαγωγή της τελικής βαθμολογίας κάθε χρήσης γης, ώστε να διατηρηθεί ισοβαρής αντιπροσώπευση όλων των εμπειρογνομόνων (Krueger, et al., 2012).

Η βαθμολογία κάθε χρήσης γης πολλαπλασιάστηκε με την έκταση που αυτή καταλαμβάνει στο κάθε 10 Km x 10 Km τετράγωνο. Το ποσοστό της έκτασης κάθε χρήσης γης υπολογίστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού FRAGSTATS σε επίπεδο κλάσης (McGarigal, et al., 2012). Για τα τετράγωνα που περιλαμβάνουν θάλασσα, το ποσοστό που υπολογίστηκε, αφορά την έκταση στο σύνολο του χερσαίου τμήματος του τετραγώνου και όχι ολόκληρης της επιφάνειάς του τετραγώνου. Ο δείκτης ποιότητας υπολογίστηκε προσθέτοντας όλες τις τιμές από το προηγούμενο βήμα, για το σύνολο των χρήσεων γης που περιλαμβάνονται σε κάθε 10 Km x 10 Km τετράγωνο, σύμφωνα με την εξίσωση 3.1 (Vogiatzakis, et al., 2015).

$$QI = \sum_{i=1}^n (Q_i \times p_i)_i \quad \text{Εξίσωση 3.1}$$

Όπου  $QI$  είναι ο δείκτης ποιότητας της δειγματοληπτικής επιφάνειας,  $Q_i$  είναι η βαθμολογία της χρήσης γης  $i$  και  $p_i$  το ποσοστό της έκτασης που καταλαμβάνει η χρήση γης  $i$  στο χερσαίο τμήμα της επιφάνειας του κάθε τετραγώνου. Τοπία με χαμηλό δείκτη ποιότητας ενδιαιτήματος υποδηλώνουν την ύπαρξη αφιλόξενων ενδιαιτημάτων για τα πουλιά ενώ τοπία με υψηλό δείκτη ποιότητας υποδεικνύουν περιοχές με κατάλληλα ενδιαιτήματα για την αναπαραγωγή των ειδών πουλιών.

### 3.5 Υπολογισμός Δομής Τοπίου

Για την περιγραφή της δομής του τοπίου έχουν επιλεγεί δείκτες που περιγράφουν τόσο τη σύνθεση όσο και τη διάρθρωση του, για κάθε ένα από τα 10 Km x 10 Km τετράγωνα, αφού οι δύο κατηγορίες δρουν συμπληρωματικά ως προς την απόδοση του μωσαϊκού ενός τοπίου. Λόγω του ψηλού βαθμού συσχέτισης που παρουσιάζουν οι μετρικές τοπίου μεταξύ τους και της αδυναμίας πρόβλεψης της μεταξύ τους συσχέτισης εκ των προτέρων (Cushman, et al., 2008), για κάθε τοπίο υπολογίστηκαν 9 δείκτες από το λογισμικό FRAGSTATS από τους οποίους, στη

συνέχεια, επιλέγησαν τρεις. Βάσει των Schindler, et al. (2015) μία ομάδα αποτελούμενη από τρεις δείκτες θεωρείται ρεαλιστικός αριθμός για περιγραφή ενός τοπίου χωρίς την αχρείαστη υπερφόρτωση του μοντέλου με «θόρυβο» και αποφεύγοντας το πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας. Όλοι οι δείκτες υπολογίστηκαν σε επίπεδο τοπίου, αφού η εξέταση του μωσαϊκού του τοπίου σε αυτή την κλίμακα παρέχει πληροφορίες για τη συνολική ετερογένεια και την υφή των κλάσεων που το απαρτίζουν (Cushman, et al., 2008).

Με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS έγινε αποκοπή (clip) του χάρτη χρήσεων γης CORINE Land Cover 2012 σε κάθε 10 Km x 10 Km τετράγωνο. Τα τετράγωνα αυτά μετατράπηκαν σε μορφή κανάβου (raster) πλευράς 1 m και δόθηκε μηδενική τιμή στα κελιά που αφορούσαν τη θαλάσσια περιοχή κατά τη διαδικασία της ψηφιοποίησης. Με τη μέθοδο αυτή έγινε εφικτός ο υπολογισμός των μετρικών μόνο για το χερσαίο τμήμα του κάθε τετραγώνου, απαλείφοντας την επίδραση του ποσοστού του θαλάσσιου χώρου που περιέχει κάθε τετράγωνο. Αυτό θεωρήθηκε απαραίτητο γιατί αφενός οι καταμετρήσεις των ειδών γίνονται στο χερσαίο τμήμα και αφετέρου για ευκολία κατά τη σύγκριση μεταξύ των τετραγώνων.

Εισάγοντας τα αποκομμένα τετράγωνα στο λογισμικό FRAGSTATS, έκδοση 4.2 (McGarigal, et al., 2012), υπολογίστηκαν συνολικά 9 μετρικές σε επίπεδο τοπίου, για κάθε τετράγωνο, βάσει των χρήσεων γης (επίπεδο III CORINE Land Cover 2012) που περιλαμβάνονται σε αυτά. Οι μετρικές επιλέγηκαν βάσει της βιβλιογραφίας και με σκοπό να έχουν άμεση σχέση με την πτηνοπανίδα. Στην ανασκόπηση που έκαναν οι Tews, et al. (2004) για τη βιοποικιλότητα σε ετερογενή τοπία, επισημαίνουν ότι η μέτρηση της χωρικής αφθονίας (richness) σε περιοχές με διακριτό διαχωρισμό μεταξύ των δομικών τους στοιχείων παρέχει πιο ακριβή αποτελέσματα από τους δείκτες ποικιλότητας (diversity). Όταν, όμως, τα προς μελέτη είδη χρησιμοποιούν διάφορα οικοσυστήματα για σίτιση και φωλεοποίηση, η μέτρηση της χωρικής ποικιλότητας παρέχει καλύτερα αποτελέσματα. Καθώς και οι δύο συνθήκες ικανοποιούνται στην παρούσα διατριβή, έχουν επιλεγεί μετρικές και από τις δύο κατηγορίες. Από την κατηγορία των μετρικών της χωρικής αφθονίας επιλέγηκε η πυκνότητα των κλάσεων χρήσης γης (Patch Richness Density - PRD). Δίνει την πυκνότητα των κλάσεων που υπάρχουν στο τοπίο, χωρίς όμως να προσδιορίζει τον τύπο τους, το μέγεθός τους ή τη θέση τους. Τοπία με μεγάλο αριθμό κλάσεων δείχνουν τοπία ετερογενή. Από τη δεύτερη κατηγορία επιλέγηκαν η ποικιλότητα βάσει του Shannon (Shannon Diversity Index - SHDI) λόγω της μεγάλης αποδοχής και ευρύτατης χρήσης της (Stein and Kreft, 2015) και η τροποποιημένη ποικιλότητα του Simpson (Modified Simpson Diversity - MSIDI). Ο υπολογισμός των μετρικών έγινε βάσει του III

επιπέδου του χάρτη CORINE 2012, αφού σύμφωνα με τα αποτελέσματα των Tsianou, et al., (2016) η εκτίμηση της ποικιλομορφίας του τοπίου σε πιο λεπτομερή χωρική ανάλυση εξηγεί καλύτερα τη σχέση των ειδών με τα χαρακτηριστικά του τοπίου. Επιπλέον υπολογίστηκε ο δείκτης ομοιομορφίας του Shannon (Shannon Evenness Index - SHEI) ο οποίος δείχνει την ομαλή κατανομή των κλάσεων χρήσεων γης στο τοπίο.

Οι δείκτες πυκνότητας περιμέτρου (Edge Density - ED) και αναλογίας περιμέτρου προς επιφάνεια (Perimeter Area Ratio - PARA\_AM) έχουν ιδιαίτερη οικολογική σημασία γιατί δίνουν πληροφορίες για τους οικοτόνους και τις παρυφές, περιοχές στις οποίες επιτελούνται διάφορες διεργασίες, όπως έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 2, ενώ βοηθούν και τη μετακίνηση των ειδών ανάμεσα στις χωροψηφίδες. Εξίσου σημαντικοί σε επίπεδο πληροφορίας σχετικά με τις οικολογικές διεργασίες, είναι και οι δείκτες του σχήματος των χωροψηφίδων. Εδώ λαμβάνονται πληροφορίες για την κανονικότητα ή μη των σχημάτων των χωροψηφίδων, με κανονικά να νοούνται απλά γεωμετρικά σχήματα. Ο ίδιος δείκτης, αναλογίας περιμέτρου προς επιφάνεια, εμμέσως δίνει πληροφορίες για τα σχήματα του τοπίου, καθώς χωροψηφίδες με επιμήκη σχήματα έχουν μεγαλύτερη αναλογία περιμέτρου - επιφάνειας από χωροψηφίδες ίδιας επιφάνειας αλλά με πιο συμπαγές σχήμα και επιπλέον αποτελεί ένδειξη της επίδρασης των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στο τοπίο. Η απόσταση στην οποία η επίδραση των παρυφών γίνεται αισθητή στα είδη, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το είδος υπό μελέτη, τα γειτονικά ενδιαιτήματα και η γεωγραφική περιοχή (Helzer and Jelinski, 1999). Για εξάλειψη αυτής της ασάφειας, η χρήση του δείκτη αναλογίας περιμέτρου προς επιφάνεια, ο οποίος δίνει πληροφορίες για την περίμετρο λαμβάνοντας υπόψη και την έκταση της περιοχής (Helzer and Jelinski, 1999), θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμος στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Οι Rimmel και Csillag (2003) εξετάζοντας έξι δείκτες ως προς τη συμπεριφορά τους στις αλλαγές της σύνθεσης και διάρθρωσης των τοπίων, αναφέρουν στα αποτελέσματά τους ότι ο δείκτης συσπείρωσης (Contagion) έχει τις καλύτερες δυνατότητες για σύγκριση μεταξύ τοπίων. Ο συγκεκριμένος δείκτης μετρά το βαθμό στον οποίο χωροψηφίδες οι οποίες ανήκουν στην ίδια χρήση γης, βρίσκονται συγκεντρωμένες κοντά η μία στην άλλη (O'Neill, 1988). Επίσης οι Cushman, et al., (2008) αναφέρουν την καθολικότητα που εμφάνισε ο συγκεκριμένος δείκτης ανάμεσα σε τρία διαφορετικά μεταξύ τους τοπία, ενώ οι Riitters, et al., (1995) τον επιλέγουν σαν ένα από τους έξι μη πλεονάζοντες μεταξύ τους δείκτες. Επιπλέον, υπολογίστηκαν οι δείκτες του μέσου μεγέθους των χωροψηφίδων σε κάθε τοπίο (Area\_AM), ο βαθμός διαίρεσης του τοπίου (Division) και η ακτίνα περιστροφής ενός ενδιαιτήματος (Gyrate).

Για τους δείκτες αναλογίας περιμέτρου προς επιφάνεια και μέσου μεγέθους των χωροσηφίδων, χρησιμοποιήθηκε ο σταθμισμένος μέσος όρος επιφάνειας (area weighted mean) για σκοπούς αντικειμενικής σύγκρισης μεταξύ των τοπίων, δεδομένου ότι κάποια από τα τετράγωνα είχαν μικρότερη έκταση λόγω της θαλάσσιας περιοχής στην οποία εμπίπτουν. Επιπλέον, βάσει των συγκρίσεων των Schindler, et al., (2013) το συγκεκριμένο στατιστικό στοιχείο διανομής (distribution statistics) υπερείχε έναντι των υπολοίπων (μέσος όρος, συντελεστής διακύμανσης), κάτι που μπορεί να αποδοθεί στην οικολογική του σημασία.

Οι 9 μετρικές που επιλέγηκαν, εξετάστηκαν ανά δύο με τον συντελεστή συσχέτισης Spearman για να διαπιστωθεί ο βαθμός συσχέτισης τόσο μεταξύ τους όσο και με την ανεξάρτητη μεταβλητή της ποιότητας των ενδιαιτημάτων. Η συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι μια συχνή παγίδα η οποία πρέπει να ελέγχεται καθώς μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη αναγνώριση της κατεύθυνσης της σχέσης και με τη σειρά της σε λάθος διαχειριστικές ενέργειες (Eigenbrod, et al., 2011). Η συσχέτιση μεταξύ τους ελέγχθηκε επίσης και με το Kendall's Tau\_B test, δεδομένου ότι αρκετές χωρικές μεταβλητές δεν είχαν μονοτονική σχέση μεταξύ τους. Και σε αυτή την περίπτωση διαφάνηκε η ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους  $T_b > 0,8$  σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Βάσει του πίνακα των συντελεστών συσχέτισης Spearman, από κάθε ζευγάρι μετρικών με βαθμό συσχέτισης μεγαλύτερο από  $r_s > |0,7|$ , απορρίφθηκε η μία εκ των δύο (Brandolin and Blendinger, 2016), φροντίζοντας παράλληλα να παραμείνουν όσες μετρικές είχαν ιδιαίτερη οικολογική σημασία για τα πουλιά.

Είναι παραδεκτό ότι η διερεύνηση της χωρικής σχέσης της πτηνοπανίδας δεν είναι θεμιτό να γίνεται μόνο με τη χρήση χωρικών μετρικών που προσδιορίζουν τη δομή του τοπίου χωρίς να λαμβάνουν υπόψη την οικολογική σημασία των διαφόρων ενδιαιτημάτων (Heikkinen, et al., 2004). Έτσι, επιπρόσθετα με τις προαναφερθέντες 9 μετρικές, υπολογίστηκαν το ποσοστό έκτασης που καταλαμβάνουν, σε κάθε τετράγωνο, οι τέσσερις κατηγορίες χρήσεων γης του πρώτου επίπεδο του χάρτη CORINE. Οι κατηγορίες συνίστανται σε αστικές περιοχές, γεωργικές εκτάσεις, δασική γη και υγροβιότοπους. Σημειώνεται ότι τα ποσοστά των κατηγοριών 4 και 5, συνενώθηκαν σε μία κατηγορία με την ονομασία υγροβιότοποι. Οι κατηγορίες των χρήσεων γης που περιλαμβάνει ο χάρτης CORINE στα τρία ιεραρχικά επίπεδα, δίνονται στον Πίνακα Α1 του παραρτήματος. Η χρήση του πρώτου επιπέδου επιλέγηκε με σκοπό την απλοποίηση της πληροφορίας, χρησιμοποιώντας, δηλαδή, λιγότερες μεταβλητές (Tsianou, et al., 2016).

Στη συνέχεια, οι τέσσερις μετρικές εξετάστηκαν ως προς τη συσχέτιση που παρουσίαζαν μεταξύ τους, με τις μετρικές σύνθεσης του τοπίου, που υπολογίστηκαν από το λογισμικό FRAGSTATS, καθώς και με την ανεξάρτητη μεταβλητή της ποιότητας των ενδιαιτημάτων.

Επιπλέον για τις επιλεγμένες μετρικές εξετάστηκαν οπτικά τα διαγράμματα συσχέτισης για να διαπιστωθεί η μορφή της σχέσης μεταξύ τους και η ύπαρξη ακραίων τιμών. Για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές πραγματοποιήθηκε έλεγχος του βαθμούς κύρτωσης και σκέβρωσης (skewness) καθώς και η κανονικότητά τους βάσει του Kolmogorov-Smirnov Test για μη παραμετρικά δεδομένα και του Shapiro – Wilk Τεστ, εξετάζοντας τη μηδενική υπόθεση ότι τα δεδομένα προέρχονται από κανονική κατανομή. Όλες οι προκαταρκτικές αναλύσεις των δεδομένων έγιναν με το στατιστικό πακέτο IBM SPSS 24. Η απεικόνιση των μεταβλητών σε χάρτες έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού ESRI Arc Map 10.0.

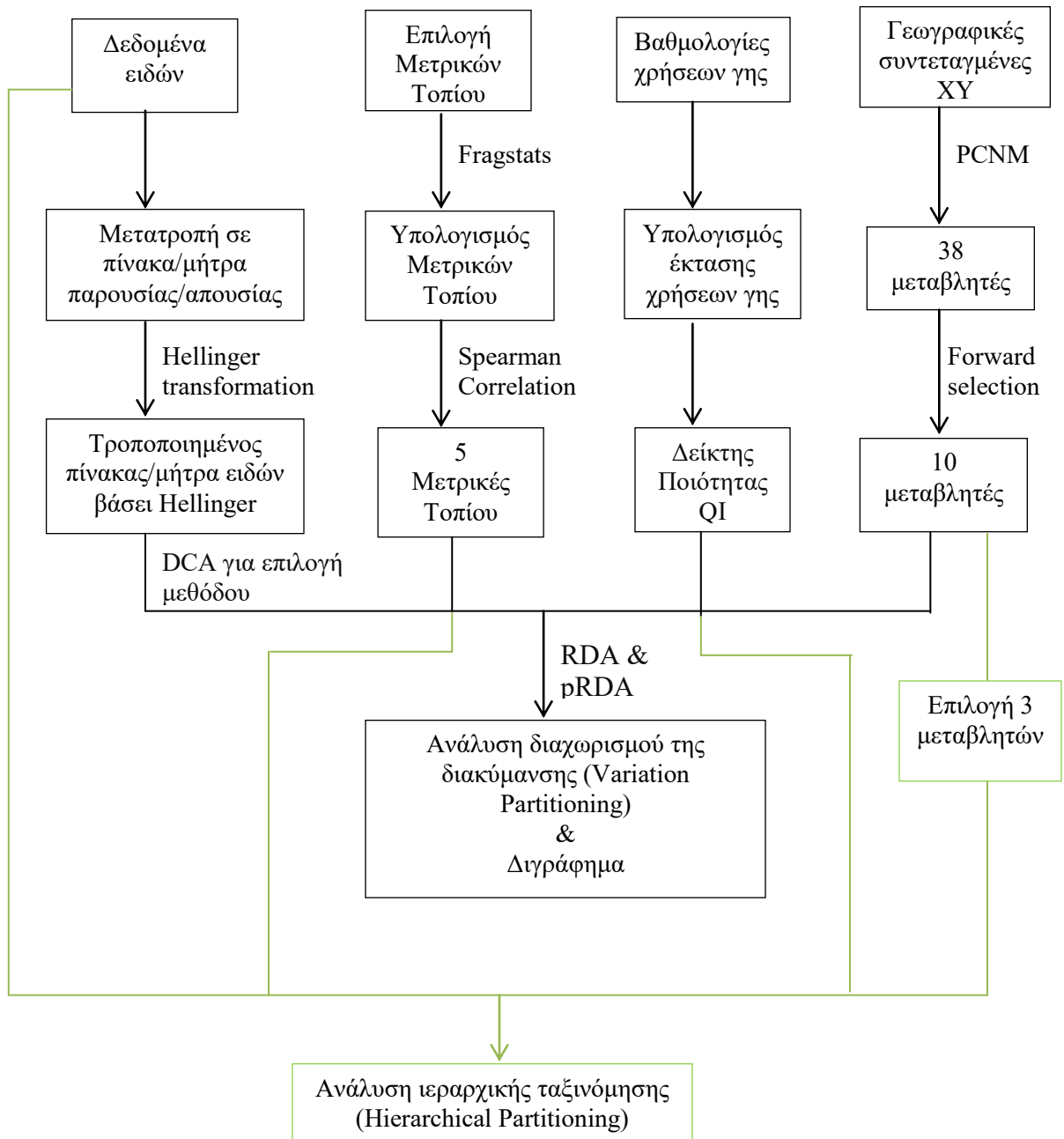
Τα χωρικά δεδομένα είναι κατά κανόνα αυτοσυσχετιζόμενα μεταξύ τους (autocorellated), παραβιάζοντας μία από τις βασικές παραδοχές των μεθόδων της στατιστικής, που απαιτούν ανεξάρτητες μεταξύ τους παρατηρήσεις (Legendre and Fortin, 1989). Στη χωρική αυτοσυσχέτιση οι τιμές των παραμέτρων τείνουν να είναι παρόμοιες με τις τιμές των ίδιων παραμέτρων σε γειτονικά κελιά (θετική αυτοσυσχέτιση) ή με αυτές πιο μακρινών κελιών (αρνητική αυτοσυσχέτιση) (Legendre and Fortin, 1989). Η χωρική αυτοσυσχέτιση των δεδομένων των ειδών ελέγχθηκε με τον δείκτη Moran's I μέσω του ArcGIS. Η χωρική αυτοσυσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών ελέγχθηκε μέσω του τεστ Mantel statistic, μεταξύ του πίνακα των ειδών (σε απόσταση Jaccard, κατάλληλη για δεδομένα παρουσίας - απουσίας ειδών) και του πίνακα των περιβαλλοντικών μεταβλητών (τροποποιημένα σε ευκλείδεια απόσταση). Σύμφωνα με τους Legendre and Fortin, (2010) η συγκεκριμένη μέθοδος, για υπολογισμό της χωρικής αυτοσυσχέτισης, παρουσιάζει αρκετές αδυναμίες. Αυτό, όπως εξηγούν οι μελετητές, συμβαίνει γιατί η εξέταση της σχέσης μεταξύ δύο πινάκων, που περιέχουν τα πρωτογενή δεδομένα, δεν είναι ισοδύναμη με τη σχέση μεταξύ των πινάκων μετασχηματισμένα σε αποστάσεις, όπως είναι η προϋπόθεση για εφαρμογή του Mantel statistic test. Προχωρώντας ένα βήμα περαιτέρω, συστήνουν τη χρήση νεότερων και πιο ισχυρών μεθόδων, όπως είναι η μέθοδος PCNM (Principal Coordinates of Neighbor Matrices) σε συνδυασμό με ανάλυση πλεονασμού (RDA) προς διαμερισμό της διακύμανσης, μέθοδος η οποία υιοθετήθηκε και στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Εδώ χρησιμοποιείται το τεστ Mantel μόνο για να διαφανεί η απόσταση για την οποία η χωρική αυτοσυσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική.



### 3.6 Στατιστική Ανάλυση

Συγκεντρωτικά τα βήματα, που ακολουθήθηκαν για εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων της σχέσης των ειδών πτηνοπανίδας με τις ανεξάρτητες μεταβλητές, φαίνονται στο σχήμα 3.3. Με σκοπό να προσδιοριστεί η  $\beta$  – ποικιλότητα της σύνθεσης των ειδών, ώστε να αποφασιστεί η κατάλληλη στατιστική μέθοδος (χρήση γραμμικής ή μονοκόρυφης διαστασιομείωσης), διενεργήθηκε αποδυναμωμένη ανάλυση αντιστοιχιών (DCA) στον πίνακα των ειδών με μετατροπή Hellinger. Ο πρώτος άξονας είχε μήκος 2,42 και βάσει του εμπειρικού κανόνα, η χρήση γραμμική πολυμεταβλητής ανάλυσης (RDA) είναι η ενδεδειγμένη για τα συγκεκριμένα δεδομένα (Lepš and Šmilauer, 2003). Παρόλα αυτά, διενεργήθηκε δοκιμαστική εφαρμογή της ανάλυσης κανονιστικών αντιστοιχιών (CCA), η οποία προϋποθέτει μονοκόρυφη κατανομή των ειδών στις περιβαλλοντικές παραμέτρους, τα αποτελέσματα της οποίας δεν ήταν στατιστικά σημαντικά. Στα επόμενα στάδια της μεθοδολογίας και της συζήτησης δίνονται μόνο τα αποτελέσματα της ανάλυσης πλεονασμού.

Ο πίνακας με τις καταγραφές των ειδών ανά τετράγωνο, μετά την αφαίρεση των σπάνιων και κοινών ειδών, τροποποιήθηκε με βάση την απόσταση Hellinger ώστε να μειωθεί η επίδραση των κοινών ειδών με πολλές καταγραφές (Legendre, 2005), ενώ παράλληλα ο συγκεκριμένος μετασχηματισμός δίνει χαμηλή βαρύτητα στα σπάνια είδη (Legendre and Gallagher, 2001). Με τον συγκεκριμένο μετασχηματισμό μειώνεται επίσης και το ταξινομικό σφάλμα κατά την καταμέτρηση των ειδών στο πεδίο, όπως αυτό αναφέρεται στον Robertson et al. (2010) ενώ η μέθοδος είναι κατάλληλη για οικολογικά δεδομένα τα οποία περιλαμβάνουν αρκετές μηδενικές τιμές (Legendre and Gallagher, 2001), όπως είναι η περίπτωση των παρόντων δεδομένων ποικιλότητας των ειδών πτηνοπανίδας. Επιπλέον η χρήση του συγκεκριμένου μετασχηματισμού στον πίνακα των ειδών, πριν τη διεξαγωγή της ανάλυσης πλεονασμού, διατηρεί την απόσταση Hellinger αντί την ευκλείδεια απόσταση και παρέχει καλύτερες δυνατότητες από ότι η χρήση της CCA η οποία χρησιμοποιεί την απόσταση του τετραγώνου του  $\chi$ ,  $X^2$  (Legendre and Gallagher, 2001; Legendre, et al., 2005). Η μέθοδος αποτελείται από δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο υπολογίζεται το ποσοστό κάθε είδους ως προς τον συνολικό αριθμό ειδών που έχουν καταμετρηθεί σε κάθε τετράγωνο, ενώ το δεύτερο στάδιο υπολογίζει την τετραγωνική ρίζα του αποτελέσματος του προηγούμενου σταδίου (Legendre and Gallagher, 2001; Legendre, 2005).



**Σχήμα 3.3:** Σχηματικό διάγραμμα των σταδίων που ακολουθήθηκαν προς εξαγωγή των αποτελεσμάτων, όπως αυτά περιγράφονται στη μεθοδολογία.

Από το λογισμικό ArcGIS υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες των κεντροειδών κάθε τετραγώνου. Οι συντεταγμένες επεξεργάστηκαν με τη μέθοδο των βασικών συντεταγμένων γειτονικών μητρών (PCNM) ώστε να παραχθούν ανεξάρτητες μεταξύ τους μεταβλητές για χρήση σαν συνμεταβλητές στο επόμενο στάδιο επεξεργασίας, της διαστασιομείωσης. Η συγκεκριμένη μέθοδος επιτρέπει τη μοντελοποίηση των χωρικών σχέσεων σε πολλαπλές κλίμακες και έτσι παρέχει πολύ καλύτερη εκπροσώπηση των χωρικών προτύπων σε σύγκριση

με άλλες μεθόδους (Legendre, et al., 2005). Από τη συγκεκριμένη μέθοδο εξήχθησαν 38 μεταβλητές. Μετά από σταδιακή ένταξη (forward selection) των 38 μεταβλητών στο μοντέλο της ανάλυσης πλεονασμού με τα είδη σαν μεταβλητή απόκρισης και με κριτήριο επιλογής το προσαρμοσμένο (adjusted)  $R^2$  εντοπίστηκαν 10 από τις 38 αρχικές μεταβλητές οι οποίες είχαν σημαντική επίδραση ( $p < 0,04$ ) στη διακύμανση των ειδών και αυτές χρησιμοποιήθηκαν στα επόμενα στάδια. Η μείωση των αρχικών μεταβλητών είναι απαραίτητη για να αποφευχθεί η τυχαία αύξηση της εξηγηθείσας διακύμανσης από τον μεγάλο αριθμό των μεταβλητών (Borcard, et al., 1992; Titeux, et al., 2004). Οι 10 αυτές μεταβλητές αποτελούν την ομάδα των γεωγραφικών μεταβλητών.

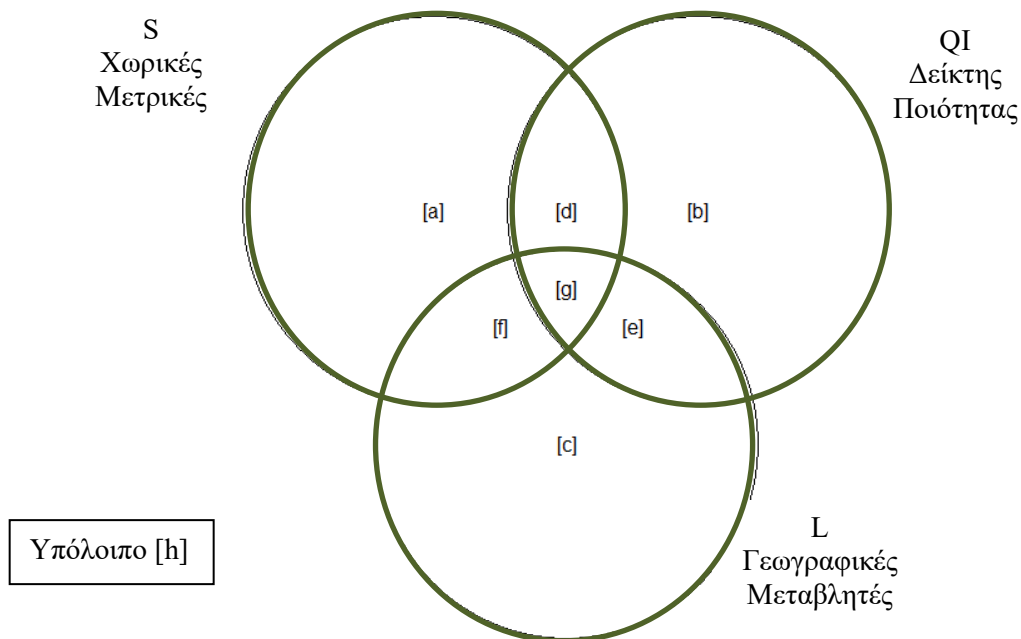
### 3.6.1 Ανάλυση Διαμερισμού της Διακύμανσης

Για διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και του πίνακα των ειδών σε μετασχηματισμό Hellinger διενεργήθηκε σειρά από αναλύσεις πλεονασμού RDA και μερικές αναλύσεις πλεονασμού (pRDA) με σκοπό να επιτευχθεί ο διαμερισμός της διακύμανσης (Variation Partitioning) των ειδών στα κλάσματα των κοινών και ανεξάρτητων συνδυασμών των τριών ομάδων μετρικών, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4. Οι τρεις ομάδες μετρικών συνίστανται από τις 5 χωρικές μετρικές που περιγράφουν τη σύνθεση, διάρθρωση και ποικιλότητα του τοπίου (L), τον δείκτη ποιότητας (QI) και την ομάδα των 10 γεωγραφικών μεταβλητών (S). Το αποτέλεσμα από τον διαμερισμό της διακύμανσης παρέχει μία συνολική εικόνα της σχετικής σημασίας της κάθε ομάδας εξηγηματικών μεταβλητών, της ανεξάρτητης επίδρασης που έχει κάθε ομάδα ξεχωριστά καθώς και της σύνθετης/κοινής επίδρασης που έχουν μεταξύ τους στην εξήγηση της διακύμανσης των ειδών (Cushman and McGarigal, 2004a). Για εξαγωγή των αποτελεσμάτων από τις συγκεκριμένες μεθόδους χρησιμοποιήθηκε το ελεύθερο λογισμικό R (R Core Team, 2017) με το πακέτο vegan 2.4-2 (Oksanen, et al., 2017).

Η διακύμανση που εξηγείται και από τις τρεις ομάδες των ανεξάρτητων μεταβλητών μπορεί να χωριστεί σε οκτώ κλάσματα (Lobo, et al., 2002; Hekkinen, et al., 2004, Barbaro, et al., 2007). Η περιγραφή του κάθε κλάσματος φαίνεται στον Πίνακα 3.1 και η σχηματική απεικόνιση στο σχήμα 3.4.

**Πίνακας 3.1:** Περιγραφή των οκτώ κλασμάτων στα οποία χωρίζεται η διακύμανση των ειδών, βάσει των τριών ομάδων ανεξάρτητων μεταβλητών (Χωρικές μετρικές, Ποιότητα ενδιαιτήματος και Γεωγραφικές μεταβλητές).

Κλάσμα	Περιγραφή κλάσματος
(a)	Ανεξάρτητη επίδραση των χωρικών μετρικών του τοπίου (σύνθεσης, διάρθρωσης και ποικιλότητας του τοπίου)
(b)	Ανεξάρτητη επίδραση της ποιότητας των ενδιαιτημάτων
(c)	Ανεξάρτητη επίδραση των γεωγραφικών μεταβλητών
(d)	Κοινή επίδραση των χωρικών μεταβλητών και της ποιότητας του ενδιαιτήματος
(e)	Κοινή επίδραση της ποιότητας του ενδιαιτήματος και των γεωγραφικών μεταβλητών
(f)	Κοινή επίδραση των χωρικών και γεωγραφικών μεταβλητών
(g)	Κοινή επίδραση και των τριών ομάδων
(h)	Το ποσοστό που δεν εξηγείται από καμία από τις επιλεγμένες μεταβλητές



**Σχήμα 3.4:** Διάγραμμα Venn που δείχνει τη σχέση μεταξύ των κλασμάτων από τις τρεις ομάδες ανεξάρτητων μεταβλητών, προς εξήγηση της διακύμανσης των ειδών.

Για διαμερισμό της διακύμανσης στα αντίστοιχα κλάσματα διενεργήθηκε σειρά από αναλύσεις πλεονασμού και μερικές αναλύσεις πλεονασμού. Στο πρώτο στάδιο, διενεργήθηκε ανάλυση πλεονασμού για κάθε ομάδα μεταβλητών ξεχωριστά. Οι τρεις ομάδες μεταβλητών είναι οι χωρικές μετρικές L (αποτελούμενη από 5 μεταβλητές που περιγράφουν τη δομή του τοπίου), ο

δείκτης ποιότητας QI και οι 10 γεωγραφικές μεταβλητές S, που εξήχθησαν από τη μέθοδο PCNM. Στο δεύτερο στάδιο, για να διαπιστωθεί η ανεξάρτητη συμβολή κάθε ομάδας μεταβλητών (κλάσματα a, b, c), διενεργήθηκαν τρεις μερικές αναλύσεις πλεονασμού (pRDA), με μία ομάδα σαν ανεξάρτητη μεταβλητή και τις άλλες δύο ομάδες μεταβλητών σαν συνμεταβλητές. Στο τρίτο στάδιο διενεργήθηκαν άλλες τρεις μερικές αναλύσεις πλεονασμού (pRDA) με μία από τις τρεις ομάδες σαν συνμεταβλητή και τις άλλες δύο σαν ανεξάρτητες μεταβλητές. Από το τρίτο στάδιο υπολογίστηκαν τα ακόλουθα κλάσματα:  $a + f + c$ ,  $b + e + c$  και  $a + d + b$ . Για παράδειγμα το κλάσμα  $a + f + c$  υπολογίστηκε με την ομάδα των χωρικών μετρικών σαν ανεξάρτητες μεταβλητές και την ποιότητα του ενδιαιτήματος μαζί με τις γεωγραφικές μεταβλητές σαν συνμεταβλητές, η επίδραση των οποίων αφαιρέθηκε από το τελικό αποτέλεσμα. Το τέταρτο και τελευταίο στάδιο αφορούσε τον υπολογισμό των εναπομεινάντων κλασμάτων ως ακολούθως:

$$d = (a + d + b) - (a + b)$$

$$e = (b + e + c) - (b + c)$$

$$f = (a + f + c) - (a + c)$$

$$d + e + g = QI - b$$

$$d + f + g = L - a$$

$$f + e + g = S - c$$

$$g = (d + e + g) - (d + e) = (d + f + g) - (d + f) = (f + e + g) - (f + e)$$

Όλες οι αναλύσεις πλεονασμού διενεργήθηκαν τυποποιώντας τα είδη στη μονάδα διακύμανσης, μέσω της προσθήκης της παραμέτρου  $scale = TRUE$ , στην εντολή του μοντέλου. Αυτό βοήθησε στην κατανομή των ειδών ομοιόμορφα (Oksanen, 2015). Από κάθε pRDA καταγράφηκε το άθροισμα όλων των κανονικοποιημένων ιδιοτιμών και αυτό διαιρέθηκε με την ολική αδράνεια των ειδών, ώστε να μετατραπούν αυτές οι τιμές σε ποσοστό της ολικής διακύμανσης των ειδών (Borcard, et al., 1992). Έτσι υπολογίστηκε το ποσοστό που εξηγούν οι ανεξάρτητες μεταβλητές καθώς και το κλάσμα h που αντιπροσωπεύει το υπόλοιπο. Για να διαμεριστεί το ποσοστό της διακύμανσης των ειδών που εξηγείται από τις τρεις ομάδες ανεξάρτητων μεταβλητών στα αντίστοιχα κλάσματα, διαιρέθηκε το άθροισμα των κανονικοποιημένων ιδιοτιμών, που εξήχθη από κάθε RDA και pRDA του προηγούμενου σταδίου, με την ολική περιορισμένη (constrained) αδράνεια, η οποία εξάγεται μετά από ανάλυση πλεονασμού μεταξύ των ειδών και όλων των ομάδων ανεξάρτητων μεταβλητών, η

οποία δίνει το άθροισμα όλων των κλασμάτων ( $a + b + c + d + e + f + g$ ). Η σημαντικότητα κάθε ομάδας κλασμάτων, που υπολογίστηκε μέσω pRDA, εκτελέστηκε με 999 permutation tests.

### 3.6.2 Ανάλυση Πλεονασμού

Προς διερεύνηση της σχέσης της αφθονίας των ειδών με τις επιλεγμένες μετρικές τοπίου και την ποιότητα του ενδιαιτήματος, με σκοπό την απάντηση του κύριου επιστημονικού ερωτήματος της διατριβής, διερευνήθηκε περαιτέρω ο συνδυασμός κλασμάτων  $a + b + d$ . Από αυτό το μοντέλο παρήχθη το διγράφημα των ειδών ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές, οι οποίες αποτελούν γραμμικούς συνδυασμούς των αξόνων, μετά την αφαίρεση της επιρροής της χωρικής αυτοσυσχέτισης. Το διγράφημα του μοντέλου σχεδιάστηκε σε κλιμάκωση τύπου 3 (scaling type). Στη συγκεκριμένη κλιμάκωση τόσο οι βαθμολογίες των δειγματοληπτικών επιφανειών όσο και οι βαθμολογίες των ειδών κλιμακώνονται συμμετρικά με την τετραγωνική ρίζα των ιδιοτιμών των αξόνων (Oksanen, 2015). Η συγκεκριμένη κλιμάκωση βοήθησε στη διασπορά των ειδών στο χώρο του διγραφήματος, χωρίς να αλλάξει τη σχετική τους θέση στο χώρο όταν άλλου τύπου κλιμακώσεις εξετάστηκαν. Καθώς τα αποτελέσματα της ανάλυσης πλεονασμού είναι ασταθή όταν οι ανεξάρτητες μεταβλητές παρουσιάζουν πολυσυγγραμμικότητα, ελέγχθηκε ο συντελεστής διογκωμένης διακύμανσης (VIF). Επιπλέον εξετάστηκε ο βαθμός στατιστικής σημαντικότητας κάθε άξονα και κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής. Σημειώνεται ότι ο βαθμός σημαντικότητας των μεταβλητών ελέγχθηκε βάσει της οριακής επίδρασης (marginal effect). Αυτός ο τύπος ελέγχου αναλύει τις οριακές επιδράσεις όταν εξαλείφεται κάθε όρος από το μοντέλο, που περιέχει όλους τους όρους. Οι μεταβλητές οι οποίες είναι συσχετισμένες μεταξύ τους παίρνουν μεγαλύτερες τιμές p (Oksanen, 2015).

### 3.6.3 Ανάλυση Ιεραρχικής Ταξινόμησης

Ακολούθησε η ανάλυση της ιεραρχικής ταξινόμησης (Hierarchical Partitioning) για να διερευνηθεί περαιτέρω η ανεξάρτητη και κοινή συμμετοχή της κάθε μίας επεξηγηματικής μεταβλητής. Τον ρόλο της εξαρτημένης μεταβλητής στη συγκεκριμένη ανάλυση, διαδραματίζει ο αριθμός των ειδών ανά τετράγωνο καταγραφής. Σαν ανεξάρτητες μεταβλητές παρέμειναν οι 5 μετρικές που συνιστούν την ομάδα των χωρικών μετρικών (δείκτης αναλογίας περιμέτρου προς επιφάνεια - PARA\_AM, δείκτης συσπείρωσης - Contagion, πυκνότητα των κλάσεων - PRD, ποσοστό γεωργικών εκτάσεων στο κάθε τοπίο και ποσοστό έκτασης υγροβιότοπων) καθώς και

η ανεξάρτητη μεταβλητή της ποιότητας του ενδιαιτήματος. Ο έλεγχος της χωρικής αυτοσυσχέτισης στην ανάλυση της ιεραρχικής ταξινόμησης είναι δυνατός μέσω της συμπερίληψης των αντίστοιχων μεταβλητών (Reis, et al., 2012). Δεδομένου ότι η ανάλυση της ιεραρχικής ταξινόμησης δίνει ασταθή αποτελέσματα όταν υπάρχουν περισσότερες από 9 μεταβλητές, ενώ δεν μπορεί να δεχθεί περισσότερες από 12 μεταβλητές, ακολουθήθηκε διαδικασία για μείωση των 10 γεωγραφικών μετρικών. Η αστάθεια έγκειται στη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων ανάλογα με τη σειρά εισόδου των μεταβλητών στο μοντέλο (Olea, et al., 2010). Καταρχήν διενεργήθηκε ανάλυση ιεραρχικής ταξινόμησης μεταξύ της ποικιλότητας των ειδών και των 10 γεωγραφικών μετρικών. Η ανάλυση επαναλήφθηκε αρκετές φορές, μεταβάλλοντας κάθε φορά τη σειρά εισόδου στο μοντέλο των μεταβλητών (Olea, et al., 2010). Έπειτα αφαιρέθηκε μία μεταβλητή, αυτή που παρουσίαζε τη χαμηλότερη ανεξάρτητη συμμετοχή, ώστε να μειωθεί ο αριθμός τους σε 9, αριθμός ο οποίος δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ιεραρχικής ταξινόμησης. Πραγματοποιήθηκε ακόμα μία ανάλυση ιεραρχικής ταξινόμησης με τον αριθμό των ειδών και τις 9 επιλεγμένες μεταβλητές, από την οποία καταγράφηκαν οι τρεις μεταβλητές με τη μεγαλύτερη ανεξάρτητη συμμετοχή. Τέλος, έτρεξε το μοντέλο με τις τρεις επιλεγμένες γεωγραφικές μεταβλητές και τις έξι ανεξάρτητες μεταβλητές των άλλων δύο ομάδων. Η ιεραρχική ταξινόμηση διενεργήθηκε με το πακέτο hier.part 1.0-4 (Walsh and Mac Nally, 2013) μέρος του λογισμικού R με γκαουσιανά (Gaussian) μοντέλα και σαν μέθοδος προσαρμογής του μοντέλου στα δεδομένα επιλέγηκε το τετράγωνο του R ( $R^2$ ). Το ποσοστό της ανεξάρτητης και κοινής συνεισφοράς κάθε μεταβλητής υπολογίστηκε βάσει του συνολικού ποσοστού όλων των μεταβλητών (Heikkinen, et al., 2004)

# Κεφάλαιο 4

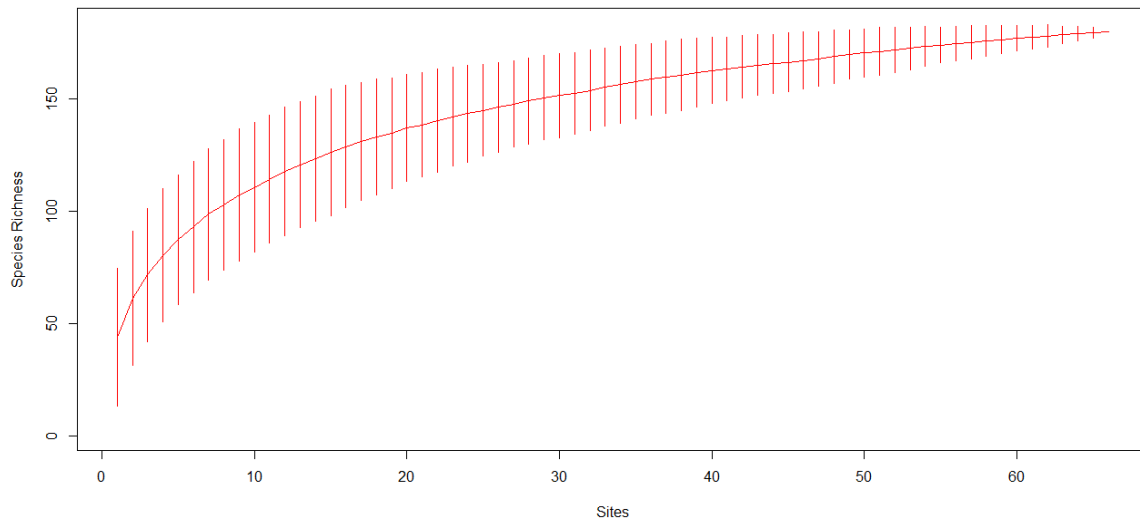
## Αποτελέσματα

Το 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο δίνει τα αποτελέσματα των αναλύσεων που έχουν περιγραφεί στη μεθοδολογία τόσο περιγραφικά αλλά κυρίως μέσα από διαγράμματα και σχήματα. Η δομή του κεφαλαίου ακολουθεί τη δομή που χρησιμοποιήθηκε στη μεθοδολογία ώστε να γίνεται η σύγκριση με σχετική άνεση.

### 4.1 Ποικιλότητα Ειδών Πτηνοπανίδας

Συνολικά 66 τετράγωνα περιείχαν καταγραφές και ο συνολικός αριθμός των ειδών που καταμετρήθηκαν, σε διάρκεια 4 ετών (2013 - 2016), ανέρχεται στα 182 είδη. Μετά την αφαίρεση των σπάνιων ειδών, όσα είδη εμφανίζονταν σε ένα μόνο τετράγωνο, και τριών ειδών που εμφανίζονταν και στα 66 τετράγωνα, παρέμειναν προς περαιτέρω επεξεργασία 138 είδη. Τα τρία πολύ κοινά είδη ήταν η Κουρούνα (*Corvus cornix*), το Ευρωπαϊκό Βραχοχελίδο (*Hirundo rupestris*) και ο Καλόγερος (*Parus major*). Ο μέσος όρος των ειδών ανά τετράγωνο ήταν  $44 \pm 1,75$  είδη, με μικρότερη τιμή 16 είδη και μεγαλύτερη 86 είδη. Τα δύο τετράγωνα με τον μεγαλύτερο αριθμό ειδών, είναι αυτά που περιλαμβάνουν την αλυκή της Λάρνακας, στα νοτιοανατολικά παράλια του νησιού. Ο αριθμός των ειδών ανά τετράγωνο, με ομαδοποίηση του αριθμού των ειδών σε 5 κλάσεις, φαίνεται στο σχήμα 4.6. Η συγκεκριμένη μεταβλητή απόκρισης παρουσίαζε κανονική κατανομή. Η καμπύλη συσσώρευσης των ειδών, για όλα τα τετράγωνα της περιοχής μελέτης, φαίνεται στο σχήμα 4.1. Το σχήμα της δείχνει να προσεγγίζει μία ασύμπτωτο ευθεία, υποδηλώνοντας την αποτελεσματικότητα της μεθόδου καταγραφής των ειδών. Αυτό οφείλεται και στη χρήση δεδομένων καταγραφών από τέσσερα συνεχόμενα έτη, αυξάνοντας την πιθανότητα να εντοπιστούν και τα πολύ σπάνια και δυσδιάκριτα είδη.





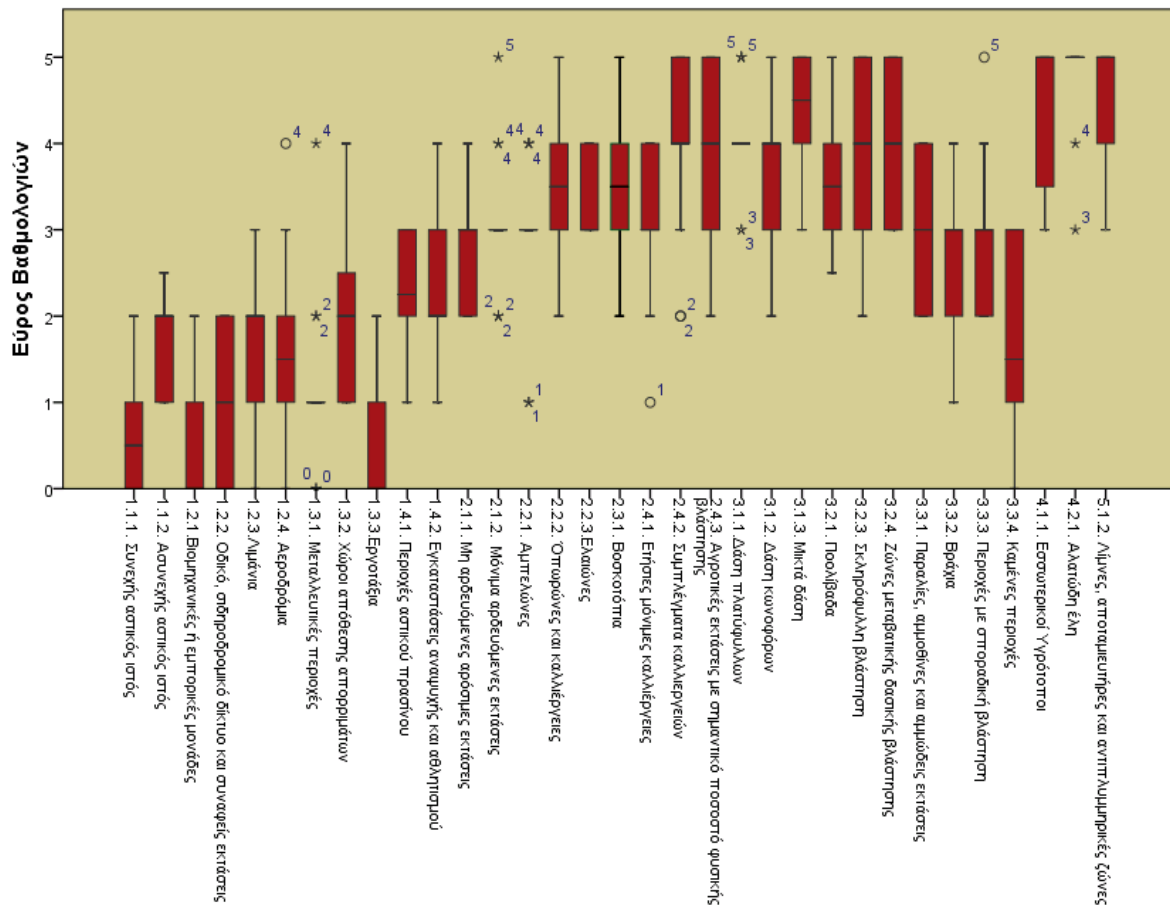
**Σχήμα 4.1:** Καμπύλη συσσώρευσης των ειδών (Species Accumulation Curve).

## 4.2 Ποιότητα Ενδιαιτήματος

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της βαθμολογίας που έλαβε κάθε χρήση γης, μέσα από την αξιολόγηση τους από τους 14 εμπειρογνώμονες, δίνονται στο σχήμα 4.2. Ο συντελεστής συμφωνίας Kendall (W) με τιμή 0,732 δείχνει την καλή συμφωνία που υπάρχει μεταξύ των εμπειρογνομόνων ως προς την αξιολόγηση των χρήσεων γης. Αυτή η συμφωνία οδήγησε στην υιοθέτηση του μέσου όρου έναντι άλλων περιγραφικών στατιστικών προς εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος της βαθμολογίας που έλαβε κάθε χρήση γης (π.χ. διάμεση ή επικρατούσα τιμή), ώστε διατηρηθούν πληροφορίες από όλους τους εμπειρογνώμονες.

Ο Berg (1997) έχει βρει θετική συσχέτιση της ποικιλότητας της πτηνοπανίδας με την ύπαρξη φυλλοβόλων δέντρων στην κεντρική Σουηδία με τα δάση κωνοφόρων να μην στηρίζουν σημαντικό αριθμό ειδών και τα μικτά δάση να έχουν τη μεγαλύτερη ποικιλότητα. Τα αποτελέσματα, που έχουν επεξεργαστεί από την άποψη των ειδικών, δίνουν ακριβώς αυτή την εικόνα, με τα δάση πλατύφυλλων να βαθμολογούνται με 4,07, τα δάση κωνοφόρων με 3,64 και τα μικτά δάση με 4,43. Πολύ ψηλή βαθμολογία πήραν οι περιοχές με αλατώδη έλη (4,79), οι λίμνες, αποταμιευτήρες και αντιπλημμυρικές ζώνες (4,36) καθώς και οι εσωτερικοί υγρότοποι (4,29). Οι χρήσεις γης, που εντάσσονται στην κατηγορία των τεχνητών επιφανειών, έλαβαν ιδιαίτερα χαμηλές βαθμολογίες (0,43 για τις βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες μέχρι 2,32 για τις περιοχές αστικού πρασίνου) ενώ χαμηλή βαθμολογία πήραν και οι καμένες περιοχές (1,71).

Ο πίνακας με τα περιγραφικά στατιστικά των βαθμολογιών για όλες τις καταγεγραμμένες χρήσεις γης που υπάρχουν στην Κύπρο δίνεται στον Πίνακα Α2 του παραρτήματος.



**Σχήμα 4.2:** Θηκόγραμμα του εύρους βαθμολογιών για την κάθε κατηγορία χρήσης γης του τρίτου επιπέδου του χάρτη CORINE Land Cover 2012. Με κύκλους φαίνονται οι παράτυπες τιμές και με αστεράκια οι ακραίες τιμές.

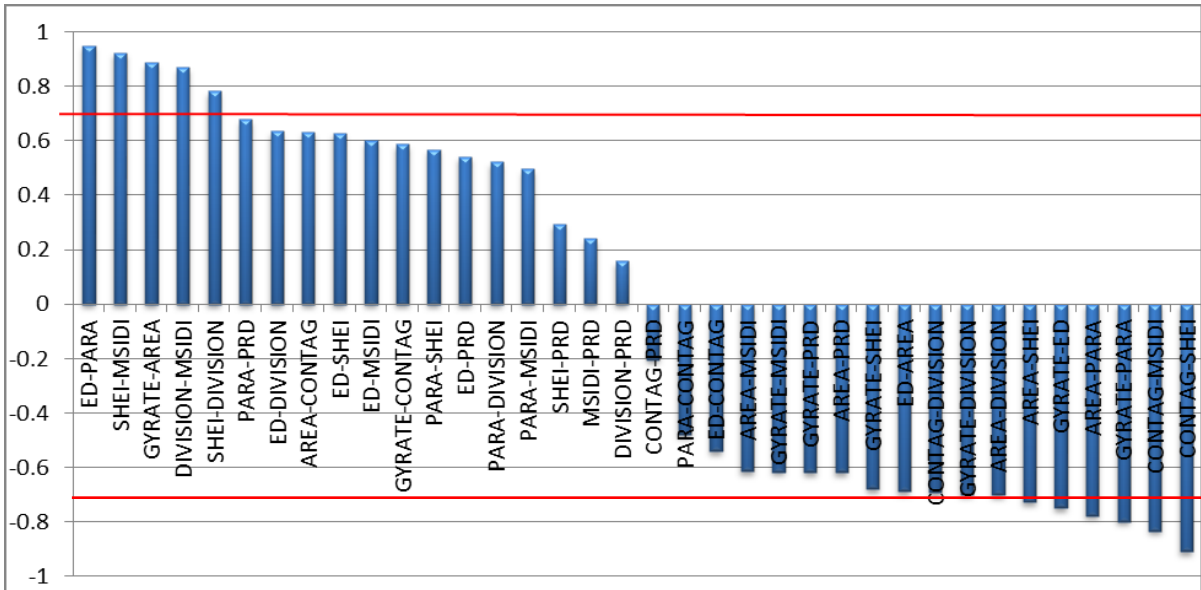
Βάσει των βαθμολογιών κάθε χρήσης γης και του ποσοστού της έκτασης που καταλαμβάνει στη δειγματοληπτική επιφάνεια υπολογίστηκε ο δείκτης ποιότητας QI (βλ. εξίσωση 3.1). Η κατανομή των τιμών που πήρε ο δείκτης ποιότητας για κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια (10 Km x 10 Km) φαίνεται στον τελευταίο χάρτη του σχήματος 4.6. Το εσωτερικό του νησιού φαίνεται ότι παίρνει μεγαλύτερες τιμές του δείκτη ποιότητας των ενδιαιτημάτων, πιθανόν λόγω της μικρότερης αστικής όχλησης, η οποία επικεντρώνεται κυρίως στις παράλιες περιοχές.

Στον Πίνακα Α3 του παραρτήματος δίνεται πίνακας με την τιμή του δείκτη ποιότητας κάθε τετραγώνου, ενώ τα περιγραφικά στατιστικά του δείκτη φαίνονται στον πίνακα 4.1. Αυτός παίρνει τη μικρότερη τιμή 1,72 για το τετράγωνο 36SWD03 το οποίο εμπεριέχει τη δεύτερη

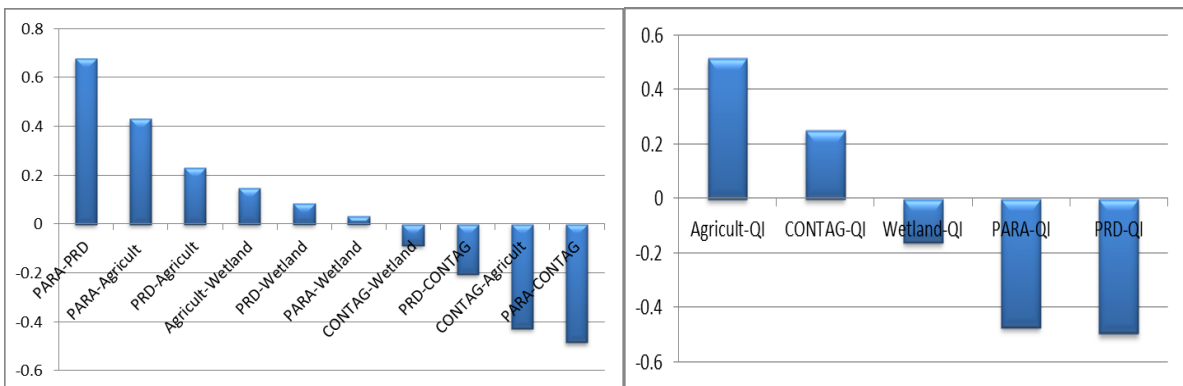
μεγαλύτερη πόλη της Κύπρου, την Λεμεσό. Τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη, 3,92 έχει το τετράγωνο 36SWD25 ευρισκόμενο μεταξύ Λεμεσού και Λάρνακας στους πρόποδες του Τροόδου, το οποίο περιλαμβάνει το χωριό Πάνω Λεύκαρα. Η έκταση που καταλαμβάνει ο οφιόλιθος του Τροόδου, στο κέντρο του νησιού, φαίνεται να έχει υψηλότερες τιμές του δείκτη ποιότητας από ότι οι υπόλοιπες περιοχές του νησιού. Η ονοματολογία των τετραγώνων φαίνεται στο σχήμα 3.2.

### 4.3 Δομή Τοπίου

Αρχικά υπολογίστηκαν 9 μετρικές από το λογισμικό FRAGSTATS, οι οποίες ελέχθηκαν με τον συντελεστή Spearman ως προς τον βαθμό συσχέτισης μεταξύ τους. Οι μετρικές παρουσίαζαν μεγάλη συσχέτιση, όπως ήταν αναμενόμενο βάσει της βιβλιογραφίας. Στο σχήμα 4.3 φαίνεται ο βαθμός συσχέτισης του συντελεστή Spearman των 9 μετρικών ανά ζεύγος. Μετά την απόρριψη όσων μεταβλητών παρουσίαζαν  $r_s > |0,7|$ , φροντίζοντας παράλληλα από το κάθε ζευγάρι να παραμείνει η μεταβλητή που είχε μεγαλύτερη οικολογική σημασία για τα πουλιά, εξήχθησαν 3 δείκτες. Αυτοί ήταν η αναλογία περιμέτρου προς επιφάνεια (PARA\_AM), η πυκνότητα των κλάσεων χρήσης γης (PRD) και ο δείκτης συσπείρωση (Contagion). Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις μεταβλητές που εκφράζουν τη σύνθεση του τοπίου. Απορρίφθηκαν οι μετρικές του ποσοστού έκτασης της δασικής γης και των τεχνητών επιφανειών λόγω ισχυρής συσχέτισης με την ποιότητα του ενδιαιτήματος ( $r_s = 0,787$  και  $r_s = 0,805$  αντίστοιχα). Παρέμειναν για τα επόμενα στάδια επεξεργασίας το ποσοστό έκτασης των γεωργικών εκτάσεων (Agricult) και το ποσοστό έκτασης που καταλαμβάνουν σε κάθε τοπίο οι υγροβιότοποι (Wetland). Ο βαθμός συσχέτισης μέσω του συντελεστή Spearman rho των πέντε αυτών μεταβλητών μεταξύ τους και με την ποιότητα του ενδιαιτήματος φαίνεται στο σχήμα 4.4. Η επιλογή του δείκτη αναλογίας περιμέτρου προς επιφάνεια έναντι της μετρικής της πυκνότητας περιμέτρου, βασίστηκε στις παρατηρήσεις των Neel et al. (2004), οι οποίοι απέδειξαν τη μη γραμμική σχέση του συγκεκριμένου δείκτη και της αδυναμίας του να ποσοτικοποιήσει σωστά τις συνέπειες του κατακερματισμού, παρά τη συχνή χρήση του από τους επιστήμονες.

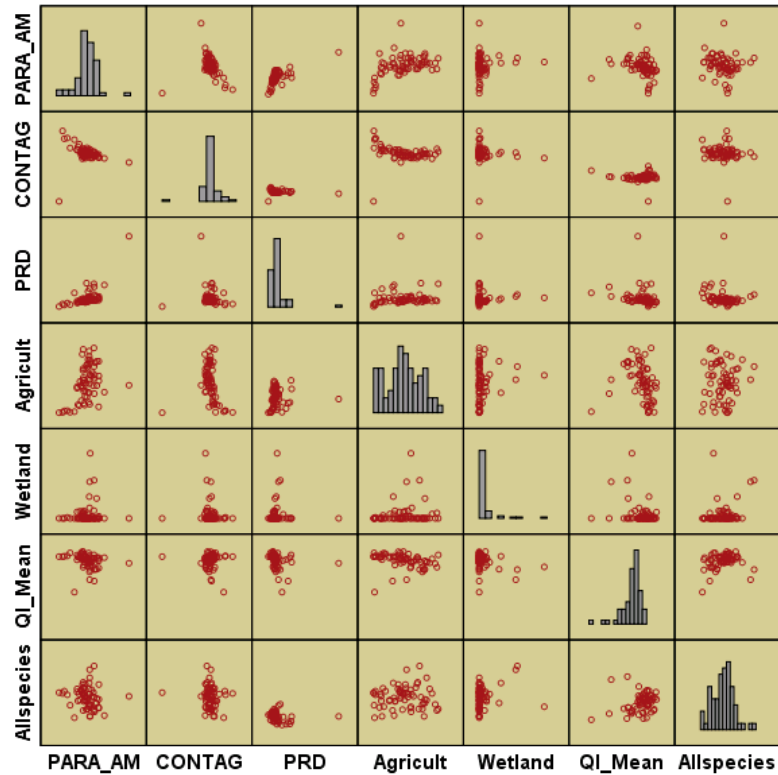


**Σχήμα 4.3:** Γραφική παράσταση του βαθμού συσχέτισης μέσω του συντελεστή Spearman rho, των μετρικών ανά δύο. Με κόκκινες γραμμές παρουσιάζεται το όριο που τέθηκε για αποκλεισμό των μετρικών  $r_s = |0,7|$ .



**Σχήμα 4.4:** Βαθμός συσχέτισης του συντελεστή Spearman των 5 επιλεγμένων μετρικών της δομής του τοπίου μεταξύ τους (αριστερά) και με την ποιότητα του ενδιαιτήματος (δεξιά).

Από τα διαγράμματα γραμμικής συσχέτισης των ανεξάρτητων μετρικών τόσο μεταξύ τους όσο και με τη μεταβλητή απόκρισης (σχήμα 4.5), φαίνεται ότι οι μετρικές οι οποίες εκφράζουν στοιχεία της χωρικής διάρθρωσης του τοπίου (CONTAG, PARA\_AM) παρουσίαζαν μηδενική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή. Αυτό διαπιστώνεται από την κατανομή των τιμών τους ως προς τον αριθμό των ειδών, όπως αυτή δίνεται στην τελευταία γραμμή του σχήματος 4.5.



**Σχήμα 4.5:** Διαγράμματα γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών καθώς και με τον αριθμό των ειδών πτηνοπανίδας (εξαρτημένη μεταβλητή). Στη διαγώνιο εμφανίζεται το ιστόγραμμα της κατανομής των τιμών κάθε μεταβλητής.

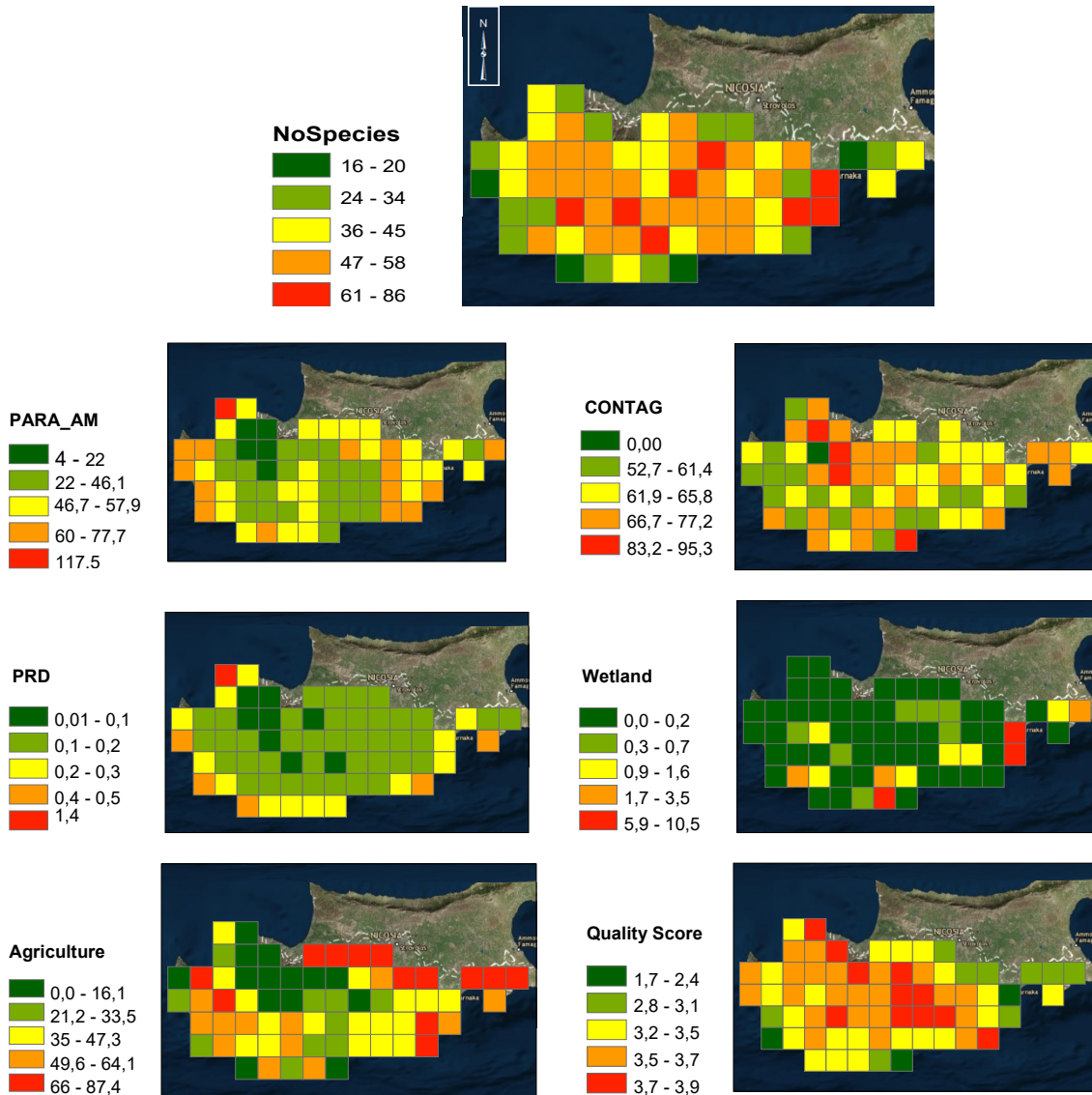
Από τους δείκτες τοπίου που υπολογίστηκαν, προκύπτει ότι η περιοχή μελέτης αποτελείται κυρίως από γεωργικές εκτάσεις ενώ η ύπαρξη υγροβιοτόπων είναι μηδαμινή. Τα αποτελέσματα του δείκτη συσπείρωσης δείχνουν ότι οι χωροψηφίδες ίδιου τύπου είναι διάσπαρτες μεταξύ τους. Μικρές τιμές του δείκτη συσπείρωσης υποδεικνύουν τοπία χωρισμένα σε πολλές μικρές χωροψηφίδες (O’Neil, et al., 1998) διασκορπισμένες στο χώρο (McGarigal, 2015) ενώ αντίθετα μεγάλες τιμές του δείκτη χαρακτηρίζουν τοπία με λίγες μεγάλες χωροψηφίδες συσπειρωμένες μεταξύ τους. Το ποσοστό της έκτασης των υγροβιοτόπων είναι γενικά πολύ μικρό, με μεγαλύτερη τιμή 10,5% ενώ αντίθετα τα ποσοστά των αγροτικών εκτάσεων είναι αυξημένα με μέσο όρο 40,8%. Ο δείκτης πυκνότητα κλάσεων (PRD) έχει επιλεγεί για να αντιπροσωπεύσει την ετερογένεια του τοπίου. Τοπία με μεγάλη πυκνότητα κλάσεων χρήσης γης δείχνουν μεγάλη ποικιλία ενδιαιτημάτων ενώ μικρότερες πυκνότητες αντιστοιχούν σε τοπία περισσότερο ομοιογενή.

**Πίνακας 4.1:** Περιγραφικά στατιστικά για τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

	PRD	PARA_AM	CONTAG	Agricult	Wetland	QI
Μονάδα Μέτρησης	-	-	%	%	%	-
Mean	0,19	48,97	65,03	40,83	0,63	3,42
Min	0,01	4,00	0,00	0,00	0,00	1,72
Max	1,44	117,45	95,25	87,38	10,54	3,92
std	0,18	16,49	10,80	23,67	1,73	0,39
Skewness	5,27	0,43	-2,84	-0,01	4,10	-2,02
Kyrtosis	34,45	4,56	20,72	-0,83	18,83	5,80
Kolmogorov-Smirnoff sig.	0,00	0,02	0,00	0,20	0,00	0,00
Shapiro-Wilk sig.	0,00	0,005	0,00	0,13	0,00	0,00

Καμία εκ των μετρικών δεν παρουσίαζε κανονική κατανομή των μετρήσεων της με τα αποτελέσματα των δοκιμών Shapiro-Wilk και Kolmogorov-Smirnov να έχουν όλα  $p < 0,05$ , απορρίπτοντας τη μηδενική υπόθεση, εκτός από τη μετρική του ποσοστού της έκτασης των γεωργικών εκτάσεων. Στο ίδιο αποτέλεσμα καταλήγει και η οπτική εξέταση των ιστογραμμάτων, των boxplot και των Q-Q Plots. Όλα τα δεδομένα παρουσίαζαν κύρτωση προς τα αριστερά η οποία δεν κατέστη δυνατό να διορθωθεί παρά τους διάφορους μετασχηματισμούς που δοκιμάστηκαν.

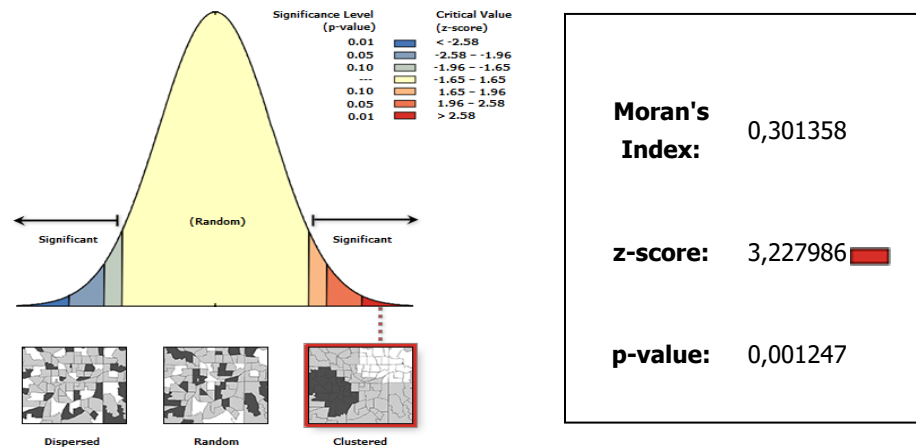
Στο σχήμα 4.6 δίνεται η απεικόνιση των μετρικών ανά τετράγωνο, ομαδοποιημένες σε 5 κλάσεις, στο χάρτη της Κύπρου. Στο εσωτερικό του νησιού κυριαρχεί η οροσειρά του Τροόδους με χαμηλότερες τιμές για τον δείκτη αναλογίας περιμέτρου προς επιφάνεια και μεγαλύτερη ομοιογένεια του τοπίου. Μεγαλύτερες τιμές του δείκτη αναλογίας περιμέτρου προς επιφάνεια εμφανίζονται περιμετρικά του Τροόδους, στις περιοχές δηλαδή με έντονη την παρουσία των γεωργικών εκτάσεων. Αυτό δείχνει την επίδραση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στη διαμόρφωση των σχημάτων των χωροψηφίδων. Η ετερογένεια του τοπίου είναι ιδιαίτερα αυξημένη στις παράλιες περιοχές.



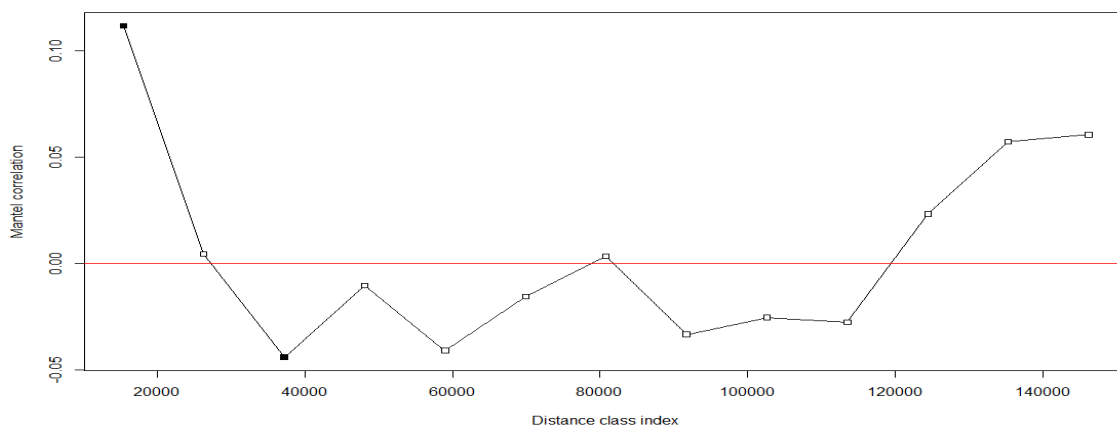
**Σχήμα 4.6:** Χάρτες της κατανομής των τιμών των μεταβλητών στις δειγματοληπτικές επιφάνειες. Πάνω είναι ο αριθμός των ειδών (NoSpecies), ο δείκτης αναλογίας περιφέρειας προς έκταση (PARA\_AM), ο δείκτης συσπείρωσης (CONTAG), η μετρική της ετερογένειας του τοπίου (PRD), το ποσοστό της έκτασης των υγροβιοτόπων (Wetland), το ποσοστό των αγροτικών εκτάσεων (Agriculture) και ο δείκτης ποιότητας των ενδιαιτημάτων (Quality Score).

Στη μεγάλη τους πλειοψηφία, τα περιβαλλοντικά δεδομένα παρουσιάζουν υψηλό βαθμό αυτοσυσχέτισης (Legendre and Fortin, 1989) και εξαίρεση δεν αποτελούν και τα δεδομένα της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής, όπου παρουσιάζεται το φαινόμενο της αυτοσυσχέτισης στις τιμές των μεταβλητών μεταξύ των γειτονικών τετραγώνων. Η αυτοσυσχέτιση στις τιμές του αριθμού των ειδών ελέγχθηκε μέσω του δείκτη Moran's I από το λογισμικό ArcGIS. Το αποτέλεσμα του δείκτη είναι 0,3 ( $p = 0,001$ ) και δείχνει θετική χωρική αυτοσυσχέτιση με πιθανότητα 99%. Το αποτέλεσμα, όπως αυτό εξήχθη από το ArcGIS, φαίνεται στο σχήμα 4.7. Για εξέταση της χωρικής αυτοσυσχέτισης των ανεξάρτητων

μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε το τεστ Mantel μεταξύ του πίνακα των ειδών σε απόσταση Jaccard και του πίνακα των ανεξάρτητων μεταβλητών σε ευκλείδεια απόσταση. Το αποτέλεσμα ήταν Mantel statistic  $r = 0,295$  με  $p = 0,002$  και επίσης υποδεικνύει θετική χωρική αυτοσυσχέτιση. Το σχήμα 4.8 δείχνει το αποτέλεσμα όπως αυτό εξήχθη από το λογισμικό R με το πακέτο `vegan`. Με μαύρα τετράγωνα υποδηλώνονται οι αποστάσεις για τις οποίες το αποτέλεσμα είναι στατιστικά σημαντικό. Από αυτό φαίνεται ότι οι αποστάσεις μεταξύ 20.000 Km και 40.000 Km έχουν σημαντική χωρική αυτοσυσχέτιση.



**Σχήμα 4.7:** Moran's Index δείχνει ότι υπάρχει θετική χωρική αυτοσυσχέτιση της εξαρτημένης μεταβλητής με πιθανότητα 99%.



**Σχήμα 4.8:** Αποτέλεσμα του Mantel Test μεταξύ του πίνακα των ειδών σε απόσταση Jaccard και του πίνακα των ανεξάρτητων μεταβλητών σε ευκλείδεια απόσταση. Με μαύρα τετράγωνα εμφανίζονται οι αποστάσεις για τις οποίες το αποτέλεσμα είναι στατιστικά σημαντικό.



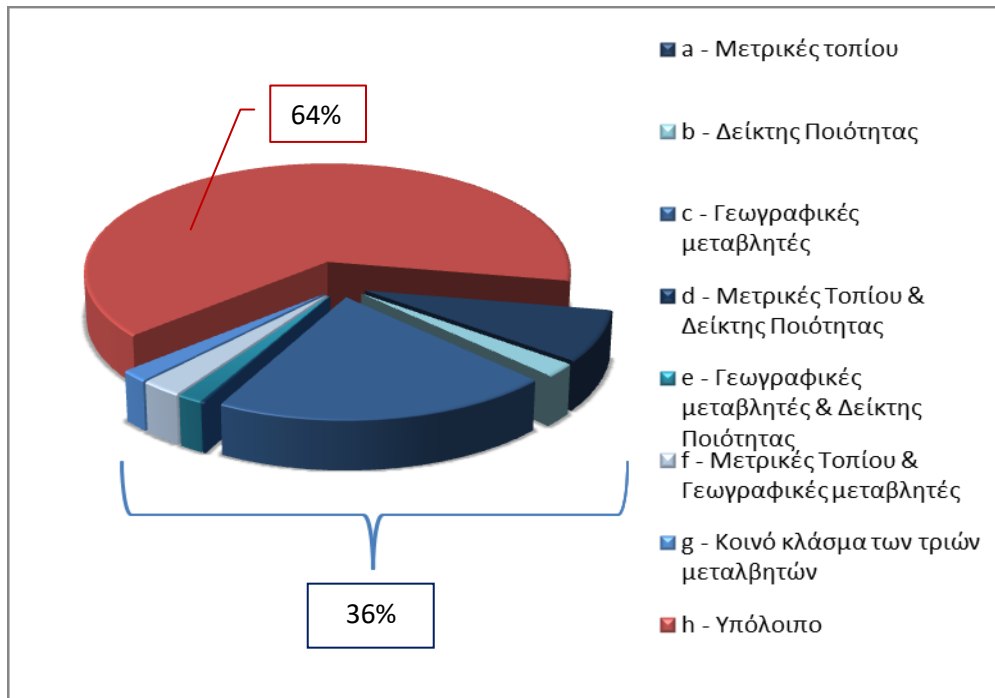
## 4.4 Στατιστική Ανάλυση

Για εξαγωγή των αποτελεσμάτων έπρεπε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της χωρικής αυτοσυσχέτισης και αυτό επετεύχθη μέσω της επεξεργασίας των γεωγραφικών συντεταγμένων με τη μέθοδο PCNM. Πρώτα διενεργήθηκε διαμερισμός του ποσοστού της διακύμανσης των ειδών, που εξηγείται από τις επιλεγμένες μεταβλητές απόκρισης, στις τρεις ομάδες ανεξάρτητων μεταβλητών. Αυτό βοήθησε στην αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο τα χωρικά πρότυπα επηρεάζουν τόσο τη μεταβλητή απόκρισης όσο και τις επεξηγηματικές μεταβλητές. Έπειτα, προς απάντηση του κύριου επιστημονικού ερωτήματος, σχεδιάστηκε το διγράφημα της ανάλυσης πλεονασμού των δύο εκ των τριών ομάδων μεταβλητών (χωρικές μετρικές και ποιότητα ενδιαιτήματος), μετά την αφαίρεση της επίδρασης των γεωγραφικών μεταβλητών. Τα αποτελέσματα αυτού του σταδίου δίνονται στο υποκεφάλαιο 4.4.2. Στη συνέχεια, για να διαπιστωθεί η επίδραση της ανεξάρτητης συμμετοχής κάθε μίας μεταβλητής χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση της ιεραρχικής ταξινόμησης.

### 4.4.1 Ανάλυση Διαμερισμού της Διακύμανσης

Η ανάλυση πλεονασμού RDA διενεργήθηκε για τα 66 τετράγωνα, με 138 είδη, ο πίνακας των οποίων τροποποιήθηκε βάσει του μετασχηματισμού Hellinger. Από τη μέθοδο PCNM παράχθηκαν 38 μεταβλητές. Με σταδιακή ένταξη των μεταβλητών στο μοντέλο της ανάλυσης πλεονασμού (forward selection) και κριτήριο το προσαρμοσμένο (adjusted)  $R^2$  επιλέγηκαν οι 10 πιο σημαντικές.

Από την ανάλυση του διαμερισμού της διακύμανσης φαίνεται ότι το ποσοστό της διακύμανσης των ειδών που εξηγείται από τις τρεις ομάδες μεταβλητών ανέρχεται στο 36% ενώ ένα μεγάλο ποσοστό της διακύμανσης, 64%, δεν εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου. Οι τρεις ομάδες ανεξάρτητων μεταβλητών είναι η ποιότητα του ενδιαιτήματος (QI), οι μετρικές του τοπίου (L) και οι γεωγραφικές μεταβλητές (S). Στο σχήμα 4.9 φαίνεται σχηματικά το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγεί το μοντέλο με τις τρεις ομάδες των ανεξάρτητων μεταβλητών και το ποσοστό που παραμένει ανεξήγητο.



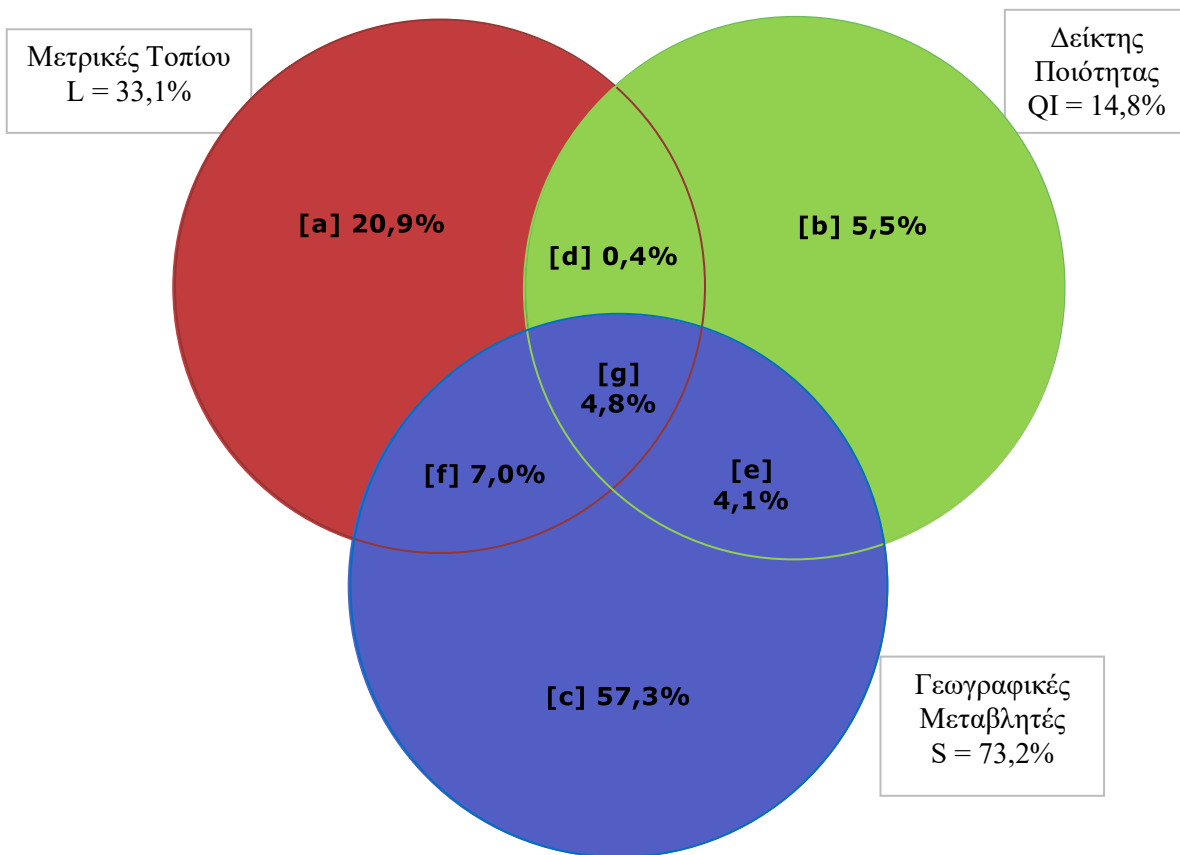
**Σχήμα 4.9:** Αποτέλεσμα διαμερισμού της διακύμανσης. Το ποσοστό που εξηγείται από τις τρεις ομάδες ανεξάρτητων μεταβλητών (Χωρικές μετρικές, Δείκτης ποιότητας και γεωγραφικές μεταβλητές) με μπλε χρώμα και το ποσοστό που παραμένει ανεξήγητο με κόκκινο χρώμα.

Το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγήθηκε (36%), αναλύθηκε στα κλάσματα που φαίνονται στο σχήμα 4.10, δείχνοντας την επίδραση της κάθε ομάδας ανεξάρτητων μεταβλητών και τα χωρικά πρότυπα που διέπουν τόσο την κατανομή των ειδών όσο και τις μετρικές τοπίου και την ποιότητα των ενδιαιτημάτων. Οι γεωγραφικές μεταβλητές, κλάσμα c, κατέχουν τη μερίδα του λέοντος με ανεξάρτητη συμμετοχή 57,3% της εξηγηθείσας διακύμανσης των ειδών, ποσοστό το οποίο αντιπροσωπεύει το χωρικό πρότυπο της κατανομής των ειδών (Legendre, et al., 2005). Ακολουθεί το κλάσμα a με ανεξάρτητη επιρροή 20,9% και δείχνει το ποσοστό της εξηγηθείσας διακύμανσης που οφείλεται στις χωρικές μετρικές, οι οποίες εκφράζουν τη δομή του τοπίου. Το ποσοστό της ανεξάρτητης συμμετοχής της ποιότητας του ενδιαιτήματος ανέρχεται στο 5,5%. Το κοινό ποσοστό των μετρικών του τοπίου και των γεωγραφικών μετρικών, κλάσμα [f] είναι 7% και το αντίστοιχο κοινό ποσοστό της ποιότητας του ενδιαιτήματος με τις γεωγραφικές μεταβλητές κλάσμα [e] είναι 4,1%. Τα συγκεκριμένα κλάσματα αντιπροσωπεύουν το ποσοστό των χωρικών μετρικών και της ποιότητας των ενδιαιτημάτων, αντίστοιχα, το οποίο επηρεάζεται από τις γεωγραφικές μεταβλητές. Το μεγάλο τους ποσοστό υποδηλώνει το παρόμοιο χωρικό πρότυπο που υποκινεί τόσο τις δύο ομάδες μεταβλητών όσο και τα είδη (Borcard, et al., 1992). Το κοινό ποσοστό και των τριών ομάδων μεταβλητών είναι 4,8% ενώ το κοινό ποσοστό των μετρικών του τοπίου και της ποιότητας του ενδιαιτήματος είναι μηδαμινό [d] = 0,4%

δείχνοντας τη μικρή συσχέτιση μεταξύ των δύο συγκεκριμένων ομάδων μεταβλητών. Η στατιστική σημαντικότητα των κλάσμάτων και ομάδων κλάσμάτων που εξήχθησαν από τις αναλύσεις πλεονασμού, δίνονται στον πίνακα 4.2. Το μόνο κλάσμα που δεν είναι στατιστικά σημαντικό, υπονοώντας ότι το αποτέλεσμά του ίσως να οφείλεται σε τυχαίο θόρυβο, είναι το κλάσμα [a] που αφορά τις 5 χωρικές μετρικές, σύνθεσης, διάρθρωσης και ποικιλότητας του τοπίου.

**Πίνακας 4.2:** Στατιστική σημαντικότητα των ομάδων κλάσμάτων, μετά από 999 permutation tests.

	a	b	c	a+b+d	a+f+c	b+e+c	L	QI	S
P-value	0,128	0,03	0,001	0,044	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001



**Σχήμα 4.10:** Αποτέλεσμα του διαμερισμού της διακύμανσης για το ποσοστό που εξηγείται από τις τρεις ομάδες ανεξάρτητων μεταβλητών. Στα τετράγωνα έξω από τους κυκλους, δίνεται το αποτέλεσμα της αντίστοιχης ομάδας μετρικών και αντιστοιχεί στα τέσσερα συνιστώντα κλάσματα του κύκλου που την απαρτίζουν.

#### 4.4.2 Ανάλυση Πλεονασμού

Με σκοπό την απάντηση του κύριου επιστημονικού ερωτήματος της μεταπτυχιακής διατριβής, γίνεται περαιτέρω ανάλυση του συνδυασμού κλασμάτων  $a + b + d$ , το οποίο αφορά το ποσοστό της διακύμανσης των ειδών που μπορεί να εξηγηθεί από τις χωρικές μετρικές και την ποιότητα του ενδιαιτήματος, μετά την αφαίρεση της επίδρασης των γεωγραφικών δομών. Το ποσοστό της περιορισμένης διακύμανσης (constrained inertia) του συγκεκριμένου μοντέλου ανέρχεται στο 9,6%. Ο πρώτος άξονας με περιορισμένη ιδιοτιμή 3,31 εξηγεί το 25% της διακύμανσης που εξηγείται από τις επιλεγμένες ανεξάρτητες μεταβλητές, ο δεύτερος άξονας το 24% και ο τρίτος άξονας το 19%. Συνολικά οι τέσσερις πρώτοι άξονες εξηγούν το 89% της εξηγηθείσας διακύμανσης. Στατιστικά σημαντικοί είναι μόνο οι δύο πρώτοι άξονες με  $p = 0,02$  και  $p = 0,026$  αντίστοιχα. Τα συνοπτικά αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 4.3 μαζί με τις βαθμολογίες των ανεξάρτητων μεταβλητών σε κάθε άξονα. Ο έλεγχος σημαντικότητας του μοντέλου, μετά από 999 permutation tests, έδειξε ότι το συγκεκριμένο μοντέλο ήταν στατιστικά σημαντικό, με  $p = 0,044$ .

Ο πρώτος άξονας δείχνει μία διαβάθμιση των περιοχών με γεωργικές εκτάσεις και υψηλή αναλογία περιμέτρου προς επιφάνεια (PARA\_AM) προς περιοχές με υψηλή ετερογένεια αλλά συσπειρωμένες χωροψηφίδες. Ο δεύτερος άξονας εκφράζει τη διαβάθμιση από περιοχές με υψηλή ποιότητα ενδιαιτημάτων προς όλες τις άλλες μετρικές, έτσι ξεχωρίζει τα είδη που επηρεάζονται από την ποιότητα του ενδιαιτήματος. Από τον πίνακα 4.3 φαίνεται ότι οι μεταβλητές, οι οποίες εμφάνισαν τη μέγιστη τιμή τους στους πρώτους δύο άξονες, είναι η έκταση της γεωργικής γης (0,753) στον πρώτο άξονα και η ποιότητα των ενδιαιτημάτων (0,627) στον δεύτερο άξονα ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές έχουν μέγιστη τιμή στους επόμενους άξονες. Οι δύο αυτές μεταβλητές έχουν  $p < 0,05$  ενώ οι μετρικές, PARA\_AM και PRD, έχουν στατιστική σημαντικότητα  $p = 0,07$ . Ο βαθμός στατιστικής σημαντικότητας όλων των υπόλοιπων μετρικών (CONTAGION και Wetland) είναι πολύ μικρότερος  $p > 0,2$ .

Το διγράφημα του μοντέλου φαίνεται στο σχήμα 4.11. Στο συγκεκριμένο διγράφημα τα είδη εμφανίζονται σαν κόκκινοι σταυροί και οι ανεξάρτητες μεταβλητές παριστάνονται με διανύσματα. Τα ονόματα των ειδών παρουσιάζονται σε συντομογραφίες, για σκοπούς παρουσίασης, η ονομασία των οποίων δίνεται στον Πίνακα Β1 στο Παράρτημα. Από το συγκεκριμένο διγράφημα φαίνεται η συμμετοχή που έχει η ποιότητα του ενδιαιτήματος και το ποσοστό των γεωργικών εκτάσεων στην εξήγηση της διακύμανσης των ειδών, βάσει του μήκους των διανυσμάτων τους. Οι μετρικές που εκφράζουν τη διάρθρωση του τοπίου

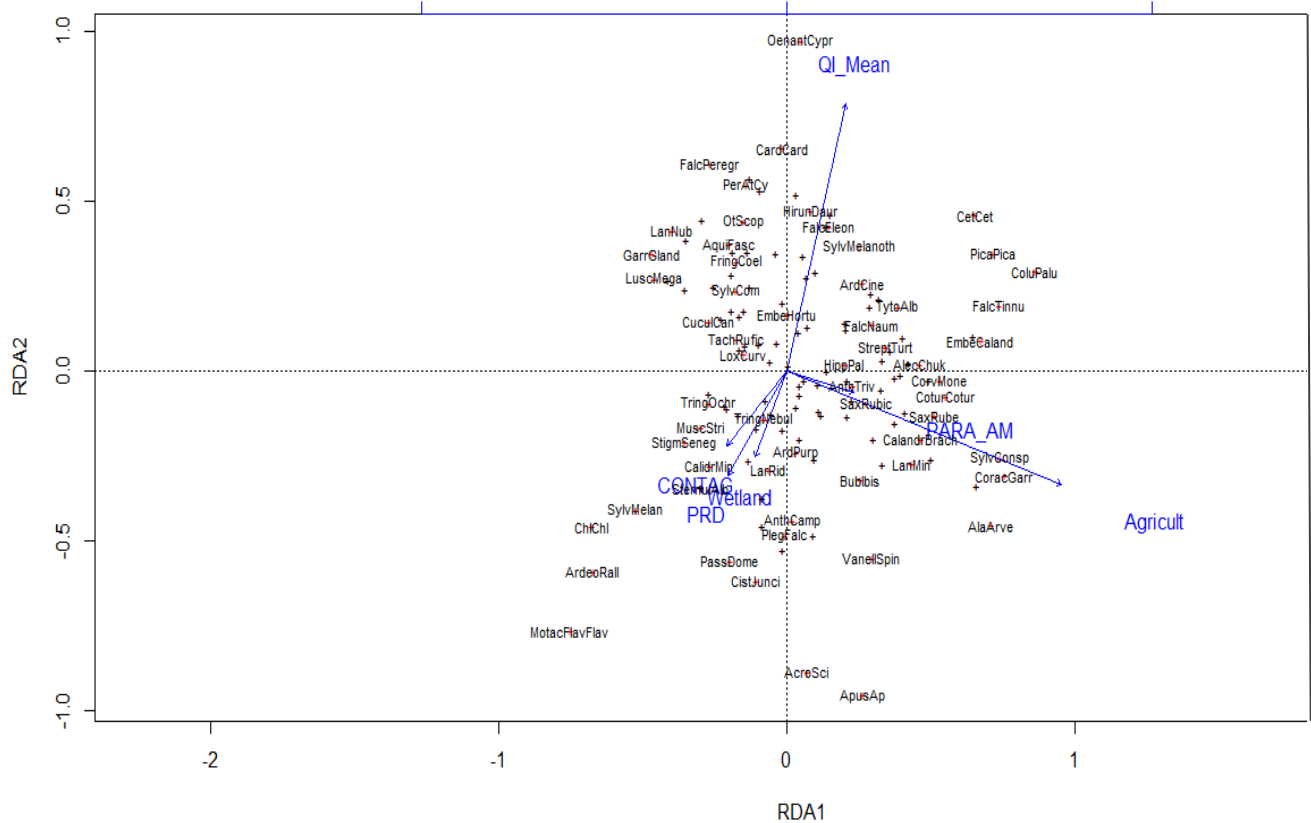
(CONTAGION, PARA\_AM) έχουν πολύ μικρότερη συμμετοχή. Κατά τον έλεγχο του συντελεστή διογκωμένης διακύμανσης (VIF) και εμμέσως της αστάθειας του μοντέλου, επιβεβαιώθηκε η μη ύπαρξη σημαντικών συσχετίσεων μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών (όλες οι μεταβλητές είχαν VIF < 8).

**Πίνακας 4.3:** Αποτελέσματα Ανάλυσης Πλεονασμού (RDA) για τα 66 τετράγωνα με 138 είδη πουλιών. Με έντονο μαύρο χρώμα φαίνεται η μέγιστη τιμή κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής και ο άξονας στον οποίο αντιστοιχεί.

		<b>RDA1</b>	<b>RDA2</b>	<b>RDA3</b>	<b>RDA4</b>	p-value Μετρικών
Περιορισμένες Ιδιοτιμές		3.31	3.19	2.54	2.13	
Ποσοστό κάθε άξονα %		25	24	19	16	
Αθροιστικό Ποσοστό %		25	49	68	84	
p-value Αξόνων		0,02	0,026	0,143	0,394	
Biplot Scores						
	PARA_AM	0,184	-0,052	<b>0,282</b>	0,077	0,07
	CONTAGION	-0,164	-0,175	-0,151	<b>-0,254</b>	0,81
	PRD	-0,161	<b>-0,245</b>	-0,169	0,226	0,07
	Agriculture	<b>0,753</b>	-0,267	-0,015	0,057	0,01
	Wetland	-0,088	-0,203	0,442	<b>0,656</b>	0,21
	QI	0,162	<b>0,627</b>	-0,175	0,258	0,04

Τα δύο ενδημικά είδη της Κύπρου, η Σκαλιφούρτα (*Oenanthe cypriaca*) και ο Τρυπομάζης (*Sylvia melanothorax*) καθώς και τα ενδημικά υποείδη Πέμπετσος (*Periparus ater cypriotes*) και Θουπί (*Otus scops cyprius*) φαίνεται ότι προτιμούν τοπία με ψηλό δείκτη ποιότητας ενδιαιτήματος και η Σταρήθρα (*Alauda arvensis - AlaArve*), χαρακτηριστικό πουλί των γεωργικών εκτάσεων, εμφανίζεται με τη μεγαλύτερη συσχέτιση στο αντίστοιχο διάγραμμα. Το απειλούμενο είδος Χαλκοκουρούνα (*Coracias garrulus*) εμφανίζεται επίσης με μεγάλη συσχέτιση στο διάγραμμα των γεωργικών εκτάσεων. Υπενθυμίζεται ότι το ποσοστό των γεωργικών εκτάσεων σε κάθε τοπίο υπολογίστηκε βάσει του πρώτου επιπέδου του χάρτη CORINE και έτσι σε αυτό περιλαμβάνονται ανοικτές περιοχές ίσως με μικρό ποσοστό φυσικής

κάλυψης. Η συσχέτιση των ειδών με τα διανύσματα προσδιορίζεται από την προβολή της θέσης του είδους στο διάγραμμα, επί του αντίστοιχου διανύσματος.

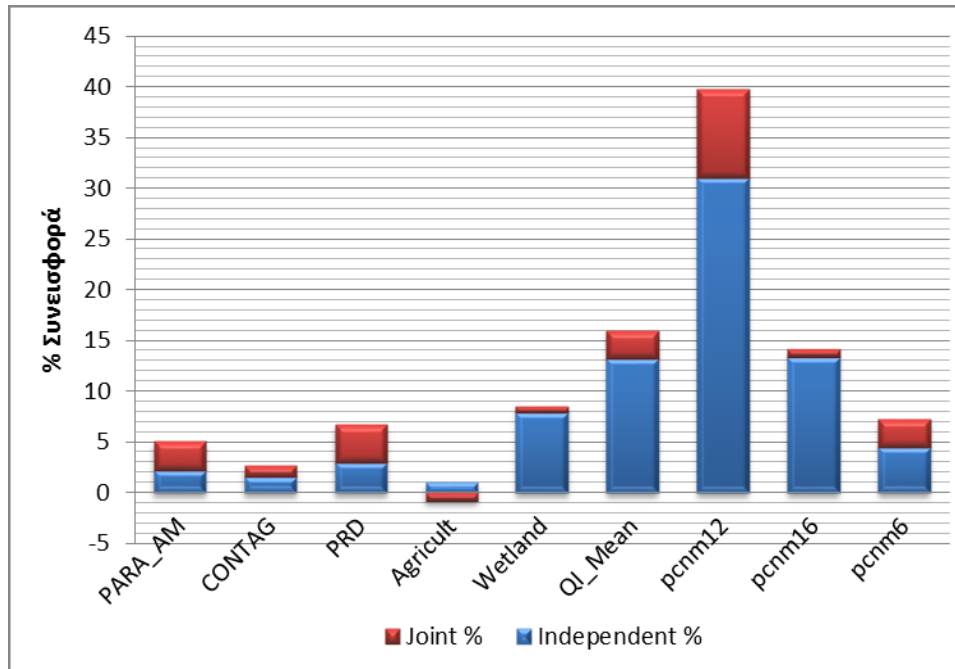


**Σχήμα 4.11:** Αποτέλεσμα διαστασειομείωσης RDA μεταξύ του πίνακα των ειδών σε μετατροπή Hellinger (μετά την αφαίρεση όσων ειδών εμφανίζονταν σε ένα μόνο τετράγωνο) και των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η επίδραση της χωρικής αυτοσυσχέτισης έχει αφαιρεθεί.

#### 4.4.3 Ιεραρχική Ταξινόμηση

Περαιτέρω διερεύνηση της επίδρασης της κάθε μίας ανεξάρτητης μεταβλητής ως προς την κοινή και ανεξάρτητη συνεισφορά της στην εξήγηση της διακύμανσης των ειδών, διενεργήθηκε με τη μέθοδο της ιεραρχικής ταξινόμησης, τα αποτελέσματα της οποίας δίνονται στο σχήμα 4.12 και στον πίνακα 4.4. Σε συμφωνία και με τα αποτελέσματα της ανάλυσης πλεονασμού, όπως αυτά φαίνονται στο διγράφημα 4.11, διαφαίνεται η σημαντική επίδραση της ποιότητας του ενδιαίτηματος στην κατανομή των ειδών έναντι κάθε μίας εκ των χωρικών μετρικών. Η κοινή συνεισφορά αναφέρεται στη διακύμανση που εξηγείται από άλλες μεταβλητές ή σε διαφορετικές χωρικές ή χρονικές κλίμακες. Η ανεξάρτητη συνεισφορά είναι το ποσοστό της πρόσθετης διακύμανσης, που εξηγείται μετά τη συμπερίληψη όλων των υπόλοιπων μεταβλητών του μοντέλου (Ritchie, et al., 2009). Από τη μέθοδο της ιεραρχικής ταξινόμησης

των μεταβλητών, φαίνεται ότι το άθροισμα της ανεξάρτητης συμμετοχής των δεικτών σύνθεσης (ποσοστό γεωργικών εκτάσεων και ποσοστό υγροβιοτόπων) είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των δεικτών διάρθρωσης (αναλογία περιμέτρου επιφάνειας και δείκτη συσπείρωσης) ενώ μικρό παραμένει και το ποσοστό της ανεξάρτητης συμμετοχής της ποικιλότητας του τοπίου. Οι τρεις γεωγραφικές μεταβλητές, που εξήχθησαν μέσω της διαδικασίας που περιγράφεται στη μεθοδολογία, είναι οι *pcnm12*, *pcnm16* και *pcnm6* και οι οποίες εξακολουθούν να κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό.



**Σχήμα 4.12:** Αποτέλεσμα ιεραρχικής ταξινόμησης για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή. Με κόκκινο χρώμα δίνεται η κοινή επίδραση της κάθε μεταβλητής και με μπλε χρώμα η ανεξάρτητη επίδραση της στην εξήγηση της κατανομής των ειδών. Οι τρεις γεωγραφικές μεταβλητές είναι οι *pcnm12*, *pcnm16* και *pcnm6*.

**Πίνακας 4.4:** Ποσοστό ανεξάρτητης (Independent) και κοινής (Joint) επίδρασης κάθε επεξηγηματικής μεταβλητής στη διακύμανση των ειδών πουλιών, μετά από ιεραρχική ταξινόμηση (Hierarchical Partitioning).

	PARA_AM	CONTAG	PRD	Agricult	Wetland	QI_Mean	pcnm12	pcnm16	pcnm6
Independent %	2,2	1,5	2,9	1,0	7,9	13,2	31,0	13,4	4,4
Joint %	2,9	1,1	3,7	-0,8	0,6	2,7	8,8	0,8	2,8

# Κεφάλαιο 5

## Συζήτηση - Συμπεράσματα

Μέσα από τον διαμερισμό της διακύμανσης των ειδών πτηνοπανίδας στα κλάσματα που απαρτίζουν τις τρεις ομάδες μεταβλητών (δομή τοπίου, ποιότητα ενδιαιτήματος και γεωγραφικές μεταβλητές) εκτιμήθηκε η συνδυασμένη και ανεξάρτητη επιρροή κάθε ομάδας μεταβλητών στην τρέχουσα κατανομή του πλούτου των ειδών. Από αυτή τη διαδικασία έγινε δυνατή η ποσοτικοποίηση του ποσοστού επικάλυψης των επεξηγηματικών μεταβλητών και βοήθησε στη διατύπωση υποθέσεων σχετικά με τις διαδικασίες που μπορεί να έχουν δημιουργήσει τα παρατηρούμενα πρότυπα. Οι γεωγραφικές μεταβλητές ενσωματώθηκαν στο μοντέλο με σκοπό να περιληφθούν οι χωρικές δομές που διέπουν την κατανομή των ειδών. Αυτές οι δομές, εσωκλείουν τις επιρροές στα χωρικά πρότυπα της εμφάνισης των πουλιών προερχόμενα από ιστορικές και βιοτικές διεργασίες σε μικρότερη κλίμακα ή από άλλες περιβαλλοντικές μεταβλητές οι οποίες δεν έχουν ληφθεί υπόψη (Lobo, et al., 2002). Το κλάσμα με το μεγαλύτερο ποσοστό διακύμανσης κατέχουν οι γεωγραφικές μεταβλητές ενώ σημαντικά είναι και τα κλάσματα της συνδυασμένης επίδρασης των γεωγραφικών μεταβλητών με τις άλλες δύο ομάδες μεταβλητών υποδηλώνοντας τα χωρικά πρότυπα που τις διέπουν. Η δομή του τοπίου είναι η ομάδα με την κυριότερη επίδραση στην κατανομή των ειδών, χωρίς βέβαια το συγκεκριμένο κλάσμα να είναι στατιστικά σημαντικό, ενώ αναλύοντας σε μεγαλύτερο βάθος την κάθε μεταβλητή που συγκροτεί τη συγκεκριμένη ομάδα, φαίνεται ότι οι μετρικές σύνθεσης έχουν σημαντικότερη επίδραση από τις μετρικές διάρθρωσης. Από την άλλη, η ποιότητα του ενδιαιτήματος φαίνεται να έχει σημαντική συνεισφορά, η οποία γίνεται εμφανής από τα αποτελέσματα της ιεραρχικής ταξινόμησης, σε συμφωνία και με το διγράφημα της ανάλυσης πλεονασμού αφού αφαιρέθηκε η επίδραση της χωρικής αυτοσυσχέτισης. Επιπλέον, μέσα από το διγράφημα, καταγράφεται η σημαντική επίδραση της συγκεκριμένης μεταβλητής στην κατανομή των ενδημικών ειδών πουλιών της Κύπρου. Από το αποτέλεσμα της ιεραρχικής ταξινόμησης η ποιότητα του ενδιαιτήματος κατέχει μεγαλύτερο ποσοστό ανεξάρτητης συμμετοχής έναντι της κάθε μία εκ των χωρικών μετρικών ξεχωριστά. Ενώ η ποιότητα του ενδιαιτήματος φαίνεται να κατέχει πολύ μικρό ποσοστό στην ανάλυση του διαχωρισμού της



διακύμανση της αδράνειας των πουλιών, αυτό μπορεί να αποδοθεί στη συνδυασμένη δράση του αριθμού των μεταβλητών που απαρτίζουν την ομάδα των χωρικών μετρικών. Με περαιτέρω επεξεργασία μέσα από τη μέθοδο της ιεραρχικής ταξινόμησης γίνεται εμφανής η σημαντική συνεισφορά της ποιότητας του ενδιαιτήματος, συμπεραίνοντας ότι με χρήση των δύο μεθόδους σε συνδυασμό, εξάγονται αποτελέσματα τα οποία δεν θα ήταν δυνατό να εξαχθούν με χρήση μόνο μίας εκ των δύο μεθόδων.

## 5.1 Δομή τοπίου

Η εύρεση των κατάλληλων δεικτών για την περιγραφή της περιοχής μελέτης σε συνάρτηση με το υπό μελέτη είδος ήταν μία διαδικασία ιδιαίτερα δύσκολη λόγω του μεγάλου αριθμού δεικτών που υπάρχουν διαθέσιμοι και του υψηλού βαθμού συσχέτισης μεταξύ τους. Αρκετοί δείκτες δεν είχαν εφαρμογή στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης δεδομένης της μεθοδολογίας διαχωρισμού των τετραγώνων, τα οποία συνιστούν τεχνητούς διαχωρισμούς για σκοπούς ευκολίας κατά την έρευνα και δεν αποτελούν πραγματικούς διαχωρισμούς για τα είδη. Έτσι δείκτες που περιγράφουν την εγγύτητα μεταξύ των κλάσεων καθώς και δείκτες της έκτασης του εσωτερικού ενδιαιτήματος είχαν μικρή εφαρμογή και δεν επιλέγηκαν λόγω της αδυναμίας τους να περιγράψουν την πραγματική διάσταση του τοπίου. Για παράδειγμα, η πλειοψηφία των χωροψηφίδων των διαφόρων χρήσεων γης, ειδικά αυτές που βρίσκονται στις άκρες των δειγματοληπτικών επιφανειών, η έκτασή τους είχε διαιρεθεί ανάμεσα σε δύο ή και τρία γειτονικά τετράγωνα. Έτσι το αποτέλεσμα της μετρικής του πραγματικού εσωτερικού ενδιαιτήματος θα ήταν αισθητά μικρότερο από το υπολογισθέν. Το ίδιο συμβαίνει και με τους δείκτες εγγύτητας όπου η απόσταση μεταξύ δύο ίδιων χρήσεων γης στο πραγματικό, μη διαιρεμένο τοπίο, μπορεί να είναι πολύ μικρή, ενώ στο διαιρεμένο τοπίο το οποίο εισήχθη στο λογισμικό FRAGSTATS, πιθανόν να ήταν πολύ μεγαλύτερη, αφού η κοντινότερη χρήση γης απλά βρίσκεται στο διπλανό τετράγωνο. Άλλωστε αυτό μπορεί να στηριχτεί και βάσει της θεωρίας που διατυπώνεται από την Fahrig (2013) όπου η ποικιλότητα των ειδών σε ίδιου μεγέθους δειγματοληπτικές επιφάνειες, αυξάνεται με την αύξηση της έκτασης του κατάλληλου ενδιαιτήματος. Με αυτή τη θεωρία μπορούν να αντικατασταθούν οι δείκτες του μεγέθους της κάθε χωροψηφίδας και του βαθμού απομόνωσης τους, με τον δείκτη της έκτασης του ενδιαιτήματος (π.χ. έκταση γεωργικών επιφανειών στη συγκεκριμένη μελέτη).

Όσον αφορά τις μετρικές του τοπίου που εκφράζουν τη χωρική διάταξη των χωροψηφίδων, παρά τη μεγάλη οικολογική σημασία που θεωρητικά διαδραματίζουν για τα πουλιά, φαίνεται

ότι η συμμετοχή τους είναι πολύ πιο μικρή από ότι των δεικτών σύνθεσης. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε πλήρη συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών, τόσο σε μικρότερες κλίμακες όπως των Barbaro, et al., (2007) όσο και σε μεγαλύτερες (Saab, 1999), όπου οι δείκτες σύνθεσης, η έκταση δηλαδή που καταλαμβάνουν οι διάφορες χρήσεις γης, έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο στην ποικιλότητα των πουλιών από ότι οι δείκτες διάρθρωσης (Barbaro, et al., 2007; Cunningham and Johnson, 2011). Οι Mammides, et al. (2014) κατέληξαν στο ίδιο αποτέλεσμα σχετικά με την επίδραση της έκτασης των ενδιαιτημάτων στα πουλιά της Κύπρου σε περιοχές Natura 2000. Οι Cunningham and Johnson, (2011), καταλήγουν σε αντίστοιχο αποτέλεσμα, όπου το ποσοστό δασικής κάλυψης της περιοχής μελέτης τους, εξηγούσε καλύτερα την εμφάνιση, ακόμα και των ειδών πουλιών τα οποία εξαρτώνται από τις παρυφές σε σχέση με τη μετρική της πυκνότητας των παρυφών. Η σημαντικότητα των μετρικών σύνθεσης του τοπίου φαίνεται ότι ισχύει και για άλλα είδη οργανισμών. Όπως τονίζουν τα αποτελέσματα των Ritchie, et al. (2009), μελετώντας τις παραμέτρους που επηρεάζουν την εμφάνιση του ιπτάμενου σκίουρου (*Glaucomys sabrinus*), η σύνθεση του τοπίου έχει πολύ σημαντικότερες επιδράσεις στο είδος από ότι οι δείκτες διάρθρωσης. Τα αποτελέσματα συνηγορούν στην επιβεβαίωση της άμεσης επίπτωσης που έχει η σύνθεση του τοπίου στα είδη έναντι των έμμεσων επιπτώσεων του κατακερματισμού.

Στην κλίμακα με την οποία ασχολήθηκε η συγκεκριμένη διατριβή, φάνηκε ότι η ετερογένεια του τοπίου δεν ήταν ιδιαίτερα σημαντική για τα πουλιά όσο ήταν η ύπαρξη ευνοϊκών ενδιαιτημάτων και η ποιότητά τους. Η απόκριση των ειδών στην ετερογένεια του τοπίου είναι συνάρτηση της κλίμακας, έτσι ίσως στη συγκεκριμένη κλίμακα και δεδομένου του πολύπλοκου μωσαϊκού των τοπίων, η ετερογένεια λειτουργεί έμμεσα ως προς την ύπαρξη συγκεκριμένων ενδιαιτημάτων, όπως τονίζεται και από άλλους μελετητές (Barbaro et al., 2007). Οι Yuan, et al. (2014), μελετώντας την απόκριση των υδρόβιων πουλιών στις συνθήκες του τοπίου τους, έχουν παρατηρήσει ότι η σύνθεση του τοπίου είχε μεγαλύτερη επιρροή στα είδη έναντι της ετερογένειας. Τα αγροτικά είδη πουλιών επηρεάζονται αρνητικά από την ετερογένεια των χρήσεων γης σε αγροτικά περιβάλλοντα (Guerrero, et al., 2012). Επιπλέον, τα πουλιά στο μεσογειακό τοπίο έχουν προσαρμοστεί σε ετερογενή περιβάλλοντα που έχουν διαμορφωθεί αιώνες πριν, λόγω των βιογεωγραφικών διεργασιών κατά τις γεωλογικές περιόδους, της επίδρασης του ανθρώπου και του έντονου ανάγλυφου της περιοχής. Έτσι δεν επηρεάζονται τόσο έντονα από τις αλλαγές στη χωρική διάρθρωση του τοπίου (εκφρασμένη σαν κατακερματισμός) όσο τα είδη της βόρειας Ευρώπης (Brotons and Reunanen, 2005).

Η ύπαρξη συγκεκριμένων χρήσεων γης και ενδιαιτημάτων στο τοπίο φαίνεται ότι διαδραματίζει καθοριστικό παράγοντα στην ποικιλότητα των πτηνών. Στην περίπτωση των ειδών που διαβιούν σε αγροτικά περιβάλλοντα η ύπαρξη σπάνιων και μικρών σε έκταση ενδιαιτημάτων έχουν ιδιαίτερη σημασία (Villard and Metzger, 2014). Αυτό είναι εμφανές και στην περίπτωση της Κύπρου, όπου ο αριθμός των ειδών είναι ιδιαίτερα αυξημένος στα τετράγωνα τα οποία εκτός από αγροτικές εκτάσεις περιλαμβάνουν και μικρούς υγροβιότοπους.

Δεδομένου ότι τα πουλιά είναι είδη με μεγάλη κινητικότητα και είναι εύκολο να μετακινηθούν ανάμεσα στις χωροψηφίδες ενός τοπίου προς εξεύρεση κατάλληλου ενδιαιτήματος (Thornton, et al., 2011), ίσως αυτό να εξηγεί τη μικρή επίδραση που είχε ο δείκτης συσπείρωσης. Βέβαια σημειώνεται ότι αυτό ίσως να μην ισχύει για όλα τα είδη πτηνοπανίδας (Thornton, et al., 2011).

Διαφοροποίηση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων φαίνεται στο ποσοστό που κατέχουν οι γεωργικές εκτάσεις και οι υγροβιότοποι. Ενώ στην ιεραρχική ταξινόμηση οι υγροβιότοποι κατέχουν σχετικά υψηλό ποσοστό ανεξάρτητης συμμετοχής στην εξήγηση της διακύμανσης των ειδών, το ίδιο δεν συμβαίνει στην ανάλυση πλεονασμού, όπου αντίθετα εμφανίζονται οι γεωργικές εκτάσεις με υψηλό ποσοστό. Η διαφορά αυτή έγκειται στον διαφορετικό τρόπο εισδοχής των πρωτογενών δεδομένων στην κάθε τεχνική. Στην ανάλυση πλεονασμού χρησιμοποιείται ο πίνακας/μήτρα των ειδών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια, ο οποίος δίνει περισσότερες πληροφορίες έναντι του αριθμού των ειδών κάθε τετραγώνου, που χρησιμοποιείται στην ιεραρχική ταξινόμηση. Επιπλέον, στην ανάλυση πλεονασμού χρησιμοποιήθηκε μετατροπή Hellinger, η οποία επηρεάζει τη βαρύτητα των πολύ κοινών και πολύ σπάνιων ειδών. Παρόλα αυτά η συμμετοχή των μετρικών σύνθεσης του τοπίου είναι και στις δύο περιπτώσεις αυξημένη.

## **5.2 Διαμερισμός της Διακύμανσης και Ανάλυση Πλεονασμού**

Ένα μεγάλο ποσοστό της διακύμανσης των ειδών παρέμεινε ανεξήγητο από τις επιλεγμένες ανεξάρτητες μεταβλητές της μελέτης. Καθώς αυτό το ποσοστό δεν εξηγείται ούτε από τις γεωγραφικές παραμέτρους, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ίσως να οφείλεται σε τοπικές επιδράσεις βιοτικών ή αβιοτικών μετρικών που δεν έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο και όχι σε χωρικά οργανωμένα πρότυπα που εμφανίζονται σε όλη την περιοχή μελέτης (Borcard, et al., 1992). Για παράδειγμα οι Cushman and McGarigal, (2004a), μελετώντας τις αντιδράσεις των

πουλιών σε τρία ιεραρχικά επίπεδα (χωροψηφίδας, κλάσης, τοπίου) έχουν αποδείξει τη μεγάλη επιρροή της χλωριδικής σύνθεσης σε τοπικό επίπεδο, στην ποικιλότητα των ειδών, σε κλίμακα 0,785 ha, τονίζοντας παράλληλα ότι οι κοινότητες των πουλιών δομούνται από περιβαλλοντικούς παράγοντες που δρουν ταυτόχρονα και στα τρία επίπεδα οργάνωσης. Η κλίμακα της παρούσας διατριβής ασχολείται κυρίως με το επίπεδο της κλάσης και του τοπίου, έτσι ο τρόπος αντίδρασης των πουλιών σε τοπικό επίπεδο, ίσως να αντικατοπτρίζεται στο ποσοστό της διακύμανσης που δεν εξηγήθηκε. Όπως συνεχίζουν στη συζήτηση οι ερευνητές, η απόκριση των ειδών στα διάφορα επίπεδα μπορεί να αντικατοπτρίζει είτε την ιεραρχική επιλογή ενδιαίτηματος από την κοινότητα των ειδών είτε τις διαφορές στον τρόπο θεώρησης των τοπίων από τα διάφορα είδη, προερχόμενη από την εξελικτική τους ιστορία και με σκοπό να ελαχιστοποιήσουν τον ανταγωνισμό μεταξύ τους, προσφέροντας ακόμη μία πιθανή αιτιολόγηση του ποσοστού της διακύμανσης που παρέμεινε ανεξήγητο. Αυτή η αιτιολόγηση έγκειται στα διαφορετικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των διαφόρων ειδών πουλιών, καλύπτοντας έτσι τις διαφορετικές προτιμήσεις στα χαρακτηριστικά του τοπίου (Schindler, et al., 2013). Καθώς η επιλογή ενδιαίτηματος είναι μία σύνθετη διαδικασία που περιλαμβάνει πολλούς άλλους παράγοντες πέραν από τα χαρακτηριστικά του τοπίου (Cunningham and Johnson, 2011), είναι απόλυτα λογικό να έχει παραμείνει μεγάλο ποσοστό διακύμανσης που δεν μπορεί να αποδοθεί στις επιλεγμένες μεταβλητές. Παρόλα αυτά έχει γίνει εμφανής η σχέση μεταξύ ποικιλότητας των ειδών πτηνοπανίδας με τις επιλεγμένες μεταβλητές της δομής του τοπίου και της ποιότητας του ενδιαίτηματος μέσα από τις στατιστικές μεθόδους.

Το μεγάλο ποσοστό της διακύμανσης που εξηγείται από τις γεωγραφικές παραμέτρους (κλάσμα c) θα μπορούσε να αποδοθεί στη χωρική δομή που διέπει την κατανομή των ειδών ή πιθανόν να οφείλεται σε τοπικές βιοτικές διεργασίες ανάμεσα στα υπό μελέτη είδη ή σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πουλιών και άλλων οργανισμών, όπως διεργασίες θήρευσης, ανταγωνισμού ή ενοχλήσεων (Legendre, 1993), δηλαδή μη περιβαλλοντικών παραμέτρων που υποκινούν την κατανομή των ειδών. Γενικά, τα χωρικά πρότυπα που εμφανίζονται στην κατανομή των ειδών, οφείλονται κυρίως σε τοπικές διεργασίες. Όπως επισημαίνουν οι Borcard, et al., (1992) όταν κατά τη διαδικασία του διαχωρισμού της διακύμανσης εντοπιστεί μεγάλο ποσοστό στο κλάσμα των γεωγραφικών παραμέτρων, η ερμηνεία του πρέπει να γίνεται με επιφύλαξη.

Στα μοντέλα κατά τα οποία τα κλάσματα a και b εξηγούν ένα πολύ μικρό ποσοστό, όπως η περίπτωση του μοντέλου που μελετήθηκε στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή, είναι απαραίτητη η αφαίρεση των κοινών κλασμάτων e, f και g, ώστε να διαπιστωθεί η πραγματική

επίδραση των μεταβλητών. Σε αντίθετη περίπτωση πιθανόν να διαφανεί λανθασμένη σχέση μεταξύ των ειδών και των ανεξάρτητων μεταβλητών, η οποία στην πραγματικότητα αντικατοπτρίζει το χωρικό πρότυπο που ευρίσκεται τόσο στην κατανομή των ειδών όσο και στην κατανομή των ανεξάρτητων μεταβλητών (Legendre, 1993). Αυτό επετεύχθη στην παρούσα διατριβή, μέσα από τη συμπερίληψη της ομάδας των γεωγραφικών μεταβλητών στο μοντέλο. Διαμερίζοντας τη διακύμανση των ειδών στις τρεις ομάδες μεταβλητών, φάνηκε η πραγματική επίδραση της δομής του τοπίου και της ποιότητας του ενδιαιτήματος και παράλληλα ποσοτικοποιήθηκε το ποσοστό των κύριων ομάδων μεταβλητών (δομής του τοπίου και ποιότητας του ενδιαιτήματος) που διέπεται από χωρικά πρότυπα μέσα από τα κοινά κλάσματα [e] και [g].

Το μοντέλο της ανάλυσης πλεονασμού με τις μετρικές τοπίου και την ποιότητα του ενδιαιτήματος αφαιρώντας την επίδραση των γεωγραφικών μεταβλητών, εξηγούσε ένα πολύ μικρό ποσοστό της διακύμανσης των ειδών (9,6%). Η εμφάνιση χαμηλών ποσοστών της αδράνειας που εξηγούν οι μεταβλητές (< 10%) είναι σύνηθες σε οικολογικά δεδομένα (ter Braak and Verdonschot, 1995). Οι Mehr et al. (2011) μελετώντας την επίδραση των περιβαλλοντικών και χωρικών παραμέτρων στην αφθονία των ειδών νυχτερίδων, κατάφεραν να εξηγήσουν ένα μικρό ποσοστό της διακύμανσης της τάξης των 15%. Επίσης οι Schindler et al. (2013) αναφέρουν τη χαμηλή απόδοση των χωρικών μετρικών ως προς την εξήγηση της ποικιλότητας των μικρών πουλιών στο δάσος της Δαδιάς στην Ελλάδα. Ακόμα όμως και διαγράμματα διαστασιομείωσης τα οποία εξηγούν μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της διακύμανσης μπορούν να δώσουν σημαντικές πληροφορίες για τη σχέση συγκεκριμένων ειδών με τις περιβαλλοντικές μεταβλητές (ter Braak, 1986) και αυτό επιβεβαιώθηκε και στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπου φάνηκε η προτίμηση των ενδημικών ειδών της Κύπρου σε τοπία με υψηλή ποιότητα.

### **5.3 Περιορισμοί μεθόδου και Εισηγήσεις**

Η εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε βάσει του αριθμού των ειδών που έχουν καταμετρηθεί σε κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια. Αρκετή συζήτηση υπάρχει για τον συγκεκριμένο τρόπο μέτρησης της βιοποικιλότητας και τη χρήση του για σκοπούς σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών περιοχών. Η χρήση της συγκεκριμένης μετρικής μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα καθώς αυτή δεν λαμβάνει υπόψη τις διαφορές στα είδη που συγκροτούν τις κοινότητες σε δύο περιοχές ή την αφθονία των ατόμων κάθε είδους (Gotelli and

Colwell, 2001), παράμετροι οι οποίες εμπεριέχουν σημαντικές πληροφορίες. Η χρήση του αριθμού των ειδών σαν μεταβλητή απόκρισης για σκοπούς σύγκρισης, μπορεί να θεωρηθεί έγκυρη μόνο όταν η καμπύλη συσσώρευσης των ειδών τείνει ασυμπτωτικά σε ευθεία παράλληλη με τον άξονα των X (Gotelli and Colwell, 2001). Η μελέτη της καμπύλης συσσώρευσης των ειδών στη συγκεκριμένη περιοχή, με τα δεδομένα τεσσάρων συναπτών ετών, δείχνει την ικανοποιητική δειγματοληψία, καθιστώντας τα δεδομένα κατάλληλα για χρήση του αριθμού των ειδών, χωρίς επιπλέον διόρθωση. Επίσης, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε μεγάλης έκτασης περιοχές μελέτης, η καμπύλη πιθανόν να μην προσεγγίσει ποτέ ασύμπτωτο ευθεία, καθώς αυτές περιλαμβάνουν ποικίλους τύπους οικοτόπων, που υποστηρίζουν διαφορετικές ομάδες ειδών, με αποτέλεσμα να συσσωρεύουν είδη με σταθερό ή και αυξανόμενο ρυθμό (Gotelli and Colwell, 2011). Η καμπύλη συσσώρευσης των ειδών της συγκεκριμένης περιοχής δείχνει να πλησιάζει ασύμπτωτο ευθεία, παρόλο που είδη συνεχίζουν να προστίθενται, λόγω ακριβώς της μεγάλης έκτασης και ποικιλότητας ενδιαιτημάτων της περιοχής μελέτης. Επιπλέον η αλλαγή στη μεθοδολογία του προγράμματος Άτλας όσον αφορά το χρόνο παρατήρησης και το πρωτόκολλο δειγματοληψίας, μεταξύ των διαφορετικών ετών, ίσως να έχει αποτελέσει πηγή σφάλματος και κατ' επέκταση προβλήματα τυποποίησης των αποτελεσμάτων του προγράμματος (Robertson, et al., 2010). Κάτι τέτοιο όμως, θα έχει επηρεάσει όλα τα τετράγωνα με τον ίδιο τρόπο και μπορεί να θεωρηθεί ότι το συγκεκριμένο σφάλμα απαλείφεται. Από την άλλη βέβαια, η αλλαγή στη μεθοδολογία, κατά το τέταρτο έτος συλλογής των δεδομένων, με σκοπό την επιβεβαίωση ενδείξεων φωλιάσματος από τα σπάνια είδη που είχαν καταγραφεί τις προηγούμενες χρονιές, πιθανόν να έχει συμβάλει στην πληρότητα των καταγραφών, οδηγώντας την καμπύλη συσσώρευσης των ειδών σε ευθεία παράλληλη με τον άξονα των X.

Ακόμα ένα θέμα συζήτησης αποτελεί ο τρόπος κωδικοποίησης της εξαρτημένης μεταβλητής, όπου στην περίπτωση της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής μελέτης ήταν στη μορφή παρουσίας - απουσίας των ειδών. Σύμφωνα με τους Cushman and McGarigal, (2004a) δεδομένα αφθονίας μπορούν να αποδώσουν καλύτερα την πραγματική διάσταση της ποικιλότητας των ειδών ενώ εξηγούν πολύ μικρότερο ποσοστό της διακύμανσης έναντι των δεδομένων αφθονίας των ατόμων (Cushman and McGarigal, 2004b). Οι Dormann, et al., (2007) αποδίδουν την ασυνέπεια των διαφόρων μεθόδων που εξέτασαν στα δεδομένα παρουσίας - απουσίας ειδών για εξαγωγή συμπερασμάτων, στη μικρή πληροφορία που περιέχουν τα συγκεκριμένα δεδομένα, κάτι που δεν ήταν τόσο έντονο στα δεδομένα αφθονίας.

Είδη τα οποία χρειάζονται μεγαλύτερες εκτάσεις ενδιαιτήματος και με πιο έντονη κινητικότητα αναμένεται να επηρεάζονται από μεγαλύτερες χαρτογραφικές εκτάσεις (extent) από ότι είδη με μικρότερη κινητικότητα (Schindler, et al., 2013). Η συμπερίληψη όλων των ειδών, σε μία σχετικά μεγάλης έκτασης περιοχή μελέτης, πιθανόν να εξουδετερώνει τις ανάγκες κάποιων ειδών από κάποια άλλα. Όπως υποστηρίζουν οι Tschardtke, et al. (2012) η μελέτη της βιοποικιλότητας μόνο μέσα από δείκτες όπως η ποικιλότητα των ειδών αντί της σύνθεσης των ειδών σε μία περιοχή, η οποία συνήθως αλλάζει άρδην μεταξύ διαφορετικών τοπίων και συχνά εις βάρος των σπάνιων, απειλούμενων και ενδημικών ειδών, ίσως να οδηγεί σε λανθασμένες διαχειριστικές αποφάσεις οι οποίες τελικά να αποβούν μοιραίες για την τύχη τους. Η μέτρηση του αριθμού των ειδών ανά δειγματοληπτική επιφάνεια, δίνοντας την ίδια βαρύτητα σε όλα τα είδη πουλιών, δεν είναι σε θέση να διαχωρίσει φαινόμενα ομογενοποίησης των ειδών προερχόμενα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η εξάπλωση και επικράτηση των συνανθρωπικών ειδών (Donnelly and Marzluff, 2006). Αυτό εντείνει την ανάγκη μελέτης της β – ποικιλότητας διαχωρίζοντας το φαινόμενο της χωρικής αντικατάστασης (turnover) και του εμφωλιάσματος (nestedness) των ειδών ανάμεσα στις διάφορες περιοχές (Baselga, 2010).

Επιπλέον, συστήνεται για περαιτέρω έρευνα η μελέτη των ειδών βάσει της απόκρισής τους με τις περιβαλλοντικές μετρικές ώστε να βρεθούν τα είδη που παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά και η κάθε ομάδα να αναλυθεί ξεχωριστά. Οι Brandolin and Blendinger (2016) έχουν παρατηρήσει ότι είδη με παρόμοιες οικολογικές απαιτήσεις τείνουν να ανταποκρίνονται με παρόμοιο τρόπο στην περιβαλλοντική ετερογένεια και οι Neumann et al. (2016) απέδειξαν ότι τα είδη δασικών πουλιών αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο στα διάφορα γνωρίσματα του τοπίου. Τα είδη της κάθε ομάδας δεν είναι απαραίτητο να σχετίζονται και βιολογικά μεταξύ τους (Legendre, 2005) καθώς ακόμα και μέλη της ίδιας οικογένειας πουλιών ανταποκρίνονται με διαφορετικό τρόπο στη δομή του τοπίου (Neumann, et al., 2016). Όπως προτείνουν οι Cushman and McGarigal (2004a) οι κατηγορίες θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν είδη με παρόμοιες διατροφικές συνήθειες ή πουλιά με παρόμοιο μέγεθος ή μεταναστευτικό καθεστώς.

Μία αδυναμία της μεθοδολογίας αποτελεί η παραδοχή της συνταύτισης του ενδιαιτήματος με τη χρήση γης (Schlossberg and King, 2009). Οι χάρτες των χρήσεων γης, όπως ο διαχωρισμός γίνεται αντιληπτός από τους ανθρώπους, ίσως να μην αντιπροσωπεύουν τον ίδιο διαχωρισμό από την οπτική γωνία των ειδών (Fahrig, et al., 2011). Εκτός από τη χρήση γης, και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν τα είδη στην επιλογή του ενδιαιτήματός τους όπως η τοπογραφία της περιοχής και οι γειτονικές χρήσεις γης. Κατά την αξιολόγηση των χρήσεων γης από τους

ειδικούς δεν ήταν δυνατό να ληφθούν υπόψη αυτές οι παράμετροι. Παράδειγμα αποτελεί η κατηγορία χρήσης/κάλυψης γης 3.2.3 σκληρόφυλλη βλάστηση η οποία ευρίσκεται τόσο σε ορεινές συστάδες όσο και σε παραθαλάσσιες περιοχές. Η χρήση διαφορετικών κατηγοριοποιήσεων για χαρτογράφηση του τοπίου και των ενδιαιτημάτων, σε πιο αναλυτική κλίμακα και με μεγαλύτερη προσέγγιση στην οικολογική έννοια, ίσως να δώσει πιο ξεκάθαρα αποτελέσματα (Tsianou, et al., 2016). Για παράδειγμα οι Kim and Pauleit (2007) έχουν χρησιμοποιήσει σαν βάση για υπολογισμό των χωρικών μετρικών, τους χάρτες αξιολόγησης χαρακτήρα τοπίου.

Επίσης ο τρόπος υπολογισμού της ποιότητα των ενδιαιτημάτων κάνει την παραδοχή ότι όλες οι χωροψηφίδες ιδίου τύπου σε όλη την περιοχή μελέτης είναι εξίσου διαθέσιμες και προσβάσιμες ώστε να καταληφθούν από τα είδη. Τα διάφορα είδη πουλιών, όμως, πιθανόν να μην εποικίσουν όλες τις χωροψηφίδες ενός τύπου χρήσης/κάλυψης γης, έστω και αν αυτός είναι ο επιθυμητός τύπος, που καλύπτει τις βιολογικές τους ανάγκες. Τα είδη επηρεάζονται από μία μεγάλη γκάμα παραμέτρων όπως οι κλιματικές συνθήκες, η θήρευση, η παρεμπόδιση στη μετακίνησή τους για εποικισμό άλλων ενδιαιτημάτων, καταλήγοντας να έχουν μικρότερες πυκνότητες από τη φέρουσα ικανότητα ακόμα και σε ευνοϊκά ενδιαιτήματα (Schlossberg and King, 2009). Διάφοροι παράγοντες μπορεί να οδηγήσουν σε επιλογή μόνο συγκεκριμένων χωροψηφίδων μεταξύ των πολλών εναλλακτικών που εμπεριέχονται στο τοπίο, όπως η πυκνότητα του πληθυσμού του είδους και διάφορα δημογραφικά στοιχεία (Jones, 2001), πέραν των πιθανών διαταράξεων και των χωρικών εμποδίων που μπορεί να υπάρχουν. Αν όμως σε ένα τετράγωνο δεν έχουν καταληφθεί όλες οι χωροψηφίδες ιδίου τύπου από τα είδη πουλιών, βάσει της αξιολόγησης των ειδικών, τότε η επίδραση στο αποτέλεσμα του δείκτη ποιότητας του συγκεκριμένου ενδιαιτήματος θα επηρεαστεί ανάλογα με την έκταση που δεν έχει καταληφθεί. Βέβαια είναι πρόπον να αναφερθεί ότι δεδομένου ότι οι βαθμολογίες δίνονται συγκριτικά μεταξύ των διαφόρων χρήσεων γης και μάλιστα σε κλίμακα με μικρές αποστάσεις (ήτοι από το 0 έως το 5), το συγκεκριμένο πρόβλημα, μπορεί να υποτεθεί, ότι μετριάζεται μερικώς, καθώς κάθε βαθμολογία περιέχει ένα μεγάλο εύρος αριθμού ειδών πτηνών. Έτσι, έστω και αν κάποια από τα είδη δεν εποικίσουν όλες τις χωροψηφίδες, αν ο αριθμός των ειδών παραμένει εντός του εύρους, τότε το αποτέλεσμα δεν αναμένεται να μεταβληθεί. Ένα θετικό της συγκεκριμένης μεθοδολογίας για εξαγωγή της ποιότητας των ενδιαιτημάτων είναι ότι λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά των γειτονικών χρήσεων σε ένα τοπίο, κάτι που έχει αποδειχθεί ότι παίζει σημαντικό ρόλο στις προσπάθειες διαχείρισης σε ετερογενή τοπία (Thornton, et al., 2011) καθώς αυτά καθορίζουν τον βαθμό στον οποίο ένα ενδιαίτημα είναι προσιτό από τα είδη



(Andr en, 1994) ενώ παράλληλα προσδιορίζει την ικανότητα του τοπίου να λειτουργεί συμπληρωματικά ως προς τις ανάγκες των ειδών ή να προσφέρει υποκατάστατα ενδiciait ματα για τα είδη (Dunning, et al., 1992). Επιπλέον, η μεγάλη σημασία της μήτρας αντικατοπτρίζεται μέσα από τον δείκτη ποιότητας όπως αυτός έχει υπολογιστεί στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή καθώς ψηλές τιμές του δείκτη ποιότητας εκφράζουν την ύπαρξη ευνοϊκών ενδiciait μάτων στο τοπίο και μάλιστα σε μεγάλη έκταση.

Αρκετοί μελετητές έχουν περιλάβει περιβαλλοντικούς παράγοντες (όπως η θερμοκρασία και η τοπογραφία), για να εξηγήσουν την ποικιλότητα των ειδών, καταλήγοντας σε αντιφατικά αποτελέσματα. Σε προκαταρκτική ανάλυση των δεδομένων τους οι Eigenbrod, et al., (2011) κατέληξαν ότι οι μεγάλης κλίμακας περιβαλλοντικές διαβαθμίσεις έχουν πολύ μικρή επίδραση στη σχέση μεταξύ της αφθονία αμφιβίων και της ποσότητας του δάσους ενώ στο ίδιο αποτέλεσμα κατέληξε και η B hning-Gaese (1997), ότι η επίδραση τους δεν είναι καθοριστικής σημασίας στα μικρής χωρικής ανάλυσης δεδομένα της. Από την άλλη τα αποτελέσματα των Titeux, et al. (2004) υποδηλώνουν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης των ειδών, αποδίδεται στους τοπικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, επίσης σε μικρής χωρικής ανάλυσης δεδομένα. Στο ημερημικό κλίμα του Ιράν, οι Kaboli, et al. (2006) εντόπισαν ότι η τοπογραφία της περιοχής ήταν ο κύριος παράγοντας που δι πει την κατανομή των πουλιών. Αυτές οι αντιθέσεις πιθανόν να οφείλονται στην ανεπαρκή χωρική ανάλυση των δεδομένων ώστε να συλλάβουν και να εξηγήσουν τα πρότυπα κατανομής των ειδών (Thuiller, et al., 2004).

Το μεγάλο ποσοστό των υπολειμμάτων (residuals) που εμφανίζονται τόσο στα γραμμικά όσο και στα κανονιστικά μοντέλα, εκφράζει ακριβώς την ανάγκη για προσθήκη επιπλέον επεξηγηματικών μεταβλητών. Σε μεγάλες κλίμακες, όπως είναι η έκταση της περιοχής μελέτης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, οι περιβαλλοντικές συνθήκες διαδραματίζουν πιο καθοριστικό ρόλο από ότι οι χρήσεις γης (Mehr, et al., 2011) παρόλο που οι Xu, et al. (2014), οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση των μετρικών τοπίου και των κλιματολογικών παραμέτρων σε μακροοικολογική κλίμακα με τετράγωνα πλευράς 50 Km, 100 Km και 200 Km, εντόπισαν ότι για τα πουλιά οι μετρικές τοπίου είχαν σχεδόν το ίδιο ποσοστό συμμετοχής στο μοντέλο με αυτό των κλιματολογικών παραμέτρων. Η συμπερίληψη των διαφορετικών κλιματολογικών, γεωλογικών και τοπογραφικών συνθηκών που χαρακτηρίζουν τις διάφορες περιοχές του νησιού, σαν επεξηγηματικές μεταβλητές στο μοντέλο, συστήνεται για περεταίρω έρευνα στο μέλλον.

Η κλίμακα στην οποία γίνεται η ανάλυση των δεδομένων ποικιλότητας των ειδών έχει τεράστια σημασία καθώς αυτά αντιδρούν διαφορετικά στις διάφορες εναλλαγές της σύνθεσης και διάρθρωσης του τοπίου ανάλογα με την κλίμακα η οποία έχει χρησιμοποιηθεί στη μελέτη (Cunningham and Johnson, 2016). Για παράδειγμα, τα αποτελέσματα των Galitsky and Lawler (2015) δείχνουν ότι οι τοπικοί παράγοντες εξηγούν τέσσερις φορές περισσότερη διακύμανση της ποικιλότητας των ειδών από ότι οι παράγοντες σε κλίμακα τοπίου, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τους μυγοχάφτες (flycatchers) όπου οι παράγοντες σε κλίμακα τοπίου είναι 10 φορές πιο σημαντικοί από τους τοπικούς παράγοντες. Επιπλέον η κλίμακα παρατήρησης παίζει καθοριστικό ρόλο στην ικανότητα των μοντέλων να προβλέπουν την ποικιλότητα των ειδών, με βέλτιστα τα μοντέλα που μελετούν τα είδη σε τοπία πολύ μικρότερα των 10 Km x 10 Km (Morelli, et al., 2013). Η κλίμακα συλλογής των δεδομένων από το πρόγραμμα Άτλας (τετράγωνα πλευράς 10 Km), η οποία μπορεί να θεωρηθεί αδρή, καθιστά δύσκολη τη σύνδεση της ποικιλότητας των ειδών με τις υπό διερεύνηση μεταβλητές του βιότοπου και πρόσθετα ενέχει το μειονέκτημα ότι η διακύμανση εντός του κάθε τετραγώνου πιθανόν να καλύψει τη διακύμανση μεταξύ των διαφόρων τετραγώνων (Robertson, et al., 2010).

Η κλίμακα με την οποία ασχολήθηκε η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, επιλέγηκε βάσει των διαθέσιμων δεδομένων, δυσκολία η οποία συχνά αντιμετωπίζεται στις έρευνες, καθώς αναγκάζονται να βασίζονται σε δεδομένα τα οποία συλλέγονται για άλλους σκοπούς και σε διαφορετική κλίμακα (Turner, 1989). Σε επισκόπηση που έκαναν οι Stein and Kreft (2015) εντόπισαν ότι οι διαφορές στις μικρότερες χαρτογραφικές μονάδες ανάμεσα στις διάφορες μελέτες, μπορούν να αποδοθούν στα διαθέσιμα πρωτογενή δεδομένα. Παρόλο που η κλίμακα τοπίου είναι αυτή στην οποία λαμβάνουν χώρα οι αποφάσεις διαχείρισης, η κλίμακα της παρούσας διατριβής θεωρείται πιο αδρή από αυτήν που χρησιμοποιείται για σκοπούς προστασίας, π.χ. για εγκαθίδρυση δικτύων προστατευόμενων περιοχών. Παρόλα αυτά, όμως, οι αλλαγές σε επίπεδο τοπίου έχουν σημαντική επίπτωση στις διεργασίες που συμβαίνουν σε τοπικό επίπεδο. Για παράδειγμα, η μείωση του κατάλληλου ενδιαίτηματος σε επίπεδο τοπίου έχει επιπτώσεις στην αποτελεσματική διαχείριση των ειδών σε τοπική κλίμακα, καθώς είδη που χρησιμοποιούν συγκεκριμένο ενδιαίτημα, το οποίο δεν είναι άμεσα διαθέσιμο στο ευρύτερο τοπίο, είναι λιγότερο πιθανό να εποίκισουν μία προστατευόμενη περιοχή εντός του συγκεκριμένου τοπίου (Cunningham and Johnson, 2016).

Σε ανάλογους περιορισμούς υπόκειται και η κλίμακα που έχει χρησιμοποιηθεί προς εξαγωγή των μετρικών του τοπίου, μέσα από τους χάρτες χρήσεων γης CORINE σε κλίμακα 1:250000.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι τα αποτελέσματα είναι συνάρτηση της ποιότητας και ακρίβειας των αρχικών δεδομένων που έχουν χρησιμοποιηθεί στην έρευνα. Για παράδειγμα οι Schindler, et al. (2013) απέδειξαν ότι τα μικρά πτηνά μπορούσαν να εξηγηθούν καλύτερα από δείκτες που υπολογίστηκαν σε τοπία έκτασης μεταξύ 0,2 – 0,5 Km<sup>2</sup>. Οι Betts, et al. (2006) οι οποίοι εξέτασαν την πιθανότητα κατανομής των δασικών ειδών πουλιών σε τοπική κλίμακα και κλίμακα τοπίου, απέδειξαν ότι το είδος και η δομή των συστάδων είναι πιο σημαντικές παράμετροι για την επιλογή ενδιαιτήματος από τα είδη από ότι η δομή του τοπίου. Οι Fischer and Lindenmayer (2002) επίσης τονίζουν, μέσω των αποτελεσμάτων τους, την ιδιαίτερη σημασία των μικρών σε μέγεθος ενδιαιτημάτων (μικρότερα από 10 εκτάρια) για την ποικιλότητα των ειδών πουλιών. Δεδομένου ότι η ελάχιστη χαρτογραφική μονάδα στους χάρτες CORINE Land Cover είναι τα 25 εκτάρια, αυτές οι μικρές εκτάσεις δεν χαρτογραφούνται. Χρήσεις γης μικρότερες από την ελάχιστη χαρτογραφική μονάδα ενσωματώνονται στη διπλανή κατηγορία χρήσης γης με αποτέλεσμα να χάνονται μικρές χρήσεις/καλύψεις γης οι οποίες μπορεί να είναι πολύ σημαντικές για τα πουλιά. Στο ημιάνυδρο τοπίο της Κύπρου μικροί αποταμιευτήρες ή τάφροι ή φράχτες είναι συνήθως κάτω από το ελάχιστο όριο. Επειδή οι μετρικές του τοπίου μεταβάλλονται ανάλογα με τη χωρική και θεματική ανάλυση των χαρτών που έχουν χρησιμοποιηθεί, είναι σημαντικό να επιλέγεται το κατάλληλο επίπεδο πληροφορίας το οποίο να ανταποκρίνεται στην οικολογική διεργασία που μελετάται (Buyantuyev and Wu, 2007).

Η χρήση των δεδομένων από προγράμματα καταγραφής και παρακολούθησης, όπως είναι η περίπτωση του προγράμματος Άτλας φωλαεζώντων πουλιών, για επιστημονική έρευνα, δίνει πρόσθετη αξία στα συγκεκριμένα δεδομένα. Επιπλέον η χρήση των δεδομένων για σκοπούς επιστημονικής έρευνας δύναται να βοηθήσει στη βελτίωση της μεθοδολογίας ώστε τα τελικά δεδομένα να είναι πλήρη και συγκρίσιμα. Ένα από τα μειονεκτήματα των συγκεκριμένων δεδομένων είναι η αδρή κλίμακα στην οποία συλλέγονται. Επιπλέον τα αποτελέσματά τους συνήθως επηρεάζονται από την ικανότητα των πτηνοπαρατηρητών που συλλέγουν τα δεδομένα, της μεθοδολογίας που ακολουθείται ενώ η ικανότητα ανίχνευσης των ειδών μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος και το τοπίο. Η αλληλεπίδραση των οργανισμών που ασχολούνται με τη συλλογή των συγκεκριμένων δεδομένων και της επιστημονικής κοινότητας έχει τα μέγιστα να αποδώσει και στα δύο μέρη.

## 5.4 Συμπεράσματα για Διαχείριση Οικοσυστημάτων

Η διαχείριση των οικοσυστημάτων αποσπασματικά και μεμονωμένα είναι πρακτική η οποία πρέπει να αναθεωρηθεί στο πλαίσιο της κατάστασης του ευρύτερου τοπίου. Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα η σημασία των δεικτών σύνθεσης έναντι των δεικτών διάρθρωσης, υποδεικνύει ότι διαχειριστικές ενέργειες οι οποίες επικεντρώνονται μόνο στη διατήρηση της συνδεσιμότητας μεταξύ των βιοτόπων δεν μπορεί να αντισταθμίσει τις αρνητικές επιπτώσεις από την απώλεια εκτάσεων των ενδιαιτημάτων των πουλιών. Μικρές σε έκταση περιοχές οι οποίες αποτελούν ιδανικά ενδιαιτήματα για τα πουλιά, απομονωμένες μεταξύ τους, πιθανόν να οδηγήσουν τελικά σε μείωση της ποικιλότητας των ειδών. Αυτό γίνεται εμφανές στην περίπτωση της αλυκής της Λάρνακας, η οποία καταλαμβάνει μία πολύ μικρή έκταση, μεγαλύτερη όμως από όλους τους υπόλοιπους υγροβιότοπους του νησιού, σε ένα σχετικά αφιλόξενο τοπίο το οποίο περιλαμβάνει αστικές χρήσεις. Παρά τη χαμηλή ποιότητα του συγκεκριμένου ενδιαιτήματος έχει καταγραφεί ο μεγαλύτερος αριθμός ειδών από όλα τα τετράγωνα του νησιού. Η περαιτέρω μείωση της έκτασης του συγκεκριμένου ενδιαιτήματος πιθανότατα θα δημιουργήσει συνθήκες αρνητικές για τα είδη. Στην αλυκή του Ακρωτηρίου, πολύ μικρότερη σε έκταση από αυτήν της Λάρνακας, ο αριθμός των ειδών είναι αισθητά λιγότερος. Βέβαια, όπως υποστηρίζουν διάφοροι μελετητές (Andrén, 1994; Villard and Metzger, 2014; Hanski, 2015), σε περιοχές με μικρή διαθεσιμότητα των κατάλληλων ενδιαιτημάτων, η διαμόρφωση μπορεί να είναι κρίσιμη παράμετρος. Σαφώς προτεραιότητα πρέπει να δίνεται στη διατήρηση της έκτασης των ενδιαιτημάτων χωρίς όμως να παραγνωρίζεται η επίδραση της χωρικής διάταξης (Cunningham and Johnson, 2011). Σε τοπία όπου η απώλεια ενδιαιτήματος είναι αδύνατο να αποφευχθεί, η προσπάθεια πρέπει να επικεντρώνεται στη συνδεσιμότητα των υπαρχόντων μεταξύ τους, καθώς η σωστή χωρική διάταξη έχει τη δυνατότητα να μετριάσει τις αρνητικές επιπτώσεις της απώλειας του ενδιαιτήματος καθώς και στη βελτίωση της ποιότητάς τους (Villard and Metzger, 2014). Η βελτίωση της ποιότητας, η σημαντικότερη παράμετρος όπως έχει διαφανεί από τα αποτελέσματα, νοείται η σημασία που πρέπει να δίνεται στα ενδιαιτήματα που γειτνιάζουν με το κατάλληλο ενδιαιτήματα ώστε αυτά να μην είναι αφιλόξενα.

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η προστασία και αποκατάσταση των υγροβιότοπων είναι σημαντική για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας των πτηνών στην Κύπρο. Τη σημαντικότητα των υγροβιοτόπων καταδεικνύουν και τα αποτελέσματα των Moreno- Mateo, et al., 2011) για τη διατήρηση των νυκτόβιων πουλιών στην κεντρική Ισπανία. Οι Skórka, et al., 2006 έχουν

καταγράψει την υψηλότερη πυκνότητα ειδών πτηνοπανίδας σε υγροβιότοπους της Πολωνίας σε σχέση με τις υπόλοιπες κύριες καλύψεις γης, καθώς και το μεγαλύτερο ποσοστό ειδών που φωλιάζουν σε ένα μόνο ενδιαίτημα (specialists), τα οποία συμπεριλαμβάνουν και αρκετά ευάλωτα είδη, καταδεικνύοντας την τεράστια σημασία των υγροβιότοπων για την ύπαρξη υψηλής βιοποικιλότητας παρά τη μικρή έκταση που κατέχουν στο τοπίο.

Οι γεωργικές εκτάσεις επίσης έχουν καθοριστικό ρόλο να διαδραματίσουν στη διατήρηση της βιοποικιλότητας δεδομένου της μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνουν στο νησί ενώ είναι και το κύριο ενδιαίτημα αναπαραγωγής σημαντικού αριθμού ειδών (Guerrero, et al., 2012). Οι περιοχές Natura συχνά δημιουργούν αντιπαραθέσεις με τις τοπικές κοινότητες και δεδομένου ότι ένα μεγάλο ποσοστό των ειδών βρίσκονται εκτός των περιοχών του δικτύου Natura (Tryjanowski, et al., 2011), υποδηλώνεται η ανάγκη ενσωμάτωσης γεωργικών πρακτικών οι οποίες να οδηγούν σε προστασία των ειδών που διαβιούν στα συγκεκριμένα ενδιαίτηματα. Εκτός από τη διατήρηση της έκτασης που καταλαμβάνουν, προτείνεται η αύξηση των δεντροστοιχιών μεταξύ των αγροτεμαχίων (Guerrero, et al., 2012) τα οποία προσφέρουν διαδρόμους για τη μετακίνηση των ειδών ανάμεσα στις χωρονηφίδες του τοπίου, αυξάνοντας την αναλογία περιμέτρου έκτασης, ενώ παράλληλα προσφέρουν προστασία και στις καλλιέργειες. Η ποικιλότητα των ειδών που ενδιαίτουν σε αγροτικές εκτάσεις επηρεάζεται θετικά από την ύπαρξη μικρών αγροτεμαχίων με διαφορετικές καλλιέργειες (Guerrero, et al., 2012). Η μείωση των αγροχημικών σκευασμάτων, στο μέτρο του δυνατού, είναι πέραν του δέοντος αναγκαίο, καθώς εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα δημιουργεί σωρεία άλλων προβλημάτων σε διάφορους τομείς του περιβάλλοντος. Η ενσωμάτωση στοιχείων ευνοϊκών για τα είδη όπως σκόρπια δέντρα και θάμνοι τα οποία αναμένεται να αυξήσουν την ποιότητα του συγκεκριμένου ενδιαιτήματος ενώ η εύρεση πόρων για χρηματοδότηση αγροπεριβαλλοντικών πρακτικών διαχείρισης αναμένεται να αποδώσει τα μέγιστα οφέλη τόσο στη βιοποικιλότητα όσο και στην κοινωνία. Αυτό διαβεβαιώνεται από το μεγάλο ποσοστό της διακύμανσης που δεν έχει εξηγηθεί από τις μεταβλητές το οποίο, όπως συζητήθηκε πιο πάνω, αποδίδεται σε τοπικούς παράγοντες που επηρεάζουν τα είδη.

Εκτιμήσεις της παρουσίας ειδών παράλληλα με τα χαρακτηριστικά του ενδιαιτήματός τους και της συνολικής διάταξης του τοπίου είναι άκρως απαραίτητα για τη λήψη αποφάσεων διαχείρισης σχετικά με τους πόρους οι οποίοι είναι σημαντικοί για τα υπό μελέτη είδη (Lele and Allen, 2006). Τα αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής καταδεικνύουν ότι η ποικιλότητα των ειδών πτηνοπανίδας είναι στενά συνδεδεμένη με την ποιότητα των

ενδιαιτημάτων και επισημαίνουν τη σημαντικότητα που διαδραματίζει το υγρό στοιχείο στο ημι-άνυδρο περιβάλλον της Κύπρου.

Η διαχείριση των οικοσυστημάτων και η λήψη διαχειριστικών μέτρων λαμβάνεται σε επίπεδο τοπίου και η ποσοτικοποίηση της οικολογικής γνώσης σε αυτή την κλίμακα έρχεται να βοηθήσει προς την σωστή κατεύθυνση (Atauri and de Lucio, 2001; Opdam, et al., 2002; Barbaro, et al., 2007). Τα αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής μπορούν να βοηθήσουν στη γεφύρωση του χάσματος ανάμεσα στην ανάπτυξη της γνώσης και την εφαρμογή της (Opdam, et al., 2002). Μία τέτοια εφαρμογή είναι κατά τη διαδικασία εκπόνησης και αναθεώρησης των τοπικών σχεδίων από τις αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες ώστε ο χωρικός σχεδιασμός να λαμβάνει υπόψη και τις οικολογικές διεργασίες. Η διαχείριση των περιοχών, ακόμα και των προστατευόμενων από το δίκτυο Natura, είναι θεμιτό και σκόπιμο να διαχειρίζεται χωρίς τον αποκλεισμό των παραδοσιακών ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Atauri and de Lucio, 2001), εντός μίας ευρύτερης περιφερειακής στρατηγικής η οποία να ρυθμίζει τις διεργασίες της απώλειας των ενδιαιτημάτων (Cunningham and Johnson, 2016) και να λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά των γειτονικών χρήσεων γης (Thornton, et al., 2011). Κλείνοντας, η κατανόηση της σχέσης των πουλιών με το περιβάλλον τους βοηθά στη βελτίωση της διατήρησης της βιοποικιλότητας.

# Παραρτήματα

## Παράρτημα Α: Κατηγορίες χρήσεων γης, Βαθμολογίες χρήσεων γης και Ποιότητα Ενδιαμιμάτων.

**Πίνακας Α1:** Κατηγορίες χρήσεων/καλύψεων γης βάσει του χάρτη CORINE στα τρία ιεραρχικά επίπεδα, καθώς και περιγραφή των κατηγοριών του τρίτου επιπέδου

<b>Τύποι κάλυψης γης CORINE</b>				
<b>LEVEL 1</b>	<b>LEVEL 2</b>	<b>LEVEL 3</b>	<b>Περιγραφή</b>	
1. Τεχνητές Επιφάνειες	1.1. Αστικές κατασκευές	1.1.1. Συνεχής αστικός ιστός	Το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης της γης καλύπτεται από διάφορες κατασκευές και το δίκτυο μεταφορών. Κτήρια, δρόμοι και ζώνες τεχνητών επιφανειών καλύπτουν περισσότερο από το 80% της συνολικής επιφάνειας. Εξαιρούνται οι μη γραμμικές ζώνες βλάστησης και το γυμνό έδαφος.	
		1.1.2. Ασυνεχής αστικός ιστός	Το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης γης καλύπτεται από κτίσματα. Κτήρια, δρόμοι και ζώνες τεχνητών επιφανειών, σε συνδυασμό με ζώνες βλάστησης και γυμνού εδάφους που καλύπτουν ασυνεχείς αλλά εκτενείς επιφάνειες.	
	1.2. Βιομηχανικές, εμπορικές και μεταφορικές μονάδες	1.2.1. Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	Ζώνες τεχνητών επιφανειών (με σκυρόδεμα, άσφαλτο, πισσούχο ασφαλτόμιγμα ή σταθεροποιημένες, (π.χ. ισοπεδωμένο έδαφος) χωρίς βλάστηση, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης η οποία περιλαμβάνει κτήρια και/ή ζώνες βλάστησης.	
		1.2.2. Οδικό, σιδηροδρομικό δίκτυο και συναφείς εκτάσεις	Αυτοκινητόδρομοι, σιδηρόδρομοι, συμπεριλαμβανομένων των συνοδών εγκαταστάσεων (σταθμοί, αποβάθρες, αναχώματα). Ελάχιστο πλάτος για ένταξη στην κατηγορία: 100 μέτρα	
		1.2.3. Λιμάνια	Υποδομή λιμενικών ζωνών. Περιλαμβάνει αποβάθρες, ναυπηγία και μαρίνες.	
		1.2.4. Αεροδρόμια	Εγκαταστάσεις αεροδρομίων: διάδρομοι, κτήρια και τα συνδεδεμένα με αυτά εδάφη.	
	1.3. Μεταλλεία, σκουπιδότοποι και εργοτάξια	1.3.1. Μεταλλευτικές περιοχές	1.3.1. Μεταλλευτικές περιοχές	Περιοχές υπαίθριας εξόρυξης βιομηχανικών ορυκτών (τόποι αμμοληψίας, λατομεία) ή άλλων ορυκτών (επιφανειακά ανθρακορυχεία). Περιλαμβάνονται πλημμυρισμένα σκυρωχεία, εκτός από εξόρυξη κοίτης ποταμού.
			1.3.2. Χώροι απόθεσης απορριμάτων	Χ.Υ.Τ.Α ή χώροι απόρριψης μπαζών από βιομηχανίες ή ιδιώτες.
			1.3.3. Εργοτάξια	Χώροι υπό οικοδομική ανάπτυξη, εκσκαφές εδάφους ή υποβάθρου, χωματοουργικά έργα.
	1.4. Τεχνητές μη αγροτικές εκτάσεις με βλάστηση	1.4.1. Περιοχές αστικού πρασίνου	1.4.1. Περιοχές αστικού πρασίνου	Ζώνες με βλάστηση εντός του αστικού ιστού. Περιλαμβάνονται πάρκα και κοιμητήρια με βλάστηση.
			1.4.2.	Χώροι κατασκήνωσης, αθλητικές εγκαταστάσεις,

		Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	πάρκα ψυχαγωγίας, γήπεδα γκολφ, πίστες αγώνων κλπ. Περιλαμβάνονται διαρρυθμισμένοι χώροι πρασίνου που δεν περικλείονται από αστικές ζώνες.
2. Αγροτικές Περιοχές	2.1. Αρόσιμες εκτάσεις	2.1.1. Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	Δημητριακά, όσπρια, καλλιέργειες ζωοτροφών, βολβόφυτα και χέρσο έδαφος. Περιλαμβάνονται ανθοκομικές καλλιέργειες και δενδροκαλλιέργειες (φυτώρια και οπωρώνες), καθώς και οπωροκηπευτικά, είτε σε ανοικτό χωράφι, είτε κάτω από πλαστικό ή γυαλί. Περιλαμβάνονται επίσης καλλιέργειες αρωματικών, φαρμακευτικών και μαγειρικών φυτών. Εξαιρούνται τα μόνιμα λιβάδια.
		2.1.2. Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	Καλλιέργειες που ποτίζονται μόνιμα ή περιοδικά, χρησιμοποιώντας μόνιμη υποδομή (αρδευτικά κανάλια, αποστραγγιστικό δίκτυο). Οι περισσότερες από αυτές τις καλλιέργειες δεν θα μπορούν να καλλιέργηθούν χωρίς τεχνητή παροχή νερού. Δεν περιλαμβάνονται τα σποραδικά αρδεύσιμα εδάφη.
	2.2. Μόνιμες καλλιέργειες	2.2.1. Αμπελώνες	Περιοχές φυτεμένες με αμπέλια
		2.2.2. Όπωρώνες και καλλιέργειες	Αγροτεμάχια που φυτεύονται με οπωροφόρα δέντρα ή θάμνους: μονοκαλλιέργεια ή μικτή καλλιέργεια οπωροφόρων δέντρων, οπωροφόρα που συνδέονται με μόνιμα καλυπτόμενες από πλώδη βλάστηση επιφάνειες. Περιλαμβάνονται καστανεύνες και φυτείες με καρυδιές.
		2.2.3. Ελαιώνες	Περιοχές φυτεμένες με ελαιόδεντρα, περιλαμβανομένων αυτών με μίξη ελαιοδέντρων και αμπελιών στο ίδιο αγροτεμάχιο.
	2.3. Βοσκοτόπια	2.3.1. Βοσκοτόπια	Πυκνή κάλυψη από πλώδη βλάστηση, στην οποία κυριαρχούν τα αγροστώδη φυτά, όχι στο πλαίσιο ενός συστήματος εναλλαγής καλλιέργειας. Χρησιμοποιείται κυρίως για βοσκή αλλά μπορεί να γίνεται και μηχανική συγκομιδή της ζωοτροφής. Περιλαμβάνονται επίσης περιοχές με φυτοφράχτες.
	2.4. Ετερογενείς αγροτικές εκτάσεις	2.4.1. Ετήσιες μόνιμες καλλιέργειες	Μη μόνιμες καλλιέργειες (αρόσιμα εδάφη ή λιβάδια), που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες στο ίδιο αγροτεμάχιο.
		2.4.2. Συμπλέγματα καλλιεργειών	Μωσαϊκό από μικρά αγροτεμάχια με διάφορες ετήσιες καλλιέργειες, λιβάδια και/ή μόνιμες καλλιέργειες.
		2.4.3. Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	Περιοχές που καλύπτονται κυρίως από γεωργία με διάσπαρτες περιοχές με φυσική βλάστηση.
	3. Δάση και φυσικές περιοχές	3.1. Δάση	3.1.1. Δάση πλατύφυλλων
3.1.2. Δάση κωνοφόρων			Βλάστηση που αποτελείται κυρίως από δέντρα, συμπεριλαμβανομένων υπορόφων με θάμνους και άλλη χαμηλή βλάστηση, όπου κυριαρχούν κωνοφόρα είδη. (Εδώ ανήκουν τα δάση πεύκης, κεδροδάση)
3.1.3. Μικτά δάση			Βλάστηση που αποτελείται κυρίως από δέντρα, συμπεριλαμβανομένων υπορόφων με θάμνους και άλλη χαμηλή βλάστηση, όπου δεν κυριαρχούν ούτε τα πλατύφυλλα είδη ούτε τα κωνοφόρα.



	3.2. Θάμνοι και χορτολίβαδα	3.2.1. Ποολίβαδα	Χαμηλής παραγωγικότητας βοσκότοποι. Συχνά βρισκόμενοι σε περιοχές με ανώμαλο ανισόπεδο έδαφος. Συχνά περιλαμβάνουν βραχώδης περιοχές, φρύγανα και χερσότοπους.
		3.2.3. Σκληρόφυλλη βλάστηση	Θαμνώδης και σκληροφυλλική βλάστηση, περιλαμβάνει μακκία και φρύγανα.
		3.2.4. Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	Θαμνώδης ή ποώδης βλάστηση με διεσπαρμένα δέντρα. Μπορεί να αντιπροσωπεύει είτε υποβαθμισμένο δασικό οικοσύστημα είτε δασική αναγέννηση-αναδάσωση.
		3.3.1. Παραλίες, αμμοθίνες, αμμώδεις εκτάσεις	Παραλίες, αμμόλοφοι και αμμώδεις ή χαλικώδεις εκτάσεις σε παράκτιες ή ηπειρωτικές θέσεις. Συμπεριλαμβάνονται οι κοίτες ρεμάτων και χειμάρρων.
	3.3. Ανοικτές περιοχές με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3.3.2. Βράχια	Βραχώδης εξάρσεις λόφων, απότομες πλαγιές, σάρες, βράχια και προεξοχές βράχων.
		3.3.3. Περιοχές με σποραδική βλάστηση	Περιλαμβάνει στέπες, τούνδρες και αμμόλοφους. Εδώ περιλαμβάνεται η αλπική ζώνη.
		3.3.4. Καμένες περιοχές	Περιοχές προσβεβλημένες από πρόσφατη πυρκαγιά. Παραμένουν ακόμη κυρίως μαύρες.
4. Υγρότοποι στην ενδοχώρα	4.1. Υγρότοποι	4.1.1. Εσωτερικοί υγρότοποι	Χαμηλές περιοχές που συνήθως πλημμυρίζουν τον χειμώνα και λίγο ή πολύ γεμίζουν με νερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. (Λίμνη Ορόκλινης και Φασουρίου)
	4.2. Παράκτιοι υγρότοποι	4.2.1. Αλατώδη έλη	Χαμηλές περιοχές με βλάστηση, πάνω από το όριο της πλημμυρίδας, ευάλωτες σε κατακλυσμό από θαλασσινο νερό. Συχνά, κατά τη διάρκεια της πλήρωσης, επικοίζονται σταδιακά από αλόφυτα. (Αλυκή Λάρνακας και Ακρωτηρίου)
5. Υδάτινες Επιφάνειες	5.1. Υδάτινοι όγκοι στην ενδοχώρα	5.1.1. Υδατορεύματα	Φυσικά ή τεχνητά υδάτινα ρεύματα που λειτουργούν ως αποστραγγιστικά κανάλια. Περιλαμβάνονται οι τάφροι. Ελάχιστο πλάτος για ένταξη στην κατηγορία: 100m. Δεν υπάρχει στις ελεύθερες περιοχές.
		5.1.2. Λίμνες, αποταμιευτήρες, αντιπλημμυρικές ζώνες	Φυσικές ή τεχνητές εκτάσεις νερού. Φράγματα
	5.2. Θαλάσσια ύδατα	5.2.3. Θάλασσα	Ζώνη προς τη θάλασσα του χαμηλότερου ορίου της παλίρροιας (Όλη η ακτογραμμή της Κύπρου)

**Πίνακας Α2:** Συγκεντρωτικά περιγραφικά στατιστικά της βαθμολογίας που έλαβε κάθε χρήση γης από τους ειδικούς

	N	Mean	Std. Dev	Min	Max
1.1.1. Συνεχής αστικός ιστός	14	.57	.646	0	2
1.1.2. Ασυνεχής αστικός ιστός	14	1.61	.561	1.0	2.5
1.2.1.Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	14	.43	.646	0	2
1.2.2. Οδικό, σιδηροδρομικό δίκτυο και συναφείς εκτάσεις	14	1.00	.784	0	2
1.2.3.Λιμάνια	14	1.57	.756	0	3
1.2.4. Αεροδρόμια	14	1.71	1.07	0	4
1.3.1. Μεταλλευτικές περιοχές	14	1.21	.975	0	4
1.3.2. Χώροι απόθεσης απορριμάτων	14	1.89	.964	1.0	4.0
1.3.3.Εργοτάξια	14	.50	.650	0	2
1.4.1. Περιοχές αστικού πρασίνου	14	2.32	.723	1.0	3.0
1.4.2. Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	14	2.21	.802	1	4
2.1.1. Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	14	2.89	.739	2.0	4.0
2.1.2. Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	14	3.07	.829	2	5
2.2.1. Αμπελώνες	14	2.93	.917	1	4
2.2.2. Όπωρώνες και καλλιέργειες	14	3.57	.852	2	5
2.2.3.Ελαιώνες	14	3.43	.514	3	4
2.3.1. Βοσκοτόπια	14	3.46	.796	2.0	5.0
2.4.1. Ετήσιες μόνιμες καλλιέργειες	14	3.14	.949	1	4
2.4.2. Συμπλέγματα καλλιεργειών	14	3.93	.997	2	5
2.4.3. Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	14	4.07	.997	2	5
3.1.1.Δάση πλατύφυλλων	14	4.07	.616	3	5
3.1.2. Δάση κωνοφόρων	14	3.64	.842	2	5
3.1.3. Μικτά δάση	14	4.43	.646	3	5
3.2.1. Ποολίβαδα	14	3.61	.789	2.5	5.0
3.2.3. Σκληρόφυλλη βλάστηση	14	4.00	.961	2	5
3.2.4. Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	14	4.07	.829	3	5
3.3.1. Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	14	3.14	.864	2	4
3.3.2. Βράχια	14	2.86	.864	1	4
3.3.3. Περιοχές με σποραδική βλάστηση	14	2.93	.829	2	5
3.3.4. Καμένες περιοχές	14	1.71	.994	0	3
4.1.1. Εσσωτερικοί Υγρότοποι	14	4.29	.6462	3.0	5.0
4.2.1. Αλατώδη έλη	14	4.79	.579	3	5
5.1.2. Λίμνες, αποταμιευτήρες και αντιπλυμμηρικές ζώνες	14	4.36	.842	3	5

**Πίνακας Α3:** Τιμή του Δείκτη Ποιότητας κάθε τετραγώνου. Η ονομασία των τετραγώνων και η θέση τους στον χάρτη της Κύπρου, φαίνεται στο σχήμα 3.2

<b>α/α</b>	<b>Ονομασία τετραγώνου</b>	<b>Δείκτης Ποιότητας</b>	<b>α/α</b>	<b>Ονομασία τετραγώνου</b>	<b>Δείκτης Ποιότητας</b>
1	36SVD36	3.026	34	36SVD96	3.632
2	36SVD37	3.373	35	36SVD97	3.62
3	36SVD44	3.418	36	36SVD98	3.351
4	36SVD45	3.335	37	36SWD03	1.718
5	36SVD46	3.465	38	36SWD04	3.19
6	36SVD47	3.526	39	36SWD05	3.725
7	36SVD54	3.53	40	36SWD06	3.906
8	36SVD55	3.582	41	36SWD07	3.724
9	36SVD56	3.287	42	36SWD08	3.304
10	36SVD57	3.478	43	36SWD14	3.346
11	36SVD58	3.608	44	36SWD15	3.856
12	36SVD59	3.596	45	36SWD16	3.801
13	36SVD63	3.465	46	36SWD17	3.516
14	36SVD64	3.64	47	36SWD18	3.256
15	36SVD65	3.644	48	36SWD24	3.489
16	36SVD66	3.831	49	36SWD25	3.919
17	36SVD67	3.321	50	36SWD26	3.651
18	36SVD68	3.461	51	36SWD27	3.38
19	36SVD69	3.776	52	36SWD28	2.813
20	36SVD73	3.682	53	36SWD34	3.601
21	36SVD74	3.663	54	36SWD35	3.546
22	36SVD75	3.84	55	36SWD36	3.558
23	36SVD76	3.43	56	36SWD37	2.959
24	36SVD77	3.478	57	36SWD44	3.738
25	36SVD78	3.614	58	36SWD45	3.322
26	36SVD83	3.605	59	36SWD46	3.458
27	36SVD84	3.749	60	36SWD47	3.093
28	36SVD85	3.089	61	36SWD55	2.938
29	36SVD86	3.665	62	36SWD56	2.391
30	36SVD87	3.691	63	36SWD67	2.919
31	36SVD93	3.026	64	36SWD76	3.343
32	36SVD94	3.373	65	36SWD77	3.071
33	36SVD95	3.418	66	36SWD87	2.962

## Παράρτημα Β: Είδη πουλιών της περιοχής μελέτης

**Πίνακας Β1:** Λατινική ονομασία των ειδών πτηνών που καταμετρήθηκαν στην περιοχή μελέτης και η συντομογραφία που τους έχει δοθεί.

Συντομογραφία	Λατινική Ονομασία Είδους	Συντομογραφία	Λατινική Ονομασία Είδους
AccGent	Accipiter gentilis	GallinuChlor	Gallinula chloropus
AccNisu	Accipiter nisus	GarrGland	Garrulus glandarius
AcroArun	Acrocephalus arundinaceus	GypFulv	Gyps fulvus
AcroSch	Acrocephalus schoenobaenus	HimantHimant	Himantopus himantopus
AcroSci	Acrocephalus scirpaceus	HippPal	Hippolais pallida
ActiHyp	Actitis hypoleucos	HirunDaur	Hirundo daurica
AlaArve	Alauda arvensis	IxobrMin	Ixobrychus minutus
AlecChuk	Alectoris chukar	LanCol	Lanius collurio
AnPlaty	Anas platyrhynchos	LanMin	Lanius minor
AnQuer	Anas querquedula	LanNub	Lanius nubicus
AnthCamp	Anthus campestris	LanSen	Lanius senator
AnthCerv	Anthus cervinus	LarMich	Larus michahellis
AnthTriv	Anthus trivialis	LarRid	Larus ridibundus
ApusAp	Apus apus	LoxCurv	Loxia curvirostra
ApusMel	Apus melba	LulArb	Lullula arborea
ApusPal	Apus pallidus	LuscMega	Luscinia megarhynchos
AquiFasc	Aquila fasciata	MelanCaland	Melanocorypha calandra
ArdCine	Ardea cinerea	MeropApiast	Merops apiaster
ArdPurp	Ardea purpurea	MontSaxat	Monticola saxatilis
ArdeoRall	Ardeola ralloides	MontSolit	Monticola solitarius
AthNoct	Athene noctua	MotacFlavFeld	Motacilla ((flava)) feldegg
BubIbis	Bubulcus ibis	MotacFlavFlav	Motacilla ((flava)) flava
BurhOedi	Burhinus oedienemus	MotacCin	Motacilla cinerea
ButBut	Buteo buteo	MuscStri	Muscicapa striata
ButRuf	Buteo rufinus	NyctNyct	Nycticorax nycticorax
CalandrBrach	Calandrella brachydactyla	OenantCypr	Oenanthe cypriaca
CalidrFer	Calidris ferruginea	OenantIsab	Oenanthe isabellina
CalidrMin	Calidris minuta	OenantOenant	Oenanthe oenanthe
CapriEuro	Caprimulgus europaeus	OriolOriol	Oriolus oriolus
CardCan	Carduelis cannabina	OtScop	Otus scops
CardCard	Carduelis carduelis	PassDome	Passer domesticus
CerthBrach	Certhia brachydactyla	PassHispan	Passer hispaniolensis
CetCet	Cettia cetti	PerAtCy	Periparus ater cypristes
CharadrAlex	Charadrius alexandrinus	PernApiv	Pernis apivorus
CharadrDub	Charadrius dubius	PhalacrArist	Phalacrocorax aristotelis
CharadrHiat	Charadrius hiaticula	PhalacrCarb	Phalacrocorax carbo
ChlChl	Chloris chloris	PhilPugn	Philomachus pugnax

Συντομογραφία	Λατινική Ονομασία Είδους	Συντομογραφία	Λατινική Ονομασία Είδους
CircAerug	Circus aeruginosus	PhoenicoptRub	Phoenicopterus ruber
CircMacr	Circus macrourus	PhoenPhoen	Phoenicurus phoenicurus
CircPygar	Circus pygargus	PhyllCollybCollyb	Phylloscopus ((collybita)) collybita (et al)
CistJunci	Cisticola juncidis	PhyllOrient	Phylloscopus orientalis
ClamGland	Clamator glandarius	PhyllSibi	Phylloscopus sibilatrix
CoccCocc	Coccothraustes coccothraustes	PicaPica	Pica pica
ColuLivia	Columba livia	PlegFalc	Plegadis falcinellus
ColuLiviafDom	Columba livia f domestica	RipRip	Riparia riparia
ColuPalu	Columba palumbus	SaxRube	Saxicola rubetra
CoracGarr	Coracias garrulus	SaxRubic	Saxicola rubicola
CorvMone	Corvus monedula	SerSer	Serinus serinus
CoturCotur	Coturnix coturnix	SternulAlb	Sternula albifrons
CuculCan	Cuculus canorus	StigmSeneg	Stigmatopelia senegalensis
DeliUrbi	Delichon urbica	StreptDec	Streptopelia decaocto
EgreGarze	Egretta garzetta	StreptTurt	Streptopelia turtur
EmbeCaes	Emberiza caesia	SylvHortCras	Sylvia ((hortensis)) crassirostris
EmbeCaland	Emberiza calandra	SylvAtr	Sylvia atricapilla
EmbeHortu	Emberiza hortulana	SylvCom	Sylvia communis
EmbMelan	Emberiza melanocephala	SylvConsp	Sylvia conspicillata
ErithRube	Erithacus rubecula	SylvCurr	Sylvia curruca
FalcEleon	Falco eleonora	SylvMelan	Sylvia melanocephala
FalcNaum	Falco naumanni	SylvMelanoth	Sylvia melanothorax
FalcPeregr	Falco peregrinus	TachRufic	Tachybaptus ruficollis
FalcSubbu	Falco subbuteo	TringGlar	Tringa glareola
FalcTinnu	Falco tinnunculus	TringNebul	Tringa nebularia
FalcVesp	Falco vespertinus	TringOchr	Tringa ochropus
FicedAlbico	Ficedula albicollis	TroglTrogl	Troglodytes troglodytes
FicedHyp	Ficedula hypoleuca	TurdMerul	Turdus merula
FrancFranc	Francolinus francolinus	TurdPhilom	Turdus philomelos
FringCoel	Fringilla coelebs	TytoAlb	Tyto alba
FuliAtr	Fulica atra	UpupEp	Upupa epops
GalerCrist	Galerida cristata	VanellSpin	Vanellus spinosus

# Βιβλιογραφία

Andrén, H., 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, 71, pp.355-366.

Atauri, J.A., de Lucio, J.V., 2001. The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology*, 16, pp.147–159.

Barbaro, L., Rossi, J.P., Vetillard, F., Nezan J., Jactel, H., 2007. The spatial distribution of birds and carabid beetles in pine plantation forests: the role of landscape composition and structure. *Journal of Biogeography*, 32, pp.652-664.

Bartolommei, P., Alessio Mortelliti, A., Pezzo, F., Puglisi, L., 2013. Distribution of nocturnal birds (Strigiformes and Caprimulgidae) in relation to land-use types, extent and configuration in agricultural landscapes of Central Italy. *Rendiconti Fis. Acc. Lincei*, 24, pp.13-21.

Baselga, A., 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19, pp.134-143.

Benton, T.G., Vickery, J.A., Wilson, J.D., 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution*, 18(4), pp.182-188.

Berg, Å., 1997. Diversity and abundance of birds in relation to forest fragmentation, habitat quality and heterogeneity. *Bird Study*, 44(3), pp.355 – 366.

Betts, M.G., Diamond, A.W., Forbes, G.J., Villard, M.A., Gunn, J.S., 2006. The importance of spatial autocorrelation, extent and resolution in predicting forest bird occurrence. *Ecological Modelling*, 191, pp.197-224.

Böhning-Gaese, K., 1997. Determinants of avian species richness at different spatial scales. *Journal of Biogeography*, 24, pp.49-60.

Borcard, D., Legendre, P., Drapeau, P., 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology*, 73(3), pp.1045-1055.

Brandolin, P.G., Blendinger, P.G., 2016. Effect of habitat and landscape structure on waterbird abundance in wetlands of central Argentina. *Wetlands Ecology and Management*, 24, pp.93-105.

Brotons, L., Reunanen, P., 2005. The role of landscape patterns and land-use history in the composition of bird assemblages in Mediterranean and boreal forest ecosystems. *Revista Catalana d'Ornitologia*, 21, pp.47-57.

- Buyantuyev, A., Wu, J., 2007. Effects of thematic resolution on landscape pattern analysis. *Landscape Ecology*, 22, pp.7-13.
- Christman, M.C., 2008. Statistical Modeling of Observational Data with Spatial Dependencies. *Journal of wildlife management*, 72(1), pp.23–33.
- Cunningham, M., Johnson, D.H., 2016. What you find depends on where you look: responses to proximate habitat vary with landscape context. *Avian Conservation and Ecology*, 11(2).
- Cunningham, M., Johnson, D.H., 2011. Seeking parsimony in landscape metrics. *The journal of wildlife management*, 75(3), pp.692-701.
- Cushman, S.A., McGarigal, K., 2004a. Hierarchical analysis of forest bird species -environment relationships in the Oregon coast range. *Ecological Applications*, 14(4), pp.1090–1105.
- Cushman, S.A., McGarigal, K., 2004b. Patterns in the species/environment relationship depend on both scale and choice of response variables. *Oikos*, 105, pp.117-124.
- Cushman, S.A., McGarigal, K., Neel M.C., 2008. Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency. *Ecological Indicators*, 8, pp.691-703.
- Donnelly, R., Marzluff, J.M., 2006. Relative importance of habitat quantity, structure, and spatial pattern to birds in urbanizing environments. *Urban Ecosystems*, 9, pp.99–117.
- Dormann, C.F., McPherson, J.M., Araújo, M.B., Bivand, R., Bolliger, J., Carl, G., Davies, R.G., Hirzel, A., Jetz, W., Kissling, W.D., Kühn, I., Ohlemüller, R., Peres-Neto, P.R., Reineking, B., Schröder, B., Schurr F.M., Wilson, R., 2007. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography*, 30, pp.609-628.
- Dray, S., Legendre, P., Peres-Neto, P.R., 2006. Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). *Ecological Modelling*, 196, pp.483-493.
- Dunning, J.B., Danielson, B.J., Pulliam, R.H., 1992. Ecological Processes That Affect Populations in Complex Landscapes. *Oikos*, 65(1), pp.169-175.
- Eigenbrod, F., Hecnar, S.J., Fahrig, L., 2011. Sub-optimal study design has major impacts on landscape-scale inference. *Biological Conservation*, 144, pp.298-305.
- Eycott, A.E., Marzano, M., Watts, K., 2011. Filling evidence gaps with expert opinion: The use of Delphi analysis in least-cost modelling of functional connectivity. *Landscape and Urban Planning*, 103, pp.400-409.
- Fahrig, L., 2013. Rethinking patch size and isolation effects: The habitat amount hypothesis. *Journal of Biogeography*, 40, pp.1649-1663.
- Fahrig, L., 2003. Effect of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, pp.487-512.

Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F.G., Crist, T.O., Fuller, R.J., Sirami, C., Siriwardena, G.M., Martin, J.L., 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14, pp.101-112.

Fahrig, L., Nutton, W.K., 2005. Population Ecology in Spatially Heterogeneous Environments. In: G.M. Lovett, C.G. Jones, M.G. Turner, K.C. Weathers, eds. 2005. *Ecosystem Function in Heterogeneous Landscapes*. New York: Springer. Ch.6, pp. 95-118.

Fischer, J., Lindenmayer, D.B., 2002. Small patches can be valuable for biodiversity conservation: two case studies on birds in southeastern Australia. *Biological Conservation*, 106, pp.129-136.

Fuller, R.M., Devereux, B.J., Gillings, S., Amable, G.S., Hill, R.A., 2005. Indices of bird-habitat preference from field surveys of birds and remote sensing of land cover: a study of south-eastern England with wider implications for conservation and biodiversity assessment. *Global Ecology and Biogeography*, 14, pp. 223–239.

Galitsky, C., Lawler, J.J., 2015. Relative influence of local and landscape factors on bird communities vary by species and functional group. *Landscape Ecology*, 30, pp.287-299.

Gastón, A., García-Vinas, J.I., Bravo-Fernández, A.J., López-Leiva, C., Oliet, J.A., Roig, S., Serrada, R., 2014. Species distribution models applied to plant species selection in forest restoration: are model predictions comparable to expert opinion? *New Forests*, 45, pp.641–653.

Gregory, R.D., Vorisek, P., Noble, D.G., van Strien, A., Klvanova, A., Eaton, M., Gmelig Meyling, A.W., Joys, A., Foppen, R.P.B., Burfield, I.J., 2008. The generation and use of bird population indicators in Europe. *Bird Conservation International*, 18, pp.S223-S244.

Guerrero, I., Morales, M.B., Oñate, J.J., Geiger, F., Berendse, F., de Snoo, G., Eggers, S., Pärt, T., Bengtsson, J., Clement, L.W., Weisser, W.W., Olszewski, A., Ceryngier, P., Hawro, V., Liira, J., Aavik, T., Fischer, C., Flohre, A., Thies, C., Tschardtke, T., 2012. Response of ground-nesting farmland birds to agricultural intensification across Europe: Landscape and field level management factors. *Biological Conservation*, 152, pp.74–80.

Gotelli N.J., Chao A., 2013. Measuring and Estimating Species Richness, Species Diversity, and Biotic Similarity from Sampling Data. In: S.A., Levin, ed. 2013. *Encyclopedia of Biodiversity*. Waltham, MA: Academic Press. 2<sup>nd</sup> edition, Volume 5, pp. 195-211. Available at: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/paper/97.pdf> [Accessed 15/5/2017].

Gotelli, N.J., Colwell, R.K., 2011. Estimating species richness. In: A.E. Magurran and B.J. McGill, eds. 2011. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford: Oxford University Press. Volume 2, Ch. 4., pp.39-54. Available at: <http://www.uvm.edu/~ngotelli/manuscriptpdfs/Chapter%204.pdf> [Accessed 18/2/2017].

Gotelli, N., Colwell, R.K., 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4, pp.379-391.

Haines-Young, R., 2009. Land use and biodiversity relationships. *Land Use Policy*, 26S, pp.S178-S186.



- Hanski, I., 2015. Habitat fragmentation and species richness. *Journal of Biogeography*, 42, pp.989-994.
- Hargis, C.D., Bissonette, J.A., David, J.L., 1998. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecology*, 13, pp.167-186.
- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Virkkala, R., Rainio, K., 2004. Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural–forest mosaic. *Journal of Applied Ecology*, 41, pp.824-835.
- Helzer, C.J., Jelinski, D.E., 1999. The relative importance of patch area and perimeter-area ratio to grassland breeding birds. *Ecological Applications*, 9(4), pp.1448-1458.
- Hill, M.O., 1973. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), pp.427-432.
- IUCN, 2015. The IUCN red list of threatened species. Available at: [https://cmsdocs.s3.amazonaws.com/keydocuments/IUCN\\_Red\\_List\\_Brochure\\_2015\\_LOW.pdf](https://cmsdocs.s3.amazonaws.com/keydocuments/IUCN_Red_List_Brochure_2015_LOW.pdf) [Accessed 28/5/2017].
- Johnson, M.D., 2007. Measuring habitat quality: A review. *The Condor*, 109, pp. 489–504.
- Johnson, A.R., Wiens, J.A., Milne, B.T., Crist, T.O., 1992. Animal movements and population dynamics in heterogeneous landscapes. *Landscape Ecology*, 7(1), pp.63-75.
- Jones, J., 2001. Habitat Selection Studies in Avian Ecology: A Critical Review. *The Auk*, 118(2), pp. 557-562.
- Kaboli, M., Guillaumet, A., Prodon, R., 2006. Avifaunal gradients in two arid zones of central Iran in relation to vegetation, climate, and topography. *Journal of Biogeography*, 33, pp.133–144.
- Katayama, N., Amano, T., Naoe, S., Yamakita, T., Komatsu, I., Takagawa, Sato, N., Ueta, M., Miyashita, T., 2014. Landscape heterogeneity-biodiversity relationship: Effect of range size. *Plos One*, 9(3), pp.1-8.
- Khanaposhtani, M.G., Kaboli, M., Karami, M., Etemad, V., 2012. Effect of Habitat Complexity on Richness, Abundance and Distributional Pattern of Forest Birds. *Environmental Management*, 50, pp.296-303.
- Kim, K.H., Pauleit, S., 2007. Landscape character, biodiversity and land use planning: The case of Kwangju City Region, South Korea. *Land Use Policy*, 24, pp.264–274.
- Kisel, Y., McInnes, L., Toomey, N.H., Orme, C.D.L., 2011. How diversification rates and diversity limits combine to create large-scale species–area relationships. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 366, pp.2514–2525.
- Krueger, T., Page, T., Hubacek, K., Smith, L., Hiscock, K., 2012. The role of expert opinion in environmental modelling. *Environmental Modelling & Software*, 36, pp.4-18.

- Legendre, P., 2005. Species Associations: The Kendall Coefficient of Concordance Revisited. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 10(2), pp.226-245.
- Legendre, P., 1993. Spatial Autocorrelation: Trouble or New Paradigm? *Ecology*, 74(6), pp.1659-1673.
- Legendre, P., Borcard, D., Peres-Neto, P.R., 2005. Analyzing beta diversity: Partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs*, 75(4), pp. 435–450.
- Legendre, P., Eugene D. Gallagher, E.D., 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129, pp.271–280.
- Legendre, P., Fortin, M.J., 2010. Comparison of the Mantel test and alternative approaches for detecting complex multivariate relationships in the spatial analysis of genetic data. *Molecular Ecology Resources*, 10, pp.831–844.
- Legendre, P., Fortin, M.J., 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetation*, 80, pp.107-138.
- Lele, S.R., Allen, K., 2006. On using expert opinion in ecological analyses: a frequentist approach. *Environmetrics*, 17, pp. 683-704.
- Lepš, J., Šmilauer, P., 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge: Cambridge University Press. Available at: [http://www.langtoninfo.com/web\\_content/9780521814096\\_frontmatter.pdf](http://www.langtoninfo.com/web_content/9780521814096_frontmatter.pdf) [Accessed: 31/4/2017].
- Lepš, J., Šmilauer, P., 1999. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Available at: [http://www.biodiversity-lorenzomarini.eu/R\\_manuals/Leps&Smilauer\\_Multivariate.pdf](http://www.biodiversity-lorenzomarini.eu/R_manuals/Leps&Smilauer_Multivariate.pdf) [Accessed: 21/3/2017].
- Lobo, J.M., Lumaret, J.P., Jay-Robert, P., 2002. Modelling the species richness distribution of French dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) and delimiting the predictive capacity of different groups of explanatory variables. *Global Ecology & Biogeography*, 11, pp.265–277.
- Lustig, A., Stouffer, D.B., Roigé, M., Worner, S.P., 2015. Towards more predictable and consistent landscape metrics across spatial scales. *Ecological Indicators*, 57, pp.11-21.
- MacArthur, J.W. and MacArthur, R.H., 1961. On bird species diversity. *Ecology*, 42(3), pp.594-598.
- Mac Nally, R., 2002. Multiple regression and inference in ecology and conservation biology: further comments on identifying important predictor variables. *Biodiversity and Conservation*, 11, pp.1397–1401.
- Mac Nally, R., 2000. Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: The distinction between – and reconciliation of – ‘predictive’ and ‘explanatory’ models. *Biodiversity and Conservation*, 9, pp.655–671.

Mammides, C., Kadis, C., Coulson, T., 2014. The effects of road networks and habitat heterogeneity on the species richness of birds in Natura 2000 sites in Cyprus. *Landscape Ecology*, 30, pp.67-75.

McGarigal, K., 2015. FRAGSTATS Help. Available at: <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf> [Accessed: 18/1/2017].

McGarigal, K., Cushman, S.A., Ene, E., 2012. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

Mehr, M., Brandl, R., Hothorn, T., Dziock, F., Förster, B., Müller, J., 2011. Land use is more important than climate for species richness and composition of bat assemblages on a regional scale. *Mammalian Biology*, 76, pp.451-460.

Morelli, F., Pruscini, F., Santolini, R., Perna, P., Benedetti, Y., Sisti, D., 2013. Landscape heterogeneity metrics as indicators of bird diversity: Determining the optimal spatial scales in different landscapes. *Ecological Indicators*, 34, pp.372– 379.

Moreno-Mateos, D., Rey Benayas, J.M., Pérez-Camacho, L., de la Montaña, E., Rebollo, S., Cayuela, L., 2011. Effects of land use on nocturnal birds in a Mediterranean agricultural landscape. *Acta Ornithologica*, 46(2), pp.173-182.

Neel, M.C., McGarigal, K., Cushman, S.A., 2004. Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. *Landscape Ecology*, 19, pp.435-455.

Neumann, J.L., Griffiths, G.H., Foster, C.W., Holloway, G.J., 2016. The heterogeneity of wooded-agricultural landscape mosaics influences woodland bird community assemblages. *Landscape Ecology*, 31, pp.1833-1848.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H., 2017. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-2. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan> [Accessed: 2/3/2017].

Oksanen, J., 2015. Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial. Available at: <http://cc.oulu.fi/~jarioksa/opetus/metodi/vegantutor.pdf> [Accessed: 2/3/2017].

Olea, P.P., Mateo-Tomás, P., de Frutos, Á., 2010. Estimating and Modelling Bias of the Hierarchical Partitioning Public-Domain Software: Implications in Environmental Management and Conservation. *Plos One*, 5(7), pp.1-7.

O'Neill, R.V., Krummel, J.R., Gardner, R.H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D.L., Milne, B.T., Turner, M.G., Zygmunt, B., Christensen, S.W., Dale, V.H., Graham, R.L., 1988. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1(3), pp153-162.

Opdam, P., Foppen, R., Vos, C., 2002. Bridging the gap between ecology and spatial planning in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 16, pp.767-779.

- Peng, J., Wang, Y., Zhang, Y., Wu, J., Li, W., Li, Y., 2010. Evaluating the effectiveness of landscape metrics in quantifying spatial patterns. *Ecological Indicator*, 10, pp.217-223.
- Pickett, S.R.A and Siriwardena, G.M., 2011. The relationship between multi-scale habitat heterogeneity and farmland bird abundance. *Ecography*, 34, pp.955-969.
- R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Reif, J., Jiguet, F., Šťastný, K., 2010. Habitat specialization of birds in the Czech Republic: comparison of objective measures with expert opinion. *Bird Study*, 57(2), pp.197-212.
- Reis, E., López-Iborra, G.M., Pinheiro, R.T., 2012. Changes in bird species richness through different levels of urbanization: Implications for biodiversity conservation and garden design in Central Brazil. *Landscape and Urban Planning*, 107, pp.31-42.
- Rommel, T.K., Csillag, F., 2003. When are two landscape pattern indices significantly different? *Journal of Geographical Systems*, 5, pp.331-351.
- Riitters, K.H., O'Neil, R.V., Hunsaker, C.T., Wickham, J.D., Yankee', D.H., Timmins, S.P., Jones, K.B., Jackson, B.L., 1995. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*, 10(1), pp.23-39.
- Ritchie, L.E., Betts, M.G., Forbes, G., Vernes, K., 2009. Effects of landscape composition and configuration on northern flying squirrels in a forest mosaic. *Forest Ecology and Management*, 257, pp.1920-1929.
- Robertson, M.P., Cumming, G.S., Erasmus, B.F.N., 2010. Getting the most out of atlas data. *Diversity and Distributions*, 16, pp.363-375.
- Saab, V., 1999. Importance of spatial scale to habitat use by breeding birds in riparian forests: A hierarchical analysis. *Ecological Applications*, 9(1), pp.135-151.
- Schindler, S., vonWehrden, H., Poirazidis, K., Hochachka, W.M., Wrбка, T., Kati, V., 2015. Performance of methods to select landscape metrics for modelling species richness. *Ecological Modelling*, 295, pp.107-112.
- Schindler, S., vonWehrden, H., Poirazidis, K., Wrбка, T., Kati, V., 2013. Multiscale performance of landscape metrics as indicators of species richness of plants, insects and vertebrates. *Ecological Indicators*, 31, pp.41- 48.
- Schindler, S., Poirazidis, K., Wrбка, T., 2008. Towards a core set of landscape metrics for biodiversity assessments: A case study from Dardia National Park, Greece. *Ecological Indicators*, 8, pp.502-514.
- Schlossberg, S., King, D.I., 2009. Modeling Animal Habitats Based on Cover Types: A Critical Review. *Environmental Management*, (43), pp.609-618.
- Seoane, J., Bustamante, J., Díaz-Delgado, R., 2004. Are existing vegetation maps adequate to predict bird distributions? *Ecological Modelling*, 175, pp.137-149.

Sergio, F., Newton, I., 2003. Occupancy as a measure of territory quality. *Journal of Animal Ecology*, 72, pp.857–865.

Skórka, P., Martyka, R., Wójcik, J.D., 2006. Species richness of breeding birds at a landscape scale: which habitat type is the most important? *Acta Ornithologica*, 41(1), pp.49-54.

Smith, A.C., Fahrig, L., Francis, C.M., 2011. Landscape size affects the relative importance of habitat amount, habitat fragmentation, and matrix quality on forest birds. *Ecography*, 34, pp.103-113.

Stein, A., Holger Kreft, H., 2015. Terminology and quantification of environmental heterogeneity in species-richness research. *Biological Reviews*, 90, pp.815-836.

Stevenson-Holt, C.D., Watts, K., Bellamy, C.C., Nevin, O.T., Ramsey, A.D., 2014. Defining Landscape Resistance Values in Least-Cost Connectivity Models for the Invasive Grey Squirrel: A Comparison of Approaches Using Expert-Opinion and Habitat Suitability Modelling. *Plos One*, 9(11).

ter Braak, C.J.E, 1986. Canonical Correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5), pp.1167-1179.

ter Braak, C.J.E, Verdonschot, P.E.M., 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 57(3), pp.255-289.

Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielborger, K., Wichmann, M.K., Schwager, M., Jeltsch, F., 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31, pp.79-92.

Thornton, D.H., Branch, L.C., Sunquist, M.E., 2011. The influence of landscape, patch, and within-patch factors on species presence and abundance: a review of focal patch studies. *Landscape Ecology*, 26, pp.7-18.

Thuiller, W., Araújo, M.B., Lavorel, S., 2004. Do we need land-cover data to model species distributions in Europe? *Journal of Biogeography*, 31, pp.353–361.

Titeux, N., Marc Dufrêne, M., Jacob, J.P., Paquay, M., Defourny, P., 2004. Multivariate analysis of a fine-scale breeding bird atlas using a geographical information system and partial canonical correspondence analysis: environmental and spatial effects. *Journal of Biogeography*, 31, pp.1841-1856.

Tryjanowski, P., Hartel, T., Báldi, A., Szymański, P., Tobolka, M., Herzon, I., Goławski, A., Konvička, M., Hromada, M., Jerzak, L., Kujawa, K., Lenda, M., Orłowski, G., Panek, M., Skórka, P., Sparks, T.M., Tworek, S., Wuczyński, A., Żmihorski, M., 2011. Conservation of farmland birds faces different challenges in Western and Central-Eastern Europe. *Acta Ornithologica*, 46(1), pp.1-12.

Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Didham, R.K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T.O., Dormann, C.F., Ewers, R.M., Fründ, J., Holt, R.D., Holzschuh, A., Klein, A.M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D.A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sodhi, N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., van der Putten, W.H., Westphal, C., 2012.

Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews*, 87, pp.661–685.

Tsianou, M.A., Koutsias, N., Mazaris, A.D., Kallimanis, A.S., 2016. Climate and landscape explain richness patterns depending on the type of species' distribution data. *Acta Oecologica*, 74, pp.19-27.

Turner, M.G., 1989. Landscape Ecology: The effect of pattern on process. *Annual Reviews on Ecological Systems*, 20, pp.171-197.

Turner, M.G. and Gardner, R.H., 2015. *Landscape Ecology in theory and practice, Pattern and process*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Springer-Verlag.

Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R., Mander, U., 2009. Landscape Metrics and Indices: An Overview of Their Use in Landscape Research. *Living Reviews in Landscape Research*, 3(1), pp.1-28.

Van Horne, B., 1983. Density as a Misleading Indicator of Habitat Quality. *The Journal of Wildlife Management*, 47(4), pp. 893-901.

Villard, M.A., Metzger, J.P., 2014. Beyond the fragmentation debate: a conceptual model to predict when habitat configuration really matters. *Journal of Applied Ecology*, 51, pp.309-318.

Vallecillo, S., Maes, J., Polce, C., Lavallo, C., 2016. A habitat quality indicator for common birds in Europe based on species distribution models. *Ecological Indicators*, 69, pp.488-499.

Vogiatzakis, I., Stirpe, M.T., Rickebusch, S., Metzger, M., Xu, G., Rounsevell, M., Bommarco, R., Potts, S., 2015. Rapid assessment of historic, current and future habitat quality for biodiversity around UK Natura 2000 sites. *Environmental Conservation*, 42(1), pp.31-40.

Wagner, H.H., 2004. Direct multi-scale ordination with Canonical Correspondence Analysis. *Ecology*, 85(2), pp. 342–351.

Walsh, C., Mac Nally, R., 2013. hier.part: Hierarchical Partitioning. R package version 1.0-4. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=hier.part> [Accessed 14/3/2017].

Walther, B.A., Martin, J.L., 2001. Species richness estimation of bird communities: how to control for sampling effort? *Ibis*, 143, pp.413-419.

Walz, U., Syrbe, R.U., 2013. Linking landscape structure and biodiversity. *Ecological Indicators*, 31, pp.1-5.

Xu, C., Huang, Z.Y.X., Chi, T., Chen, B.J.W., Zhang, M., Liu, M., 2014. Can local landscape attributes explain species richness patterns at macroecological scales? *Global Ecology and Biogeography*, 23, pp.436–445.

Yuan, Y., Zeng, G., Liang, J., Li, X., Li, Z., Zhang, C., Huang, L., Lai, X., Lu, L., Wu, H., Yu, X., 2014. Effects of landscape structure, habitat and human disturbance on birds: A case study in East Dongting Lake wetland. *Ecological Engineering*, 67, pp.67-75.

Zlinszky, A., Heilmeier, H., Balzter, H., Czúcz, B., Pfeifer, N., 2015. Remote Sensing and GIS for Habitat Quality Monitoring: New Approaches and Future Research. *Remote Sensing*, 7, pp.7987-7994.

Κωνσταντίνου, Γ., Παναγίδης, Ι., 2013. *Κύπρος και Γεωλογία: Επιστήμη, Περιβάλλον, Πολιτισμός*. Λευκωσία: Πολιτιστικό Ίδρυμα Τραπέζης Κύπρου.

Πετρίδης, Δ., 2015. *Ανάλυση πολυμεταβλητών τεχνικών: Εφαρμογές περιπτώσεων*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο ηλεκτρονικά στο <http://hdl.handle.net/11419/2126> [Accessed 28/4/2017].

Τσιντίδης, Τ., Χριστοδούλου, Χ.Σ., Δεληπέτρου, Π., Γεωργίου, Κ., 2007. *Το κόκκινο βιβλίο της χλωρίδας της Κύπρου*. Λευκωσία: Φιλοδασικός Σύνδεσμος Κύπρου. Διαθέσιμο ηλεκτρονικά στο: [http://zslsites.org/assets/nrl/Red\\_Data\\_Book\\_of\\_Cyprus\\_Flora.pdf](http://zslsites.org/assets/nrl/Red_Data_Book_of_Cyprus_Flora.pdf) [Accessed 26/5/2017].