

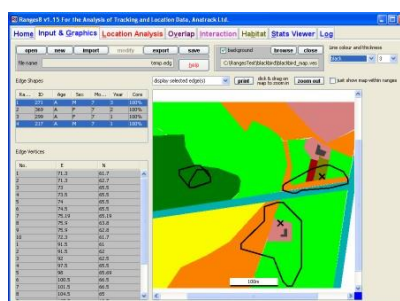
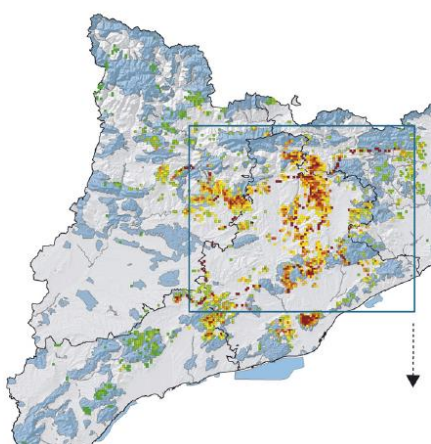
ΑΤΕΙ ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Οικολογίας

«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΓΡΙΑΣ ΠΑΝΙΔΑΣ»

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ



Δρ. Κωσταντίνος Ποϊραζίδης

Ζάκωνθος ΙΟΥΝΙΟΣ 2016

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σημειώσεις που ακολουθούν έχουν συνταχθεί για να καλύψουν τις εκπαιδευτικές ανάγκες στο εργαστηριακό μάθημα «Διαχείρισης Άγριας Πανίδας» των φοιτητών του Τμήματος Τεχνολόγων Περιβάλλοντος στη Ζάκυνθο, του ΑΤΕΙ Ιονίων Νήσων και αποτελούν σύνοψη των βασικών εννοιών που διδάσκονται στο αντίστοιχο μάθημα.

Για τη σύνταξη τους έχουν συνεισφέρει διάφοροι συνεργάτες, οι οποίοι αναφέρονται στα επιμέρους κεφάλαια.

Συνολικά οι εργαστηριακές σημειώσεις αποτελούνται από πέντε κύριες ενότητες, όπου σε κάθε ενότητα οι σπουδαστές καλούνται να ασκηθούν με πραγματικά δεδομένα (στο πεδίο ή στον Η/Υ) και να συντάσσουν ειδική αναφορά με τα αποτελέσματα τους.

Οι ενότητες αυτές είναι:

1. Βιοπαρακολούθηση Άγριας Πανίδας
2. Πειραματικός σχεδιασμός
3. Καταλληλότητα βιοτόπου
4. Χρήση / επιλογή βιοτόπου
5. Τροφικές συνήθειες

Δρ. Κ. Ποϊραζίδης

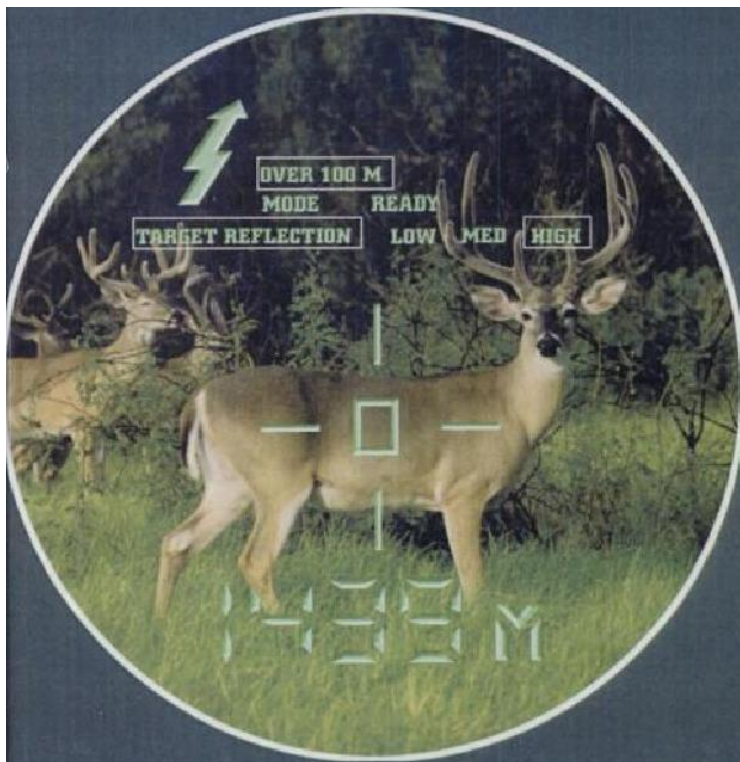
ΕΝΟΤΗΤΑ 1

Βιοπαρακολούθηση άγριας πανίδας

Κ. Ποϊραζίδης¹, Βασιλική Κατή², & Γ. Καρρής¹

¹ ΑΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Τμήμα Τεχνολογίας Περιβάλλοντος και Οικολογίας

² Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Αγρίνιο



Για να προβλέψουμε τη μελλοντική πορεία του πληθυσμού ενός είδους, θα πρέπει να μετρήσουμε τα άτομα που αποτελούν σήμερα τον πληθυσμό και να παρακολουθούμε την εξέλιξη του πληθυσμιακού του μεγέθους στο μέλλον.

Η βιοπαρακολούθηση (biomonitoring) είναι εξαιρετικά απαραίτητη για την προστασία διαχείριση απειλούμενων ειδών. Ανάμεσα στα βασικά ερωτήματα που θα πρέπει να απαντήσουμε είναι:

Με ποιες μεθόδους οι επιστήμονες υπολογίζουν το μέγεθος του πληθυσμού των άγριων ζώων;

Πώς ερμηνεύουν τα αποτελέσματά τους;

Πώς διαχειρίζονται το πρόβλημα της ανακρίβειας των δεδομένων τους;

Τι είναι τα σχέδια δράσης (action plans) των ειδών της άγριας πανίδας ;

Μέθοδοι βιοπαρακολούθησης

Οι βιολόγοι διατήρησης (*conservation biologists*) που εργάζονται για την διατήρηση των πληθυσμών ενός απειλούμενου είδους, πρέπει να γνωρίζουν εάν ο πληθυσμός του είδους αυξάνεται, μειώνεται, ή παραμένει σταθερός. Χωρίς αυτές τις πληροφορίες, δεν μπορούμε να προγραμματίσουμε με σωστό τρόπο τη διαχείριση του πληθυσμού, ώστε να αυξήσουμε σταδιακά το πληθυσμιακό του μέγεθος σε τέτοια επίπεδα ώστε να μην απειλείται πια με εξαφάνιση. Για τα πλέον απειλούμενα είδη συντάσσονται εθνικά ή και διεθνή σχέδια δράσης (*international action plans*). Στα διεθνή σχέδια δράσης συμμετέχουν πολλοί επιστήμονες από διαφορετικές χώρες, οι οποίοι καταγράφουν με ενιαία μεθοδολογία το πληθυσμιακό μέγεθος του είδους στη χώρα τους, το ενδιαίτημά του, τις οικολογικές του απαιτήσεις, την ηθολογία του, και επιπλέον τις απειλές και τους περιβαλλοντικούς ή ανθρωπογενείς παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωσή του. Στο τέλος, τα δεδομένα εισέρχονται σε κοινή βάση δεδομένων, αναλύονται συγκριτικά και συντάσσεται ένα ενιαίο σχέδιο δράσης, το οποίο θέτει τεκμηριωμένα στόχους και συγκεκριμένα μέτρα διαχείρισης του είδους για την επιβίωσή του.

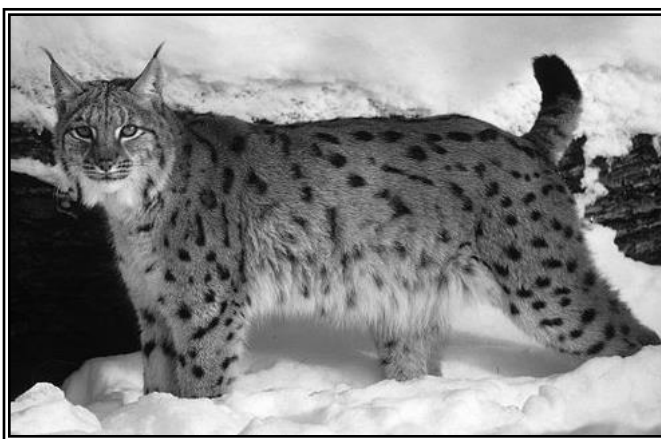
Η ελάχιστη γνώση που απαιτείται για να προβλέψουμε τη μέγεθος του πληθυσμού ενός είδους στο χρόνο είναι η εκτίμηση του παρόντος μεγέθους του πληθυσμού και του ρυθμού αύξησής του. **Πως καθορίζουμε το πληθυσμιακό μέγεθος ενός είδους σε μια ορισμένη περιοχή μελέτης;**

Ανάλογα με την ευκολία παρατήρησης των ατόμων ενός πληθυσμού ή τη δυνατότητα εφαρμογής σε ολόκληρο τον πληθυσμό ή σε τμήμα του, οι μέθοδοι απογραφής διακρίνονται στις απογραφικές μεθόδους (όπου καταγράφεται ολόκληρος ο πληθυσμός) και στις δειγματοληπτικές μεθόδους. Οι τελευταίες διαχωρίζονται στις **άμεσες μέθοδοι**, όπου καταγράφεται τμήμα του πληθυσμού σε καθορισμένη χωρική επιφάνεια και στις **έμμεσες δειγματοληπτικές μέθοδοι**, όπου αναφέρονται σε ενδείξεις παρουσίας των ατόμων της άγριας πανίδας και όχι στα άτομα του ίδιου πληθυσμού.

1. Απογραφικές μέθοδοι πληθυσμών

(α) Αναγνώριση των ατόμων

Ο ακριβέστερος τρόπος να καταμετρήσουμε έναν πληθυσμό είναι να αναγνωρίσουμε κάθε άτομο με βάση τα ιδιαίτερα ατομικά χαρακτηριστικά του και την ηλικία του. Είναι δυνατόν να αναγνωριστούν όλα τα άτομα ενός είδους μόνο στην περίπτωση των πολύ μικρών πληθυσμών, όπως ισχύει για κάποια απειλούμενα με εξαφάνιση είδη. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο Ευρωπαϊκός λύγκας (*Lynx lynx*) που ζει στο παρθένο δάσος της Bialowieza στην Πολωνία



(http://www.unep-wcmc.org/protected_areas/data/wh/bialowie.html) και ο πληθυσμός του έχει εκτιμηθεί ότι αριθμεί 40-60 άτομα (Jedrzejewski W., et al. 1996. Population dynamics (1869-1994), demography and home ranges of the lynx in Bialowieza Primeval Forest (Poland and Belaruss). *Ecography*, 19: 122-138).

Μια παραλλαγή αυτής της μεθόδου εκμεταλλεύεται ακουστικά ερεθίσματα. Αρκετά ζώα απαντούν αν χρησιμοποιηθεί η φωνή τους για κάλεσμα. Σε αυτή την περίπτωση είναι δυνατός ο εντοπισμός σχεδόν του συνόλου των ατόμων, σε είδη που γενικά είναι δύσκολη η παρατήρηση τους. Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοσθεί με επιτυχία στο Τσακάλι (*Canis aureus*) και αρκετά είδη νυκτόβιων αρπακτικών, όπου με τη βοήθεια των καλεσμάτων μπορούν να εντοπιστούν σχεδόν όλες οι ομάδες που βρίσκονται σε μια περιοχή.

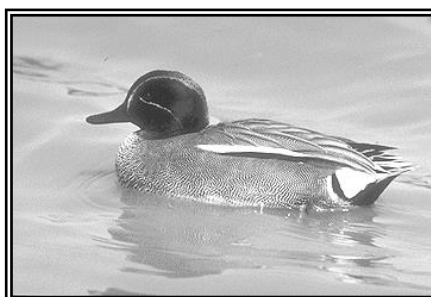
(β) Εναέρια καταμέτρηση

Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την καταγραφή μεγάλων ζώων που αριθμούν χιλιάδες άτομα και μεταναστεύουν ομαδικά σε μεγάλες πεδινές εκτάσεις, όπου έχουμε άριστη ορατότητα. Η καταμέτρηση γίνεται με μικρό αεροπλάνο ή ελικόπτερο. Η απογραφή των ταράνδων (*Rangifer tarandus*) στην τούνδρα είναι πολύ δύσκολο να γίνει με άλλη μέθοδο, καθώς αριθμούν 5 εκατομμύρια άτομα στην Ευρασία. Ένα άλλο παράδειγμα είναι οι εναέριας μετρήσεις ελεφάντων σε ανοικτές περιοχές της Αφρικής.

(γ) Σάρωση βιοτόπου & επί τόπου καταμέτρηση

Με βάση αυτή τη μέθοδο, πολλοί ερευνητές σαρώνουν οπτικά ταυτόχρονα το βιότοπο του είδους, και καταγράφουν τα άτομα του πληθυσμού σημειώνοντας τις μετακινήσεις τους και την ώρα καταγραφής, ώστε να αποφεύγονται οι διπλομετρήσεις. Είναι η συνηθέστερη και απλούστερη μέθοδος με την οποία μπορούμε να συλλέξουμε συγκρίσιμα δεδομένα στο χρόνο με τρόπο γρήγορο, απλό και όχι ιδιαίτερα δαπανηρό.

Ένα παράδειγμα ετήσιας εφαρμογής της μεθόδου σε διεθνή κλίμακα είναι οι μεσοχειμωνιάτικες καταμετρήσεις (*midwinter*) των υδροβίων πουλιών που διαχειμάζουν στους υγροτόπους. Το πρόγραμμα πραγματοποιείται σε περισσότερες από 100 χώρες, με τη συμμετοχή εθελοντών ορνιθολόγων υπό το συντονισμό της διεθνούς ένωσης για την προστασία των πουλιών (BirdLife International) (<http://www.birdlife.org/>).



Και η χώρα μας, μέσω της Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρίας (<http://www.ornithologiki.gr/>), συμμετέχει στο μεγάλο αυτό πρόγραμμα βιοπαρακολούθησης των υδροβίων πουλιών, με τη βοήθεια 200 και πλέον εθελοντών ορνιθολόγων, οι οποίοι καλύπτουν κάθε χρόνο τον Ιανουάριο 17 υγροτόπους της Ελλάδας. Χάρη σε αυτήν την προσπάθεια γνωρίζουμε σήμερα π.χ. ότι στη χώρα μας

διαχειμάζουν κατά μέσο όρο 323.562 υδρόβια πουλιά και έχουμε μια εκτίμηση της πληθυσμιακής τους τάσης κάθε χρόνο.

Γνωρίζουμε ακόμη ότι τα πουλιά με τους μεγαλύτερους διαχειμάζοντες πληθυσμούς είναι το κικίρι (φώτο), η φαλαρίδα και το σφυριχτάρι, ή ακόμη ότι στη λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου διαχειμάζουν ετησίως περίπου 35.000 πουλιά (Καζαντζίδης κ.α. 2007. Οι μεσοχειμωνιάτικες σε αριθμούς. Οικονόμος 31: 14).

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επί τόπου καταμέτρηση είναι η μόνη μέθοδος που μπορούμε να εφαρμόσουμε, όταν το ζώο είναι ιδιαίτερα σπάνιο και δύσκολο να παρατηρηθεί ή όταν η σύλληψή του ενέχει κινδύνους για τη ζωή του. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η καταγραφή των πληθυσμών του αγριόγιδου (*Rupicapra rupicapra balcanica*), ενός σπάνιου είδους θηλαστικού που ζει στα απόκρημνα ψηλά βουνά της χώρας μας.



Κάθε χρόνο στα τέλη του Οκτωβρίου 3-5 ομάδες εθελοντών ορειβατών και

επιστημόνων κατανέμονται έτσι στις ψηλές κορυφές του όρους Τύμφη (Β. Πίνδος), ώστε να έχουν αυξημένο πεδίο ενόρασης σε όλα τα ενδιαίτηματα άνω των 1500μ. Αυτήν την εποχή τα ζώα ενώνονται σε χαρέμια και ανεβαίνουν πάνω από δασόριο για να ζευγαρώσουν. Οι επιστήμονες σαρώνουν οπτικά τα υποαλπικά λιβάδια και τις βραχώδεις εξάρσεις (>1500μ), τον τυπικό δηλαδή φθινοπωρινό ενδιαίτημα του είδους. Όταν εντοπίσουν κοπάδι ή μεμονωμένα άτομα καταγράφουν τον αριθμό των ατόμων, τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του κοπαδιού (αριθμός θηλυκών/αρσενικών, ηλικιακή δομή με βάση το μέγεθος των κεράτων), τη θέση του, την κατεύθυνση που μετακινείται και την ώρα καταγραφής. Τα αποτελέσματα όλων των ομάδων συγκεντρώνονται σε μια ενιαία βάση δεδομένων, συγκρίνονται, αφαιρούνται οι διπλομετρήσεις και γίνεται εκτίμηση του πληθυσμιακού μεγέθους του είδους. Έτσι για παράδειγμα γνωρίζουμε σήμερα πως ο πληθυσμός του είδους παρουσιάζει μια ελαφρά αύξηση στο όρος Τύμφη από 118 άτομα (2001) σε 155 (2006) (<http://www.rupicapra.gr/>).

Όταν οι βιότοποι των ειδών προς μελέτη είναι σε διαφορετικές απομακρυσμένες μεταξύ τους περιοχές και λόγω της οικολογίας των ειδών δεν παρατηρούνται συχνές

μετακινήσεις πληθυσμών μεταξύ αυτών, δεν απαιτείται ταυτόχρονη σάρωση των βιοτόπων από πολλούς επιστήμονες, αλλά επαρκεί η καταμέτρηση των πληθυσμών από έναν ερευνητή την ίδια βέβαια εποχή του έτους. Η καταμέτρηση των πληθυσμών των ερωδιών της Ελλάδας στις 31 διαφορετικές αποικίες τους στους υγροτόπους της Ελλάδας αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα (Υφαντής Γ. και Σ. Καζαντζίδης, 2004. *Καταγραφή των αποικιών των ερωδιών στην Ελλάδα. Τελική αναφορά. Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Αθήνα. 53 σελ.*).

2. Δειγματοληπτικές μέθοδοι

Από τη στιγμή που δεν είναι δυνατόν να μετρηθεί το σύνολο ενός πληθυσμού (και αυτό είναι η συνηθέστερη περίπτωση, ιδιαίτερα σε κοινότερα είδη ή σε είδη που έχουν μεγάλες περιοχές ενδημίας), εφαρμόζουμε δειγματοληπτικές τεχνικές σε καθορισμένες χωρικές ενότητες ακολουθώντας κάποια στατιστική ανάλυση στα αποτελέσματα των δειγματοληψιών υπολογίζεται η αφθονία. Μια πληθώρα άμεσων και έμμεσων δειγματοληπτικών μεθόδων έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό του πληθυσμού όλων των ζωϊκών ταξινομικών μονάδων.

2.1 Άμεσες δειγματοληπτικές μέθοδοι

(α) Σύλληψη – επανασύλληψη (capture-recapture)

Η μέθοδος στηρίζεται στη συλλογή, σήμανση και επανασυλλογή των ατόμων. Η μέθοδος στοχεύει στο να συλληφθούν όσον το δυνατόν περισσότερα άτομα του είδους με τοποθέτηση παγίδων, πραγματοποίηση διαδρομών κτλ. Ο ερευνητής συλλαμβάνει, μαρκάρει και μετά απελευθερώνει το κάθε ζώο. Με βάση το ποσοστό των μαρκαρισμένων ατόμων που συλλαμβάνονται για δεύτερη φορά εκτιμάται το πραγματικό μέγεθος του πληθυσμού με τη βοήθεια ενός μαθηματικού τύπου.

ι) Κλειστός πληθυσμός: μέθοδος LincolnPetersen

Στην πιο απλή μορφή του και με την παραδοχή ότι ο πληθυσμός είναι «κλειστός» (όχι μετανάστευση, γεννήσεις και θάνατοι μεταξύ των δύο δειγματοληψιών) ο μαθηματικός τύπος (Lincoln-Petersen μέθοδος) είναι ο εξής:

$$N = (n1*n2)/m$$

N= το εκτιμώμενο πληθυσμιακό μέγεθος,

n1= αρ. συλληφθέντων ατόμων την πρώτη φορά

n2= αρ. συλληφθέντων ατόμων τη δεύτερη φορά

m=αρ. μαρκαρισμένων επανασυλληφθέντων ατόμων

Εάν τη δεύτερη φορά συλλαμβάνονται πολύ λίγα από τα ήδη συλληφθέντα και μαρκαρισμένα ζώα (m) και πολλά νέα μη μαρκαρισμένα ζώα, αυτό σημαίνει πως ο πληθυσμός είναι μεγάλος, καθώς η πιθανότητα να συλληφθούν ξανά τα άτομα που έχουν ήδη συλληφθεί είναι μικρή. Εάν αντίθετα πολλά από τα μαρκαρισμένα ζώα συλληφθούν ξανά τη δεύτερη φορά, αυτό σημαίνει πως το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού έχει περιληφθεί στην καταμέτρηση. Η μέθοδος αυτή είναι χρονοβόρα, αλλά δίνει αρκετά ακριβή αποτελέσματα.

Για την επιτυχή εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι απαραίτητη η τήρηση κάποιων προϋποθέσεων, που βασίζονται στην επαρκή γνώση της συμπεριφοράς του υπό μελέτη είδους.

Οι βασικές αυτές προϋποθέσεις περιλαμβάνουν:

- Ίση και ανεξάρτητη πιθανότητα σύλληψης όλων των ατόμων του πληθυσμού.
- Διατήρηση αναλογίας σημαδεμένων και μη σημαδεμένων ατόμων, χωρίς μεταβολές εξαιτίας επιλεκτικής θνησιμότητας, γέννησης ή διασποράς.
- Ομογενή κατανομή σημαδεμένων στο σύνολο του πληθυσμού

Ένα παράδειγμα καλής εφαρμογής της είναι η περιοχή του Κοτυχίου – Στροφυλιάς στην Πελοπόννησο. Στα πλαίσια ενός προγράμματος Life Φύση (2002) πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία της ερπετοπανίδας, ώστε να εκτιμηθεί το πληθυσμιακό μέγεθος της ενδημικής και προστατευόμενης κρασπεδωτής χελώνας (*Testudo marginata*).



Η περιοχή δειγματοληψίας είχε έκταση 5.3 ha και ο συνολικός πληθυσμός υπολογίστηκε ότι ανέρχεται στα 64 άτομα το 2004, δηλαδή μια μέση πυκνότητα πληθυσμού 12 άτομα /ha .

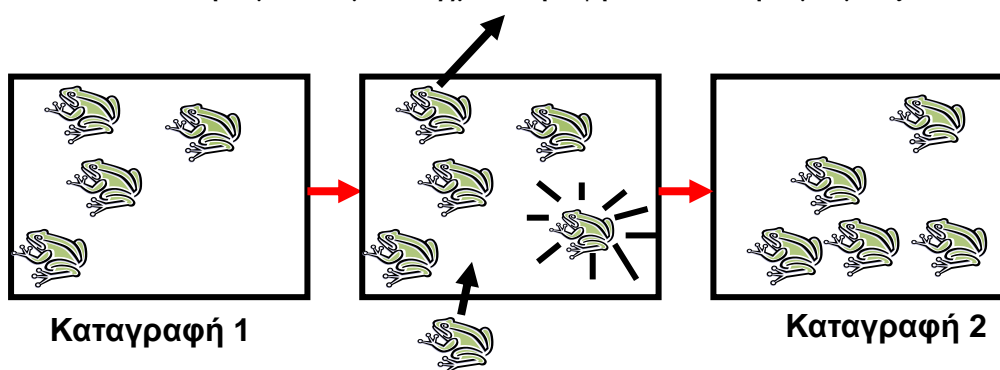
(<http://www.tedkaxaias.gr/ciks/bottomgreekerpeta.htm>)

ii) Ανοικτός πληθυσμός: μέθοδος Jolly- Seber

Οι ανοικτοί πληθυσμοί αλλάζουν σε μέγεθος συνεχώς, εξαιτίας γεννήσεων, θανάτων και μετανάστευσης και το καλύτερο μοντέλο για την ανάλυσή τους είναι αυτό των **Jolly-Seber**.

Η κρίσιμη ερώτηση, σε αυτή τη μέθοδο, για κάθε σημασμένο άτομο που συλλαμβάνεται είναι: «πότε αυτό το άτομο συνελήφθη τελευταία φορά;». Με αυτή την προσέγγιση, οι πληθυσμοί μπορούν να δειγματοληπτούνται για αρκετά χρόνια. Επιπροσθέτως το μοντέλο Jolly-Seber παρέχει εκτιμήσεις της πιθανότητας επιβίωσης καθώς και των ρυθμών "στρατολόγησης" και αραίωσης του πληθυσμού μεταξύ των χρόνων δειγματοληψίας.

Ανοικτοί πληθυσμοί: άτομα εισέρχονται ή αφήνουν τον πληθυσμό μεταξύ των καταγραφών



Για να εφαρμόσουμε τη μέθοδο Jolly- Seber, θα χρειαστεί να υπολογίσουμε τις εξής παραμέτρους:

M_i = αριθμός μαρκαρισμένων ατόμων στον πληθυσμό τη στιγμή που διενεργείται η i δειγματοληψία

N_i = αφθονία του πληθυσμού τη στιγμή που διενεργείται η i δειγματοληψία

Φ_i = το ποσοστό του πληθυσμού που επιβιώνει μεταξύ της i δειγματοληψίας και της επόμενης

B_i = ο αριθμός των ατόμων που εισέρχονται στον πληθυσμό μεταξύ της i δειγματοληψίας και της επόμενης (και επιβιώνουν)

Η βασική διαδικασία είναι:

1. Σύλληψη n ζώων στο χρόνο t_i
2. Έλεγχος αν κάθε ζώο είναι μαρκαρισμένο και καταγραφή α) σύνολο αρμακάριστων (u_i) β) Σύνολο μαρκαρισμένων(m_i)
3. Μαρκάρισμα όλων με ειδική σήμανση για την περίοδο αυτή και απελευθέρωση S_i (ίσο με n αν δεν έχουμε θνησιμότητα)

Πρόβλημα: Δεν ξέρουμε πόσα ζώα έχουμε μαρκαρισμένα στον πληθυσμό (M)

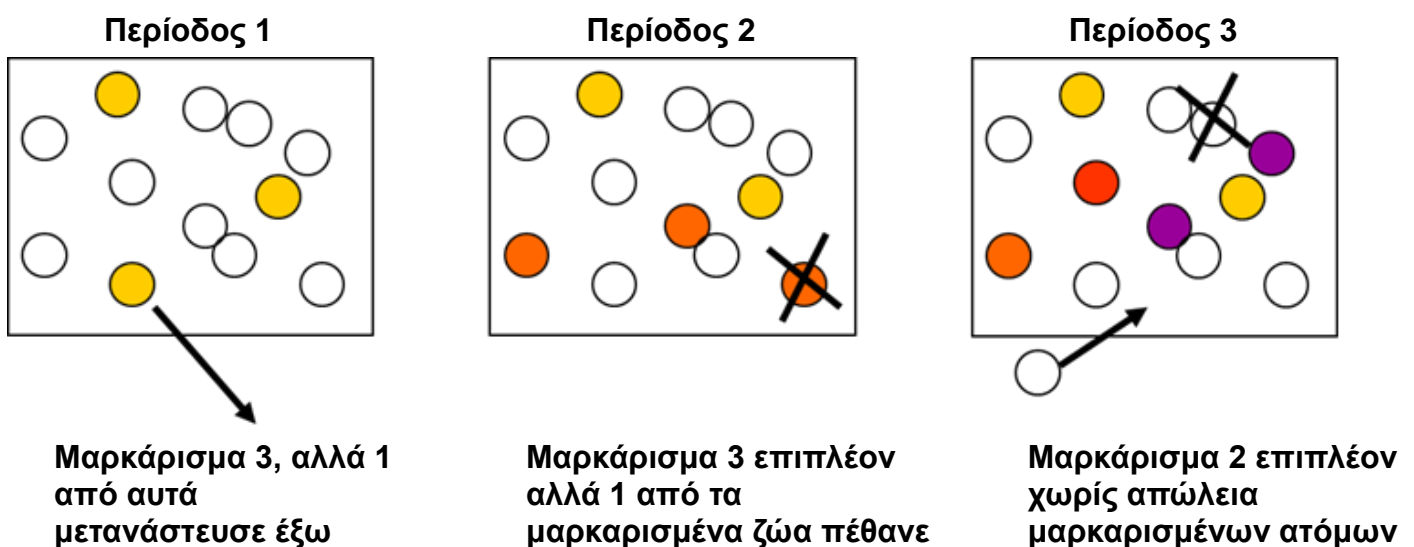
Δειγματοληψία 1: μαρκάρισμα 21 ζώα

Δειγματοληψία 2: μαρκάρισμα 41 ζώα

Δειγματοληψία 3 μαρκάρισμα 46 ζώα

Πόσα ζώα μαρκαρισμένα στο ξεκίνημα της περιόδου 4;

ΌΧΙ $21+41+46=108$, καθώς κάποια έχουν πεθάνει ή μετακινηθεί έξω από τον πληθυσμό.



Με τη μέθοδο Jolly – Seber μπορούμε να υπολογίσουμε:

1. Τον πληθυσμό N_i σε μια χρονική στιγμή i
2. Την πιθανότητα επιβίωσης Φ_i μεταξύ διαδοχικών δειγματοληψιών
3. Τον αριθμό των ατόμων B_i που εισέρχονται στον πληθυσμό μεταξύ διαδοχικών δειγματοληψιών και επιβιώνουν μέχρι την επόμενη δειγματοληψία

Ένα παράδειγμα

Διαμορφώνουμε έναν πίνακα με βάση τις συλλήψεις σε κάθε δειγματοληψία

Όπου n_i = αριθμός συλληφθέντων στην i th δειγματοληψία και R_i = αριθμός που απελευθερώθηκαν μετά το νέο μαρκάρισμα

☺ $n_i = R_i$ όταν ...

Αριθμός δειγματοληψιών					
i	1	2	3	4	5
n_i	54	146	169	209	220
R_i	54	143	164	202	214

Διαμορφώνουμε έναν πίνακα με βάση τις συλλήψεις σε κάθε δειγματοληψία

Μετά από κάθε δειγματοληψία σημειώνουμε τον αριθμό των μαρκαρισμένων από κάθε προηγούμενη δειγματοληψία.

Αριθμός δειγματοληψιών					
i	1	2	3	4	5
n_i	54	146	169	209	220
R_i	54	143	164	202	214
h					
1	0	10	3	5	2
2			34	18	8
3				33	13
4					30

Υπολογίζουμε τα αθροίσματα της κάθε σειράς (r_h = αριθμός ατόμων που, αφού μαρκαρίστηκαν στην i δειγματοληψία, συνελήφθησαν ξανά σε επόμενη δειγματοληψία ($i+1, i+2$ κτλ)).

Αριθμός δειγματοληψιών						
i	1	2	3	4	5	
ni	54	146	169	209	220	
Ri	54	143	164	202	214	
h						rh
1	0	10	3	5	2	20
2			34	18	8	60
3				33	13	46
4					30	30

Υπολογίζουμε τα αθροίσματα της κάθε στήλης (m_i = ο συνολικός αριθμός ατόμων σημασμένων την ημέρα i)

Αριθμός δειγματοληψιών						
i	1	2	3	4	5	
ni	54	146	169	209	220	
Ri	54	143	164	202	214	
h						rh
1	0	10	3	5	2	20
2			34	18	8	60
3				33	13	46
4					30	30
m_i	0	10	37	56	53	156

Την ημέρα i ο λόγος των σημασμένων προς τα μη σημασμένα στο δείγμα είναι....

$$m_i / n_i$$

Εάν το μέγεθος του πληθυσμού την ίδια ημέρα i είναι N_i και ο αριθμός των σημασμένων στον πληθυσμό είναι M_i , τότε ο αντίστοιχος λόγος στον πληθυσμό είναι

$$m_i / n_i = M_i / N_i$$

Επομένως $N_i = (M_i * n_i) / m_i$

Αν έχουμε μια εκτίμηση του M_i (αριθμός των σημασμένων στον πληθυσμό) μπορούμε να εκτιμήσουμε το μέγεθος του πληθυσμού.

M_i = αριθμός μαρκαρισμένων ατόμων στον πληθυσμό κατά την i δειγματοληψία

M_i

$$M_i = \{(R_i * Z_i) / r_i\} + m_i$$

Τα R_i (αριθμός ατόμων που απελευθερώνονται μετά την i δειγματοληψία), r_i , m_i τα έχουμε ήδη και χρειάζεται να υπολογίσουμε το Z_i (αριθμός των ατόμων που συνελήφθη πριν την i δειγματοληψία ($i-1$, $i-2$) και συνελήφθησαν ξανά σε κάποια επόμενη ($i+1$, $i+2$))

Για να γίνει αυτό διαμορφώνουμε ένα δεύτερο πίνακα (ή σε συνέχεια του πρώτου, όπου οι στήλες του σώματος είναι οι αθροιστικές του προηγούμενου πίνακα).

Αριθμός δειγματοληψιών						
i	1	2	3	4	5	
n_i	54	146	169	209	220	
R_i	54	143	164	202	214	
h						rh
1	0	10	3	5	2	20
2			34	18	8	60
3				33	13	46
4					30	30
m_i	0	10	37	56	53	156
αθροιστικός πίνακας						
1	0	10	3	5	2	
2			37	23	10	
3				56	23	
4					53	

Υπολογίζουμε τα Z_i = αριθμός των ατόμων που συνελήφθη πριν και μετά την i th δειγματοληψία χωρίς να υπολογίζονται τα άτομα της i th δειγματοληψίας

Αριθμός δειγματοληψιών						
i	1	2	3	4	5	
n_i	54	146	169	209	220	
R_i	54	143	164	202	214	
h						rh
1	0	10	3	5	2	20
2			34	18	8	60
3				33	13	46
4					30	30
m_i	0	10	37	56	53	156
αθροιστικός πίνακας						Z_i
1	0	10	3	5	2	10
2			37	23	10	33
3				56	23	23
4					53	53

Με τα στοιχεία του πίνακα υπολογίζουμε τις εκτιμήσεις των παραμέτρων του πληθυσμού

1. Πληθυσμός τη χρονική στιγμή i

$$M_i = \{(R_i * Z_i) / r_i\} + m_i \quad M_2 = \{(143 * 10) / 60\} + 10 = 33,8$$

$$\text{Και το } N_i = ??? \rightarrow N_i = (M_i * n_i) / m_i \quad N_2 = (33,8 * 146) / 10 = 494 \text{ άτομα}$$

2. Πιθανότητα επιβίωσης Φ μεταξύ διαδοχικών δειγματοληψιών

Δίνεται από τη σχέση

$$\Phi_i = M_{(i+1)} / R_i \quad \text{π.χ. } \Phi_2 = M_3 / R_2$$

Με το σύμβολο Φ_i εκφράζεται το ποσοστό του πληθυσμού που επιβιώνει μεταξύ της i th δειγματοληψίας και της $i+1$ th δειγματοληψίας (και παραμένει στον πληθυσμό).

$$\text{Με βάση το παράδειγμα: } M_i = \{(R_i * Z_i) / r_i\} + m_i \quad M_2 = \{(143 * 10) / 60\} + 10 = 33,8$$

$$\text{Και } \Phi_1 = M_2 / R_1 \quad \Phi_1 = 33,8 / 54 = 0,62, \quad \Phi_2 = M_3 / R_2 = 154,6 / 143 = 1,081$$

3. Αριθμός ατόμων που εισέρχονται στον πληθυσμό μεταξύ διαδοχικών δειγματοληψιών και επιβιώνουν μέχρι την επόμενη δειγματοληψία

$B_i = 0$ αριθμός των νέων ζώων που προστίθενται στον πληθυσμό στο διάστημα από i έως $i+1$ και που είναι ζώντα στον χρόνο $i+1$

$$B_i = N_{(i+1)} - \Phi_i (N_i - n_i + R_i) \quad \text{π.χ. } B_2 = N_3 - \Phi_2(N_2 - n_2 + R_2)$$

(β) Μέθοδος γραμμικής επιφάνειας - Διαδρομές (Transects)

Είναι μια παρόμοια μέθοδος επιτόπιας καταμέτρησης που πραγματοποιείται όταν δεν έχουμε τη δυνατότητα να σαρώσουμε όλο το βιότοπο του είδους. Σε αυτήν την περίπτωση, καταμετρώνται με συστηματικό τρόπο όλα τα άτομα του είδους μια ζώνη συγκεκριμένου εμβαδού και εξάγεται η πυκνότητα του πληθυσμού (άτομα/επιφάνεια). Στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται η πληθυσμιακή πυκνότητα με το σύνολο της επιφάνειας που αποτελεί βιότοπο του είδους και εκτιμάται το συνολικό πληθυσμιακό του μέγεθος με αναγωγή.

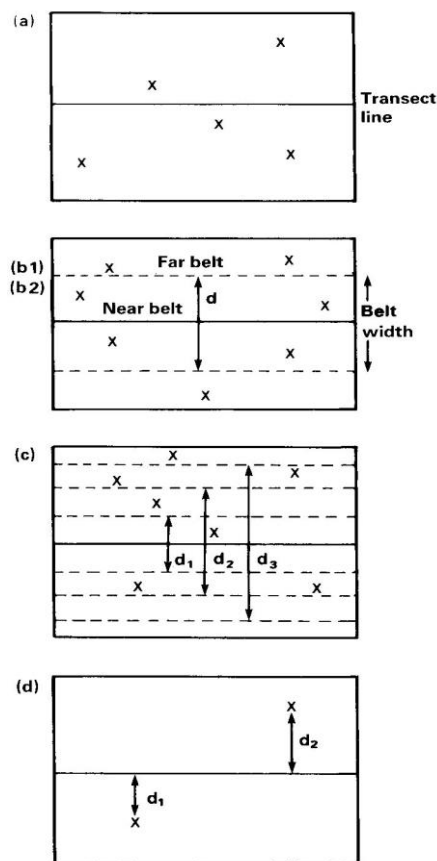
Προφανώς η μέθοδος είναι λιγότερο ακριβής, διότι δεν λαμβάνει υπ' όψη της τη δυνάμενη διαφορετική ποιότητα και άρα φέρουσα ικανότητα του βιοτόπου του είδους. Στη βασική μορφή αυτής της μεθόδου ο παρατηρητής διασχίζει περπατώντας μια περιοχή και καταμετρά τον αριθμό των προς μελέτη ζώων που απομακρύνονται καθώς πλησιάζει, ενώ υπολογίζει την απόσταση κάθε ατόμου από τη γραμμική διαδρομή. Τα αποτελέσματα μπορούν να αναχθούν σε πυκνότητα πληθυσμών με την κατάλληλη στατιστική επεξεργασία.

Διακρίνονται τρεις βασικοί τύποι διαδρομών:

- **Κάλυψη ζώνης.** Τα στοιχεία συλλέγονται από μια περιοχή σταθερού πλάτους που εκτείνεται εκατέρωθεν της διαδρομής.

- **Γραμμικές διαδρομές.** Για κάθε ζώο που παρατηρείται καταγράφεται η απόσταση και η γωνιά από το νοητό άξονα της διαδρομής. Τα αποτελέσματα δεν επηρεάζονται σημαντικά ακόμα και όταν υπάρχει αδυναμία παρατήρησης ορισμένων ατόμων.

- **Κάλυψη σημείων.** Μέθοδος αντίστοιχη των καταμετρήσεων σημείου, με τη διαφορά ότι όλα τα σημεία βρίσκονται πάνω σε μια συνεχόμενη διαδρομή.



Μια παραλλαγή της μεθόδου των διαδρομών αφορά μετρήσεις κατά μήκος των δρόμων με τη χρήση οχήματος. Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτή η ταχεία κάλυψη μεγάλων περιοχών χρησιμοποιώντας μόνο δύο άτομα και ένα όχημα. Η χρήση οχήματος είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική και στις καταμετρήσεις ειδών με χρήση προβολέα, σε είδη όπου είναι δύσκολη η συγκέντρωση στοιχείων σχετικής αφθονίας, όπως τα νυκτόβια θηλαστικά (λαγοί κλπ.).

Συνήθως η μέθοδος αυτή δίνει μόνο έναν δείκτη αφθονίας στις περιπτώσεις μετρήσεων μεγάλων θηλαστικών, αλλά αποτελεί μία από τις βασικές μεθόδους μέτρησης πυκνότητας πληθυσμών για τα αρπακτικά πουλιά. Η χρήση παγίδων τοποθετημένων σε γραμμική διάταξη για τη μελέτη μικροθηλαστικών (συνήθως τρωκτικών και εντομοφάγων), μπορεί να θεωρηθεί ότι στηρίζεται επίσης στη λογική της δειγματοληψίας των γραμμικών διαδρομών.

Δειγματοληψία ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ

Μέθοδος: Απλή σημειακή καταμέτρηση απεριόριστης ακτίνας (simple point counts/ I.P.A method)

Είναι παρόμοια μέθοδος με διάφορες μεθόδους καταμέτρησης από σημεία (οι λεγόμενες μέθοδοι point-counts) και είναι από τις πιο απλές και έχουν εφαρμοστεί εδώ και πολλές δεκαετίες σε όλο τον κόσμο. Μια κλασική προσέγγιση αυτής της σημειακής καταμέτρησης είναι γνωστή ως σημειακή καταμέτρηση απεριόριστης ακτίνας (ή I.P.A., indices ponctuels d'abandance) και έχει διάφορες εκφάνσεις στην εφαρμογή της με ποικιλία προσαρμογών. Η απλή αυτή μέθοδος μπορεί να λειτουργήσει και ως καλά οργανωμένη επισκόπηση τύπου «σάρωσης» μεγάλων περιοχών. Μεγάλη σημασία έχει να υπάρχουν πολλά σημεία καταμέτρησης για να δοθεί μια συνολική γενικευμένη εικόνα των αναπαραγόμενων ειδών σε όλη την περιοχή. Στην προκειμένη περίπτωση πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον 30 σταθμοί για κάθε επιλεγμένο τύπο οικοτόπου ή μακρο-ενδιαιτήματος¹.

¹ Έρευνες στις ΗΠΑ έχουν δείξει ότι ο αριθμός των τριάντα σταθμών σημειακών καταμετρήσεων ανά τύπου ενδιαιτήματος είναι ικανοποιητικός για να ορίσει μια ολοκληρωμένη δειγματοληψία της κοινότητας πουλιών σε χερσαία περιβάλλοντα (Ralph et al. 1995).

Η καλύτερη ώρα της ημέρας για την καταμέτρηση είναι μεταξύ 05:00 και 09:00 το πρωί. Αυτό εξαρτάται πάντα από την εποχή και δεν επιτρέπεται η συνέχιση της μετά από τις 10:00 ειδικά προς το τέλος της αναπαραγόμενης περιόδου (τέλη Ιουνίου). Η έναρξη μιας καταμέτρησης δεν πρέπει να διαφέρει περισσότερο από 30 λεπτά από αυτήν του πρώτου έτους εφαρμογής της καταμέτρησης στην περιοχή. Είναι επιθυμητό να αρχίζει η καταμέτρηση μέσα σε 15 λεπτά από την τοπική ανατολή ήλιου. Οι καταμετρήσεις πρέπει να αρχίσουν αμέσως, όταν φθάνει ο παρατηρητής στο σημείο καταγραφής.

- Καμιά συσκευή και καμιά μέθοδος προσέλκυσης των πουλιών δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί.
- Απαιτείται ακρίβεια μετρήσεων. Η περίοδος καταγραφής σε κάθε σημείο (*point*) είναι ακριβώς πέντε (5) λεπτά.

Πριν από τις καταμετρήσεις θα πρέπει να έχει προηγηθεί μια επίσκεψη σε κάθε σταθμό για να καθοριστούν τα σημεία από όπου θα συλλέγονται τα στοιχεία, αλλά και για να καταγραφεί προσεκτικά η περιοχή καταμέτρησης ως προς τα στοιχεία ενδιαφέροντος ενώ κάθε σημείο πρέπει να έχει μαρκαριστεί στο πεδίο.

Δειγματοληψία ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ

Καταγράφονται τα είδη (πουλιά) που γίνονται αντιληπτά καθώς βαδίζουμε σε προκαθορισμένες διαδρομές. Οι διαδρομές οριοθετούν επιμήκεις τομείς ή λωρίδες. Ιδανικά, καταγράφεται ταυτόχρονα και η κάθετη απόσταση του πουλιού από τη γραμμή βαδίσματος (ή εκτιμάται εμμέσως από την πλάγια απόσταση του πουλιού από τον παρατηρητή και τη γωνία μεταξύ γραμμής βαδίσματος – πουλιού - παρατηρητή).

Αν δεν μας ενδιαφέρει τόσο η απόλυτη απόσταση, μπορεί επίσης να θεωρείται η παρουσία κάθε πουλιού εντός μίας ή περισσότερων ζωνών που καθορίζουμε εκατέρωθεν της γραμμής βαδίσματος. Προσφέρεται ιδιαίτερα για μεγάλες περιοχές με ομοιογενές περιβάλλον.

Μέθοδος : Γραμμική δειγματοληψία διατομής (Variable Strip Transect Method).

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται μια γραμμική διαδρομή προκαθορισμένης απόστασης (1 Km ή περισσότερων Km) συνήθως σε συγκεκριμένο τύπο οικότοπο/ μακρο-ενδιαίτημα (δηλαδή σχετικά ομοιογενή τύπο ενδιαίτηματος, π.χ. ανοιχτό πευκοδάσος, κλειστό πευκοδάσος, ρεματιά). **Βασική αρχή της μεθόδου είναι η δυνατότητα επανάληψης της γραμμικής δειγματοληψίας κάθε χρόνο στην ίδια περιοχή, την ίδια εποχή και με τον ίδιο τρόπο.**

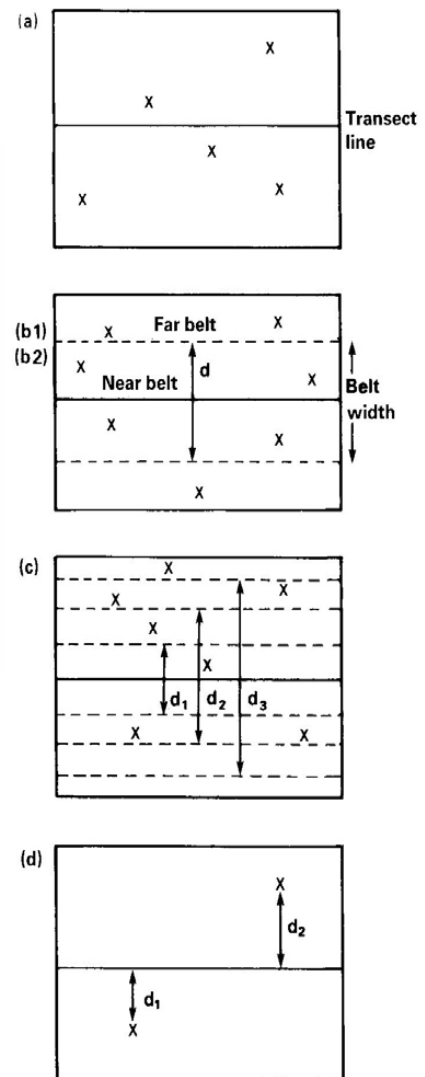
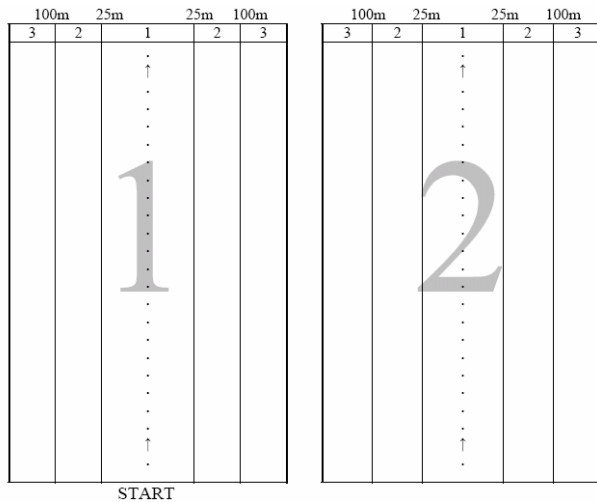
Οι παρατηρητές (εδώ προτείνεται να είναι δύο μαζί) ακολουθούν αυτή τη διαδρομή περπατώντας με μικρή ταχύτητα (περίπου 1 km/h) και καταγράφουν κάθε πουλί που εντοπίζουν με οπτικό ή ακουστικό τρόπο, εκτιμώντας ταυτόχρονα την κάθετη απόσταση των ατόμων αυτών από την κατεύθυνση της διαδρομής. Δεν ισχύουν κάποιοι περιορισμοί αποστάσεων στις παρατηρήσεις, ενώ τα πουλιά που πετούν πάνω από την περιοχή συνήθως δεν καταγράφονται, εκτός από την περίπτωση που χρησιμοποιούν ενεργά την περιοχή (στην εφαρμογή μας τα πουλιά που πετούν από πάνω καταγράφονται σε ξεχωριστή λίστα).

Συνήθως ακολουθείται προσεκτική προσέγγιση στον ορισμό χωροθέτησης των διατομών. Οι περιοχές δειγματοληψίας ορίζονται αφού η προς απογραφή περιοχή έχει χωριστεί σε τετράγωνα πλευράς 1 Km και έχουν επιλεγεί με τυχαίο τρόπο τα τετράγωνα δειγματοληψίας. Δύναται να οριστούν οι περιοχές και με το κριτήριο της αντιπροσωπευτικότητας για να ελέγχονται συγκεκριμένοι «αντιπροσωπευτικοί» τύποι οικοτόπων ή με συστηματικό τρόπο για να περιλαμβάνεται ένα ολοκληρωμένο σύνολο χωρικών ενότητες της προστατευόμενης περιοχής.

Ο παρατηρητής ξεκινάει τη δειγματοληψία από το προκαθορισμένο σημείο έναρξης (συνήθως δίπλα σε δρόμο πρόσβασης). Ακολουθώντας τη διαδρομή δειγματοληψίας, προχωράει με αργό βηματισμό, σταματώντας για σύντομα διαστήματα, ώστε να ακούσει κελαηδίσματα ή να σαρώσει το χώρο που βρίσκεται μπροστά του για πουλιά. Χρησιμοποιεί τη φόρμα καταγραφών πεδίου για να σημειώσει σε ποια δειγματοληπτική ζώνη (απόσταση από γραμμή δειγματοληψίας) έχει επισημάνει κάθε άτομο.

Κάθε καταγραφή πρέπει να καταχωρείται στον κατάλληλο τομέα δειγματοληψίας (που υποδεικνύει την απόσταση από το μονοπάτι που περπατούν οι παρατηρητές). Τα πουλιά καταγράφονται σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες με βάση την απόστασή τους από τη διαδρομή δειγματοληψίας:

- Ζώνες 25 m από κάθε πλευρά της διαδρομής δειγματοληψίας.
- Ζώνες μεταξύ 25 m και 50 m από κάθε πλευρά της διαδρομής δειγματοληψίας.
- Ζώνες σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 m από κάθε πλευρά της διαδρομής δειγματοληψίας.
- Πουλιά που διέρχονται πετώντας πάνω από την περιοχή δειγματοληψίας (σε οποιαδήποτε απόσταση). Στην κατηγορία αυτή δεν σημειώνονται τα πουλιά που μετακινούνται από σημείο σε σημείο μέσα στις ζώνες δειγματοληψίας αφού αυτά καταγράφονται στο σημείο του αρχικού εντοπισμού τους.



ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Όλα τα πουλιά στη διαδρομή έχουν ανακαλυφθεί

Τα πουλιά δεν μετακινήθηκαν πριν την καταγραφή

Οι αποστάσεις μετρώνται με ακρίβεια

Τα άτομα μετρώνται μόνο μία φορά και ανεξάρτητα από τα άλλα

Έχουν ληφθεί υπόψη σφάλματα παρατηρητών, εποχής και καιρού.

ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ vs ΣΗΜΕΙΩΝ

Τα «σημεία» πλεονεκτούν γιατί:

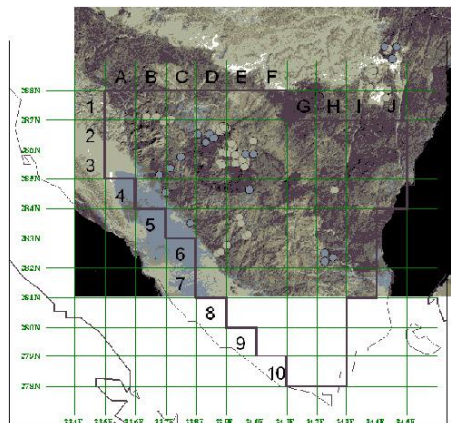
- Είναι ευκολότερο να διασπείρεις τα «σημεία», κατά τυχαίο τρόπο, σε σχέση με τις «διαδρομές».
- Μια ομοιόμορφα μοιρασμένη σειρά «σημείων» αποδίδει πιο αντιπροσωπευτικά συμπεράσματα σε σχέση με μερικές «διαδρομές» (ειδικά αν ο βióτοπος έχει τη μορφή πολύπλοκου «μωσαϊκού»).
- Είναι πιο αποδοτικά (εν σχέσει με τις διαδρομές, αφού χρειάζεται λιγότερη προσπάθεια για την κάλυψη ίδιας περιοχής).
- Πλεονεκτεί στις περιπτώσεις που η βλάστηση αποκλείει το βάδισμα σε μια συνεχή γραμμή.

Τα «σημεία» μειονεκτούν γιατί:

- Δεν γίνονται εύκολα αντιληπτά πουλιά που στην περίπτωση των «διαδρομών» θα ξεπετάγονταν μπροστά από τον περπατητή – καταγραφέα (γι' αυτό αποφεύγονται σε ανοιχτά ενδιαιτήματα).
- Σχετικές εκτιμήσεις πυκνότητας πληθυσμών παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόκλιση (εξαιτίας της δυσκολότερης εκτίμησης της απόστασης από τον παρατηρητή).

(γ) Κάναβος (Grid or spot mapping)

Βασίζεται στο χωρισμό της υπό μελέτη περιοχής σε εικονικά τετράγωνα και στην πραγματοποίηση δειγματοληψιών μέσα σε κάθε τετράγωνο χωριστά. Η πλευρά του τετραγώνου ποικίλει. Συνήθως για μελέτες σε εθνικό επίπεδο χρησιμοποιούνται τετράγωνα 10 x 10 km, ενώ σε κάποιες ειδικές περιπτώσεις όπως στη μελέτη τρωκτικών με παγίδες μπορεί να φτάσει στα 10 x 10 m ή ακόμα μικρότερη. Η καταγραφή πραγματοποιείται είτε με κάποια από τις προαναφερθείσες μεθόδους των διαδρομών είτε με πιο εξειδικευμένη έρευνα που σχετίζεται με τη συμπεριφορά των προς μελέτη ειδών.



2.2. Έμμεσοι μέθοδοι απογραφής πληθυσμών

(α) Καταγραφές κοπροσωρών

Ανήκουν στις μεθόδους «έμμεσης καταγραφής» (*indirect methods*), καθώς ελέγχουν την παρουσία των ζώων μέσω έμμεσων «βιοδηλωτικών» ενδείξεων και ειδικότερα των κοπροσωρών τους. Τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της πυκνότητας του πληθυσμού ανά ενδιαίτημα και, με αναγωγή, για την εκτίμηση του συνολικού πληθυσμού.

Κατά την εφαρμογή τους εντοπίζονται και καταγράφονται οι κοπροσωροί σε αντιπροσωπευτικές δειγματοληπτικές επιφάνειες, μορφής «λωρίδων» ή «γραμμών». Ο αριθμός των σωρών είναι ανάλογος των ζώων που έχουν περάσει από την περιοχή μελέτης κατά το προηγούμενο της καταγραφής διάστημα. Η πυκνότητα των ζώων υπολογίζεται με την εξίσωση (Mayle, 1999) :

$$(1) \text{ Πυκνότητα (αριθμός ζώων / ha)} = \frac{\text{Αριθμός κοπροσωρών / ha}}{\text{Ρυθμός αφόδευσης (κοπροσωροί/ημέρα)} \times \text{Μέσος χρόνος φθοράς κοπροσωρών (ημέρες)}}$$

Ο ρυθμός αφόδευσης (κοπροσωροί/ημέρα) πρέπει να εκτιμάται για τα ζώα της περιοχής. Υπολογίζεται σε ζώα που ζουν με «φυσική» σίτιση (ελάχιστη παρεχόμενη τροφή) και εντός «φυσικού» περιβάλλοντος (Marques, 2001). Π.χ. ο ρυθμός 25 κοπροσωρών/ημέρα για κάθε Κόκκινο Ελάφι (*Cervus elaphus*) γενικά γίνεται αποδεκτός στη διεθνή βιβλιογραφία (Mayle, 1999). Ο μέσος ρυθμός φθοράς των κοπροσωρών θα πρέπει να υπολογίζεται για κάθε περιοχή με την τοποθέτηση σωρών-μαρτύρων και τακτικό έλεγχο.

Η πυκνότητα που υπολογίζεται με την εξίσωση (1) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του συνολικού αριθμού ελαφιών ανά ενότητα, αφού:

$$\text{Πυκνότητα ενότητας} = \text{Σύνολο ατόμων ενότητας} / \text{Συνολική έκταση ενότητας}$$

Οπότε, ο αριθμός των ατόμων δίνεται από την εξίσωση:

$$\text{Σύνολο ατόμων ενότητας} = \text{Συνολική έκταση ενότητας} \times \text{Πυκνότητα ενότητας}$$

Υπάρχουν δύο παραλλαγές της μεθόδου:

A. Καταγραφή κοπροσωρών κατά μήκος λωρίδων (*standing crop strip transect counts*)

Οι δειγματοληπτικές επιφάνειες τύπου «λωρίδας» έχουν συγκεκριμένο, στενόμακρο, σχήμα και, ως εκ τούτου, έχουν σταθερό μήκος και πλάτος. Εδώ εντοπίζονται όλοι οι κοπροσωροί που βρίσκονται μέσα σε κάθε λωρίδα.

Για παράδειγμα, ως κοπροσωρός ορίζεται μια ομάδα από έξι (6) τουλάχιστον σβώλους (κακαράτζες-pellets) περιτωμάτων του Κόκκινου ελαφιού που προέρχονται σαφώς από ένα ζώο και αντιστοιχούν σε μία αφόδευση. Ο κοπροσωρός καταγράφεται ως μονάδα (1) εφόσον το μεγαλύτερο μέρος της ομάδας σβώλων βρίσκεται εντός της λωρίδας. Εάν το κέντρο μιας ομάδας σβώλων βρίσκεται ακριβώς στο όριο της λωρίδας υπολογίζεται ως «μισή μονάδα» (1/2).

B. Καταγραφή κοπροσωρών κατά μήκος γραμμών (*line transect counts*)

Οι κοπροσωροί καταμετρούνται με τη χρήση της δειγματοληπτικής τεχνικής «distance sampling», που απαιτεί τη μέτρηση της κάθετης απόστασης του κέντρου κάθε ορατού κοπροσωρού που γίνεται αντιληπτός από τη γραμμή κίνησης του ερευνητή. Η δειγματοληπτική τεχνική distance sampling συνδυάζεται με αντίστοιχα λογισμικά προγράμματα (π.χ. το λογισμικό Distance 5.0) το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως για τον υπολογισμό της αφθονίας διαφόρων ζώων.

Ο υπολογισμός της πυκνότητας γίνεται με βάση την παραδοχή ότι όσα ζώα ή άλλα βιοδηλωτικά στοιχεία (όπως οι κοπροσωροί) βρίσκονται ακριβώς πάνω στη γραμμή έρευνας γίνονται αντιληπτά σε ποσοστό 100%. Τα υπόλοιπα που βρίσκονται τριγύρω γίνονται αντιληπτά σε ποσοστό που περιορίζεται όσο μεγαλώνει η απόστασή τους από τη γραμμή έρευνας. Ο αριθμός των ευρημάτων εξαρτάται επίσης κάθε φορά από το ανάγλυφο και την πυκνότητα της βλάστησης εκατέρωθεν της γραμμής κίνησης. Το κλειδί στις αναλύσεις της τεχνικής αυτής είναι να βρεθεί κάθε φορά η «λειτουργία ανεύρεσης» (*detection function*) των αντικειμένων έρευνας ώστε να χρησιμοποιηθεί στην εκτίμηση των αντικειμένων που ουσιαστικά δεν παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της απογραφής. Με την μέτρηση της απόστασης των «αντικειμένων» μελέτης από το σημείο παρατήρησης εκτιμάται τελικά η πιθανότητα ανεύρεσης ενός αντικειμένου μελέτης εντός της δειγματοληπτικής επιφάνειας (Thomas et al. 2002).

(β) Καταγραφή ιχνών

Ορισμένα είδη – των οποίων η άμεση παρατήρηση είναι δύσκολη – αφήνουν ευδιάκριτα ίχνη. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν γραμμικές διαδρομές σε περιοχές με κατάλληλο υπόστρωμα για αποτύπωση ιχνών (λάσπη, χιόνι κλπ.). Η πυκνότητα των ιχνών αποτελεί μόνον έναν σχετικό δείκτη αφθονίας και έτσι η εξαγωγή συμπερασμάτων που βασίζεται μόνο σε τέτοια στοιχεία απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή.

(γ) Μέθοδος ερωτηματολογίων

Στην περίπτωση που δεν έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε έρευνα πεδίου για την απ' ευθείας καταμέτρηση των ατόμων των ειδών ή πριν από την έρευνα πεδίου για την άντληση αρχικών πληροφοριών μπορούμε να έχουμε πληροφορίες είτε για την περιοχή εξάπλωσης ενός είδους είτε μια εικόνα της πληθυσμιακής κατάστασης και της πληθυσμιακής τάσης τους, με τη βοήθεια της κοινωνικής έρευνας και στατιστικής, διαμοιράζοντας ερωτηματολόγια σε ομάδες ανθρώπων που σχετίζονται με το ζώο. Η μέθοδος αυτή είναι προφανώς πολύ λιγότερο ακριβής από οποιαδήποτε επί τόπια επιστημονική μέθοδο συλλογής στοιχείων, και υπάρχει πάντα ο παράγοντας της υποκειμενικότητας των απαντήσεων των ερωτηθέντων, έχει όμως πολύ μεγάλη χρησιμότητα απουσία άλλων δεδομένων.

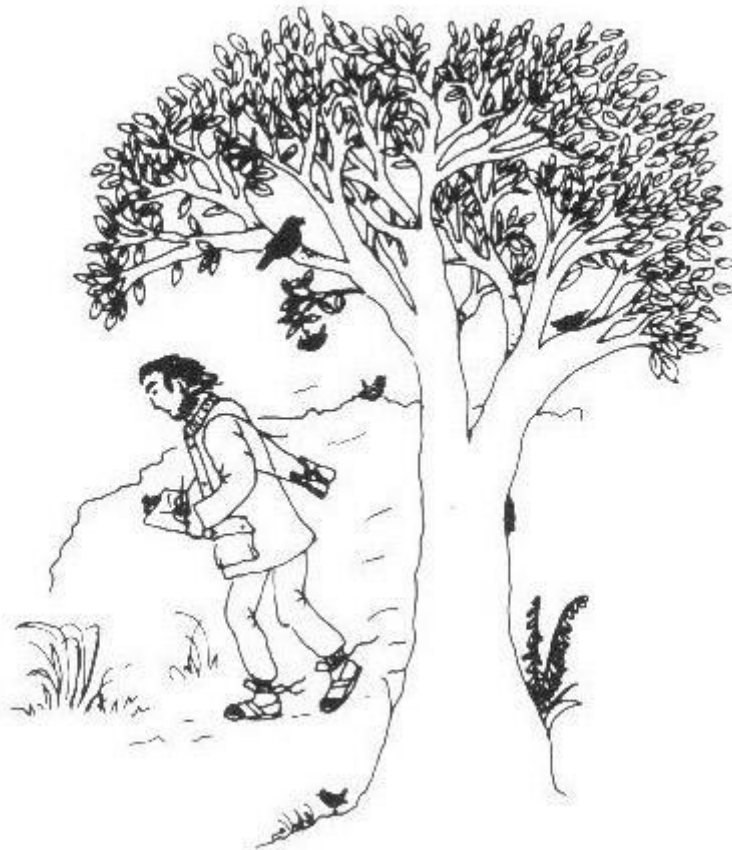
Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου είναι η διαμοίραση ερωτηματολογίων στους κυνηγούς με στόχο να εκτιμηθεί η κυνηγετική κάρπωση, δηλαδή ο αριθμός των θηραμάτων που αφαιρούνται από ένα πληθυσμό μέσω της θήρας. Η μέθοδος βασίζεται στην παραδοχή πως όσο αυξάνει η κυνηγετική κάρπωση, τόσο μεγαλύτερο είναι το πραγματικό μέγεθος του πληθυσμού και αντίστροφα. Η παρακολούθηση της κυνηγετικής κάρπωσης σε ετήσια βάση πραγματοποιείται στις Η.Π.Α. και στον Καναδά από το 1937, στην Ευρώπη (Γαλλία, Ιταλία, Ιρλανδία, Γερμανία, Ισπανία) από το 1970 και στην Ελλάδα από το 1994, μέσω του προγράμματος παρακολούθησης της κυνηγετικής κάρπωσης «Άρτεμις», υπό το συντονισμό της Κυνηγετικής Συνομοσπονδίας Ελλάδος (<http://www.ksellas.gr/>).

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

Πειραματικός σχεδιασμός

Κ. Ποϊραζίδης¹, Γ. Καρρής¹

¹ ΑΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Τμήμα Τεχνολόγων Περιβάλλοντος



Με τις απογραφικές μεθόδους μπορούμε να υπολογίσουμε το πραγματικό μέγεθος ενός πληθυσμού με ακρίβεια και χωρίς στατιστικά σφάλματα. Αλλά οι απογραφικές μέθοδοι είναι χρονοβόρες, δαπανηρές, απαιτούν αρκετούς ερευνητές και εφαρμόζονται σε περιοχές μικρής έκτασης.

Από την άλλη, οι δειγματοληπτικές μέθοδοι πλεονεκτούν σε όλα τα παραπάνω, αλλά συνήθως οδηγούν σε κάποιο στατιστικό σφάλμα. Για να αποφευχθεί ή να ελαχιστοποιηθεί το σφάλμα αυτό, είναι απαραίτητος ένας σωστός **πειραματικός σχεδιασμός**.

Βασικά στοιχεία σε οποιονδήποτε πειραματικό σχεδιασμό είναι:

- i) η ακρίβεια (accuracy)
- ii) η συνέπεια (precision)
- iii) η έλλειψη μεροληψίας (bias)

i) Ακρίβεια

Αναφέρεται στο κατά πόσο η εκτίμησή μας προσεγγίζει στην πραγματική τιμή. Για παράδειγμα, αν το μέγεθος ενός πληθυσμού είναι 60 άτομα κι εμείς το υπολογίσουμε στα 58 άτομα, τότε η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε θεωρείται ακριβής. Αν όμως υπολογίσουμε τον ίδιο πληθυσμό στα 120 άτομα, τότε η εκτίμηση εμπεριέχει μεγάλο σφάλμα και θεωρείται ανακριβής. Στην πραγματικότητα όμως, σπάνια γνωρίζουμε το αληθινό μέγεθος ενός πληθυσμού και έτσι συνήθως δε μπορούμε να γνωρίζουμε και την ακρίβεια της εκτίμησής μας. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο για να επιτύχουμε ακρίβεια στις μετρήσεις μας, παίζει:

- η επιλογή αντιπροσωπευτικών δειγματοληπτικών επιφανειών/ μονάδων
- το μέγεθος του δείγματος (sample size), ή αλλιώς ο αριθμός των δειγματοληψιών

Επιλογή αντιπροσωπευτικών επιφανειών

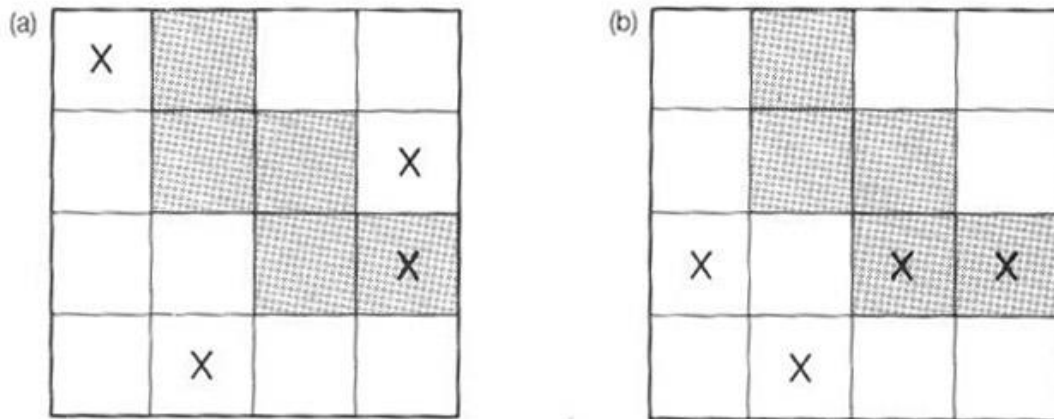
α) Τυχαία δειγματοληψία:

η επιλογή των δειγματοληπτικών επιφανειών γίνεται με τυχαίο τρόπο

β) Στρωματωμένη δειγματοληψία:

η περιοχή διαιρείται σε στρώματα, τα οποία μπορεί να είναι τύποι ενδιαιτημάτων, ζώνες βλάστησης, χρήσεις γης κ.ά. Βασική προϋπόθεση στη στρωματωμένη

δειγματοληψία είναι να γνωρίζουμε την κατανομή του είδους, έτσι ώστε οι δειγματοληπτικές επιφάνειες να περιλαμβάνουν όλα τα στρώματα στα οποία κατανέμεται το είδος.



α) Τυχαία δειγματοληψία

β) Στρωματομένη δειγματοληψία

Τα διαφορετικά χρώματα στα τετράγωνα υποδηλώνουν διαφορετικά στρώματα, πχ διαφορετικά ενδιαιτήματα .

Μέγεθος δείγματος

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ (Bibby et al, 1992):

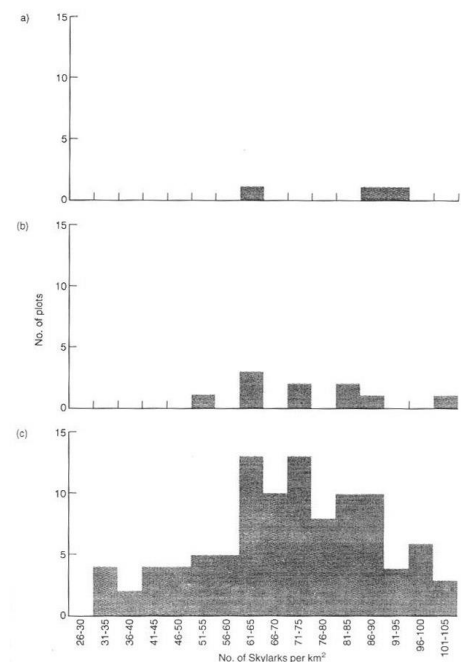
Πόσες δειγματοληψίες χρειάζονται για την ακριβή εκτίμηση του πληθυσμού της σταρήθρας (*Alauda arvensis*) σε μια περιοχή;

Γνωρίζουμε ότι ο πραγματικός πληθυσμός είναι 70 πουλιά/ km²

α) Με τρεις δειγματοληψίες, το αποτέλεσμα ήταν 81.6 πουλιά/ km²

β) Με δέκα δειγματοληψίες, το αποτέλεσμα ήταν 75 πουλιά/ km²

β) Με εκατό δειγματοληψίες, το αποτέλεσμα ήταν 71.2 πουλιά/ km²



Η ακρίβεια αυξάνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος Στην πράξη, ο αριθμός των δειγματοληψιών που θα πραγματοποιήσουμε εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες είναι το διαθέσιμο επιστημονικό προσωπικό, τα χρονικά περιθώρια, αλλά και οι οικονομικές δυνατότητες.

ii) Συνέπεια

Αναφέρεται στο κατά πόσο οι (επαναλαμβανόμενες) καταγραφές μας, δίνουν παρόμοια αποτελέσματα.

- Για παράδειγμα, αν το μέγεθος ενός πληθυσμού είναι 60 άτομα και οι τρεις καταγραφές μας δώσουν τιμές 58, 59, 62 τότε η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε έχει μεγάλη συνέπεια (οι καταγραφές δίνουν παρόμοια αποτελέσματα)

Το ίδιο όμως ισχύει και αν οι καταγραφές μας δώσουν τιμές 30, 34, 38: η μέθοδος μας έχει μεγάλη συνέπεια, άσχετα με το αν οι καταγραφές απέχουν πολύ από το πραγματικό μέγεθος του πληθυσμού.

Άρα η συνέπεια δε σχετίζεται με το πραγματικό μέγεθος του πληθυσμού, αλλά με το αν οι τιμές των καταγραφών μας μοιάζουν μεταξύ τους. Μπορεί να μετρηθεί με τη βοήθεια της στατιστικής (πχ ως διακύμανση, τυπικό σφάλμα κτλ).

Η συνέπεια επηρεάζεται από τον αριθμό των καταγραφών: όσο περισσότερες επαναλήψεις πραγματοποιούμε, τόσο μεγαλύτερη συνέπεια επιτυγχάνουμε. Υπάρχει όμως ένας αριθμός καταγραφών μετά από τον οποίο ελάχιστα βελτιώνεται η συνέπεια. Αυτός είναι και ο βέλτιστος αριθμός καταγραφών.

Τέλος, η συνέπεια επηρεάζεται επίσης από τη διακύμανση των τιμών των καταγραφών στις διαφορετικές δειγματοληπτικές επιφάνειες².

² όταν δηλαδή ένα είδος διατάσσεται ομοιόμορφα σε ένα τύπο ενδιαιτήματος, η εκτίμηση του πληθυσμού γίνεται με σχετικά μεγάλη συνέπεια (αφού οι καταγραφές σε διαφορετικές δειγματοληπτικές επιφάνειες αποδίδουν παρόμοιες τιμές)

iii) Μεροληψία

Μπορεί να οφείλεται:

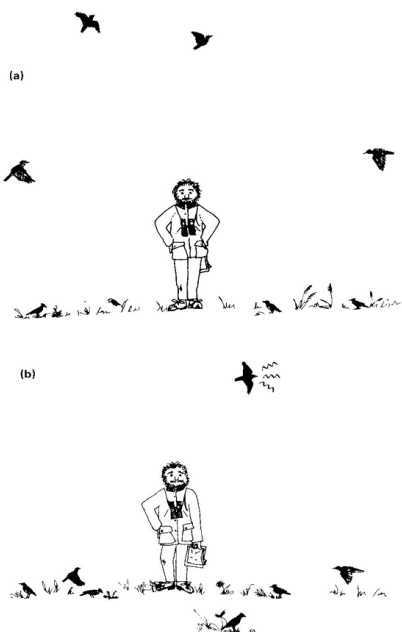
- σε λανθασμένο σχεδιασμό
- στην εφαρμογή ακατάλληλης μεθόδου
- σε συνδυασμό των δύο παραπάνω

Σκοπός μας είναι να εντοπίζουμε κάθε φορά τις πιθανές πηγές μεροληψίας και να προσπαθούμε να τις ελαχιστοποιήσουμε, όσο αυτό είναι δυνατό.

Συνηθισμένες πηγές μεροληψίας:

1. Σφάλμα εξαιτίας του παρατηρητή: Διαφορετικοί παρατηρητές έχουν διαφορετική οξύτητα παρατήρησης ή διαφορετική εμπειρία

2. Σφάλμα εξαιτίας της μεθόδου καταγραφής: Η μέθοδος πρέπει να επιλέγεται πολύ προσεχτικά, ανάλογα με το στόχο της μελέτης, το συγκεκριμένο είδος που μελετάται, τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης κτλ.



Δύο διαφορετικές μέθοδοι για την καταγραφή των πουλιών σε μια περιοχή:

a) Μετράμε τα πουλιά που πετάνε- καταγράφονται τέσσερα πουλιά

b) Μετράμε τα πουλιά που τραγουδούν- καταγράφεται ένα πουλί

Και στις δύο περιπτώσεις, το αποτέλεσμα είναι μικρότερο από τον πραγματικό αριθμό των παρόντων πουλιών (επτά)

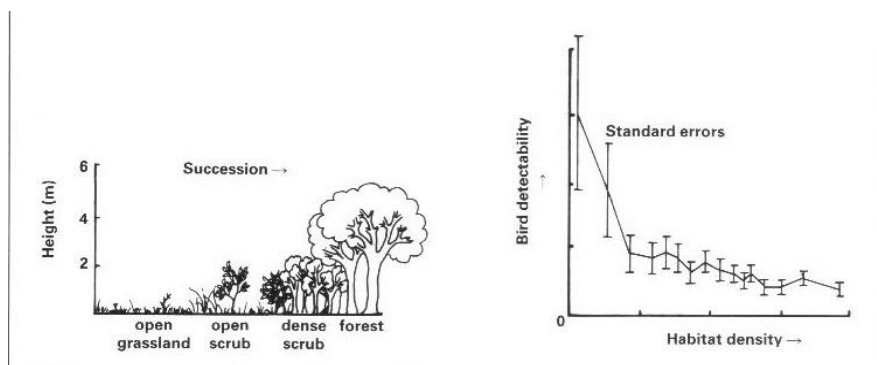
(Bibby *et al*, 1992)

3. Σφάλμα εξαιτίας της προσπάθειας και της ταχύτητας καταγραφής:

- διαφορετικοί ερευνητές κάνουν διαφορετική προσπάθεια
- μεγαλύτερη προσπάθεια σημαίνει καταγραφή περισσότερων ειδών
- μεγαλύτερη ταχύτητα σημαίνει ότι «χάνουμε» κάποια είδη

4. Σφάλμα εξαιτίας του τύπου ενδιαιτήματος

- Κάποια είδη εντοπίζονται ευκολότερα σε συγκεκριμένους τύπους ενδιαιτημάτων απ' ότι σε άλλους
- Ο τύπος του ενδιαιτήματος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή της μεθόδου δειγματοληψίας



Τα πουλιά εντοπίζονται πιο εύκολα σε ανοιχτά ενδιαιτήματα απ' ότι σε πυκνούς θαμνότοπους ή δάση (Bibby *et al*, 1992).

5. Συμπεριφορά/ δραστηριότητα του είδους

Υπάρχουν είδη που εντοπίζονται ευκολότερα, για παράδειγμα κάποια είδη πουλιών είναι πολύ περισσότερο δραστήρια και θορυβώδη από άλλα.

6. Πυκνότητα του είδους

Όταν τα είδη βρίσκονται σε υψηλές πυκνότητες, πιθανόν να μη μπορούν να αναγνωριστούν και να καταγραφούν όλα τα άτομα από τον ερευνητή. Αντίθετα, σε χαμηλές πυκνότητες, κάποιες φορές ο ερευνητής δε δίνει την πρέπουσα σημασία.

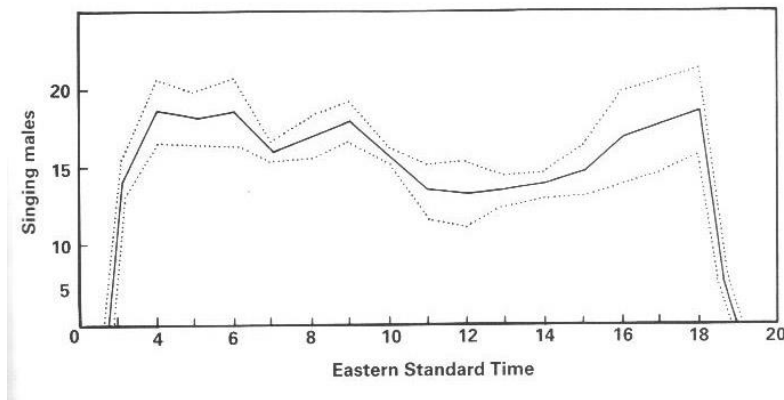


7. Εποχή του έτους

Οι καταγραφές πρέπει να γίνονται πάντα συγκεκριμένη εποχή, ανάλογα με το είδος. Για παράδειγμα οι καταγραφές των πουλιών γίνονται συνήθως την άνοιξη (αναπαραγωγική περίοδος)

8. Ώρα της ημέρας

Οι καταγραφές πρέπει να γίνονται συγκεκριμένη ώρα της ημέρας, ανάλογα με το είδος. Για παράδειγμα τα πουλιά είναι συνήθως πιο δραστήρια λίγο μετά την ανατολή και λίγο πριν τη δύση του ήλιου.



Καταγραφές πουλιών που τραγουδούν σε διάφορες ώρες της ημέρας

9. Καιρικές συνθήκες

Τα έντονα καιρικά φαινόμενα (πχ βροχή, αέρας, πολύ υψηλή θερμοκρασία) μπορεί να επηρεάσουν τόσο τη δραστηριότητα των ειδών, όσο και την αποτελεσματικότητα του ερευνητή.

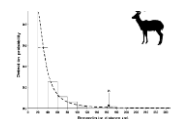
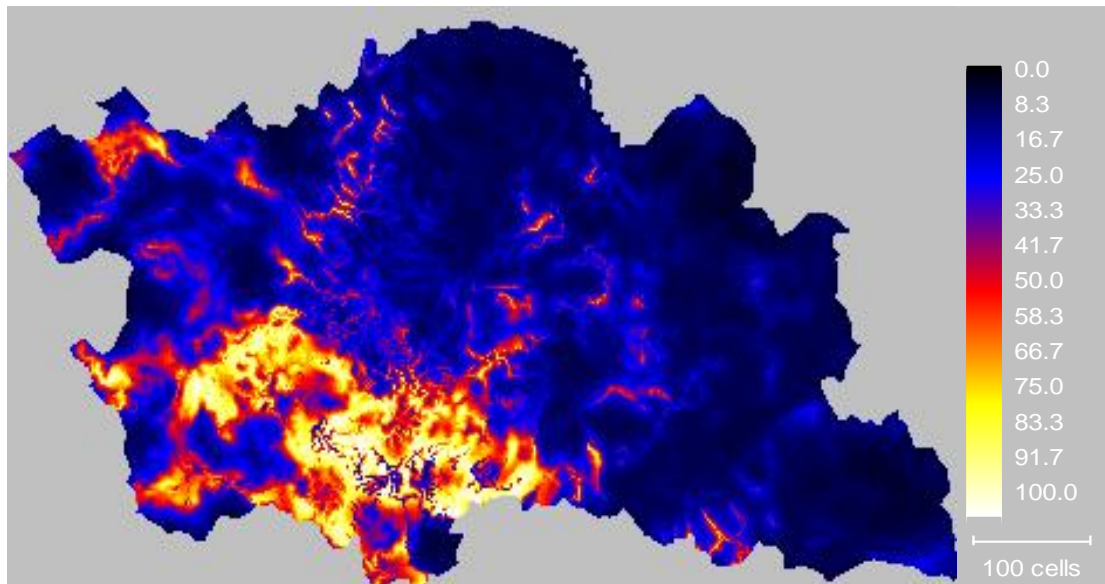
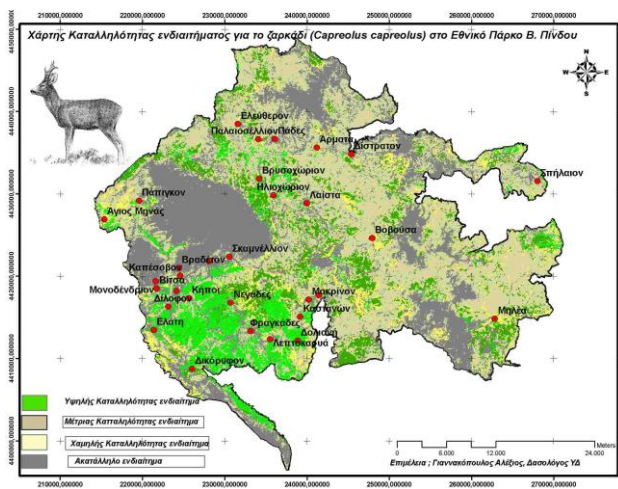


ΕΝΟΤΗΤΑ 3

Μοντελοποίηση Καταλληλότητας Βιοτόπου

Κ. Ποϊραζίδης¹

¹ ΑΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Τμήμα Τεχνολόγων Περιβάλλοντος



3.1. Μοντελοποίηση της κατανομής - Ανάλυση της οικοθέσης

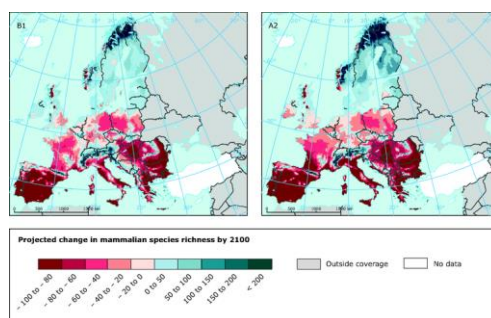
Η μοντελοποίηση της κατανομής των ειδών αποσκοπεί στην αναγνώριση κατάλληλων περιοχών εμφάνισης των ειδών βασιζόμενη στην γνωστή θέση παρουσίας αυτών των ειδών. Στη βιβλιογραφία θα το συναντήσουμε επίσης και με παρόμοιες ονομασίες, όπως μοντελοποίηση του βιοτόπου ή οικολογική μοντελοποίηση της οικοθέσης (*ecological niche-modelling*).

Η βασική φιλοσοφία αυτών των προσεγγίσεων είναι **η εκτίμηση της ομοιότητας** των γνωστών θέσεων παρουσίας ενός είδους σε σχέση με μια ομάδα περιβαλλοντικών παραμέτρων και στη συνέχεια αυτό το διάλυμα τιμών να συγκριθεί - μέσω μαθηματικών αλγόριθμων - είτε με αντίστοιχες θέσεις απουσίας είτε με σύγκριση του διαλύματος της συνολικής περιοχής (συνήθως με χρήση σημείων ψευδο-απουσιών).

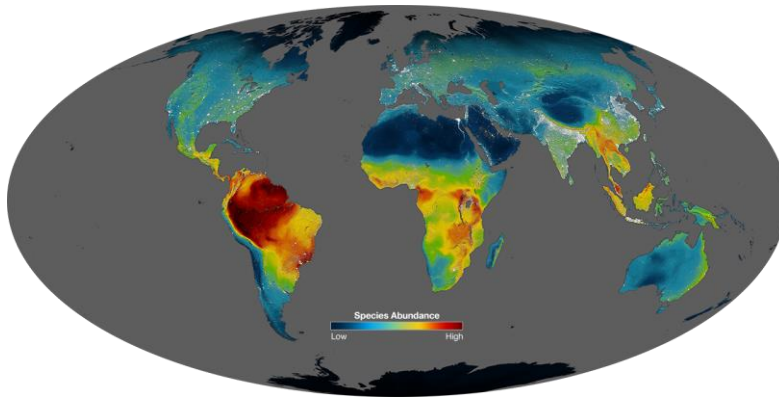
Πρακτικά σε κάθε μοντελοποίηση κατανομής ειδών (SDM), τα βασικά βήματα είναι:

- (1) οι θέσεις παρουσίας των ειδών
- (2) η αναγνώριση και καταγραφή των περιβαλλοντικών παραμέτρων
- (3) η χρήση αυτών των παραμέτρων για τον προσδιορισμό ενός μοντέλου για την εκτίμηση της ομοιότητας των θέσεων παρουσίας
- (4) χρήση του μοντέλου για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής (π.χ. παρουσία ενός είδους) σε μια περιοχή ενδιαφέροντος.

Μια κοινή πρακτική αυτών των μεθόδων είναι η πρόβλεψη του εύρους των ειδών χρησιμοποιώντας κλιματικές μεταβλητές ως παράγοντες πρόβλεψης



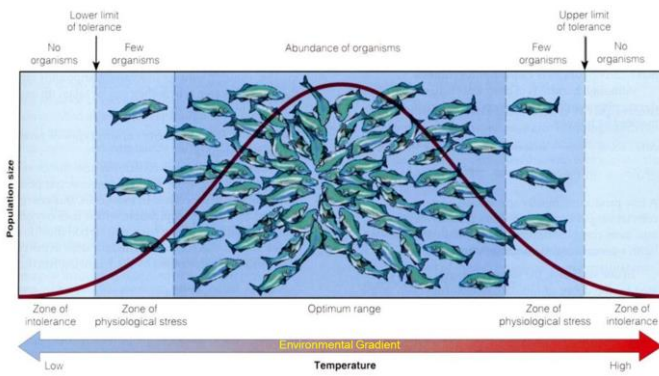
Τι καθοδηγεί όμως την κατανομή των ειδών;



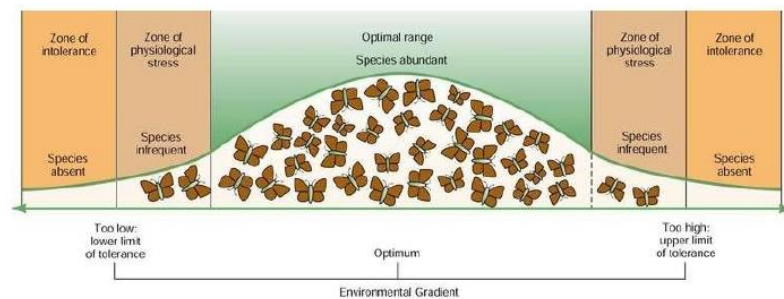
Όλα τα είδη έχουν όρια ανοχής για περιβαλλοντικούς παράγοντες πέρα από τα οποία τα άτομα δεν μπορούν να επιβιώσουν, αναπτυχθούν ή να αναπαραχθούν.

Και αυτό είναι το κλειδί που χρησιμοποιούν οι μεθοδολογίες πρόβλεψης της κατανομής των ειδών.

Όρια ανοχής ((υπάρχουν για όλους τους σημαντικούς παράγοντες)



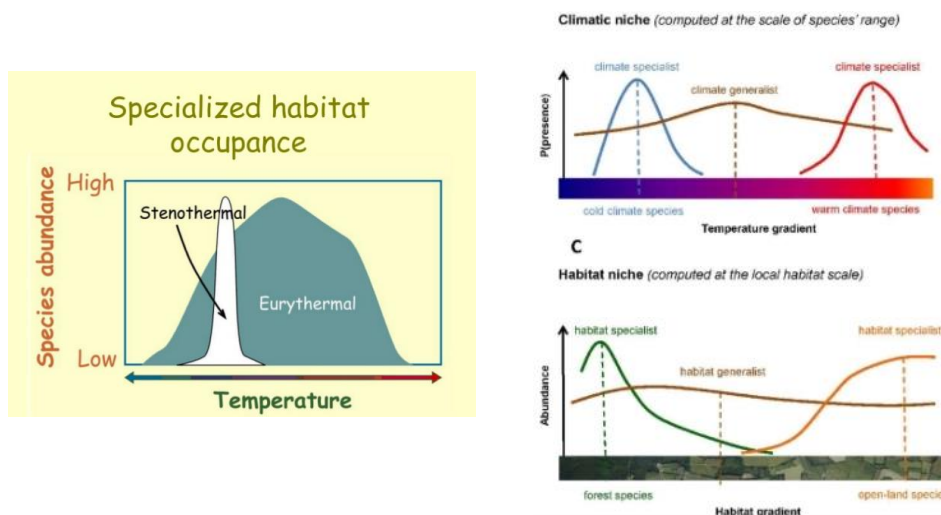
Tolerance Limits



Η επιλογή των κατάλληλων περιβαλλοντικών μεταβλητών είναι πολύ ουσιώδης στη διαμόρφωση του κατάλληλου μοντέλου πρόβλεψης κατανομής. Ουσιαστικά η παρουσία των ειδών που θέλουμε να μοντελοποιήσουμε εξαρτάται από μια μεγάλη και δυναμική ενότητα παραγόντων που αλληλεπιδρούν. Για ορισμένα είδη, ένας παράγοντας μπορεί να είναι πιο σημαντικός για τη ρύθμιση της κατανομής ειδών και της αφθονίας. Αλλά, συνήθως, πολλοί παράγοντες αλληλεπιδρούν για τον περιορισμό της κατανομής των ειδών.

Το σημαντικό είναι να εντοπιστούν οι **Κρίσιμοι παράγοντες και τα Όρια ανοχής**
ΤΙ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΞΕΡΟΥΜΕ

Οι οργανισμοί μπορεί να έχουν ένα μεγάλο εύρος ανοχής για κάποιους παράγοντες και ένα στενό εύρος για άλλους παράγοντες.



Η κατάληψη μιας θέσης παρουσίας (habitat occupancy) είναι αποτέλεσμα της οικοθέσης του είδους, που είναι δυναμική εξαιτίας πολλών παραγόντων.

Θεμελιώδης vs Πραγματικής Οικοθέσης

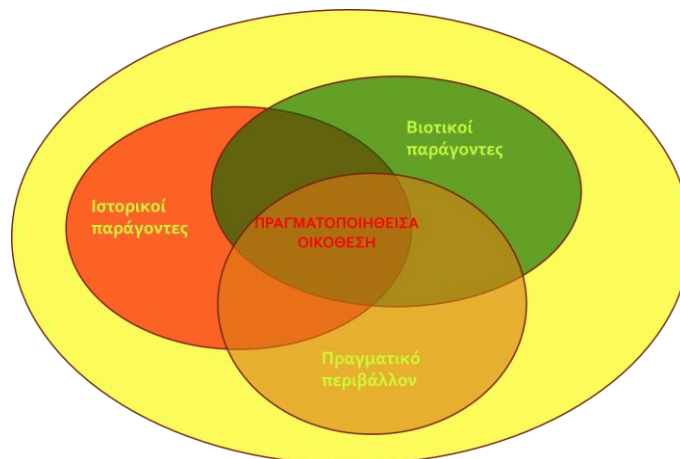
Θεμελιώδη (θεωρητική) οικοθέση

Είναι το πλήρες φάσμα των περιβαλλοντικών παραγόντων που μπορούν δυνητικά να χρησιμοποιηθούν από έναν οργανισμό

Πραγματοποιηθέν (πραγματική) οικοθέση

Αποτελεί ένα υποσύνολο μιας θεμελιώδους οικοθέσης όπου ο οργανισμός μπορεί να χρησιμοποιήσει η οποία περιορίζεται από:

- Ιστορικούς παράγοντες (περιορισμοί διασποράς)
- Βιοτικούς παράγοντες (ανταγωνιστές, εχθροί)
- Πραγματικό περιβάλλον (υπαρκτές συνθήκες)



Είναι οι οικοθέσεις σταθερές?

Οι πραγματοποιηθείσες οικοθέσεις μετακινούνται στο χρόνο εξαιτίας:

- αλλαγές στις βιοτικές αλληλεπιδράσεις
- Πραγματικό περιβάλλον
- Χρόνος διασποράς

Διαχωρισμός των πόρων

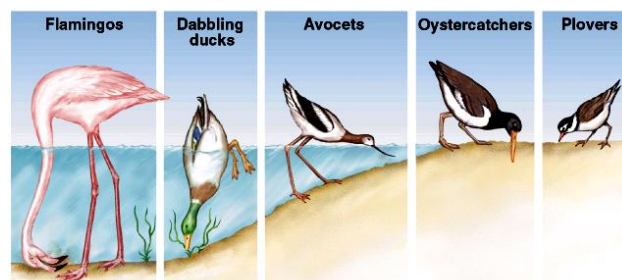
Νόμος του Ανταγωνιστικού αποκλεισμού

- Δεν μπορεί να υπάρχουν δύο είδη που θα καταλάβουν την ίδια θέση και θα ανταγωνίζονται για ακριβώς τους ίδιους πόρους
- Εξαφάνιση ενός από αυτούς
- Διαχωρισμός θέσεων (χωρικές, χρονικές)

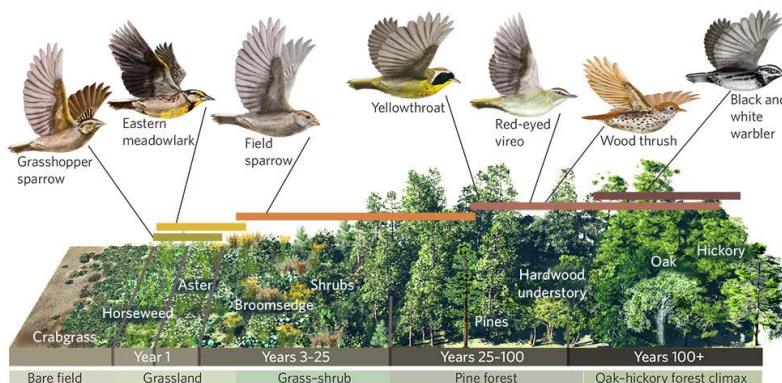
Η αιτία άλλωστε και για την ποικιλία ζωής!!!

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Feeding ecological niches for wading birds



Η δυναμική του χρόνου ως μεταβλητή στη μοντελοποίηση



Συμπέρασμα: Η επιλογή των μεταβλητών που καθορίζουν την οικοθέση του κάθε είδους είναι αποτέλεσμα

1. Συνύπαρξης με ανταγωνιστικά είδη (άρα ίσως διαφοροποιημένη από περιοχή σε περιοχή).
2. Οι οικοθέσεις δεν έχουν χωρική/χρονική σταθερότητα.

Μοντελοποίηση της οικοθέσης

Στόχος 1: Προσδιορισμός της κατανομής των ειδών

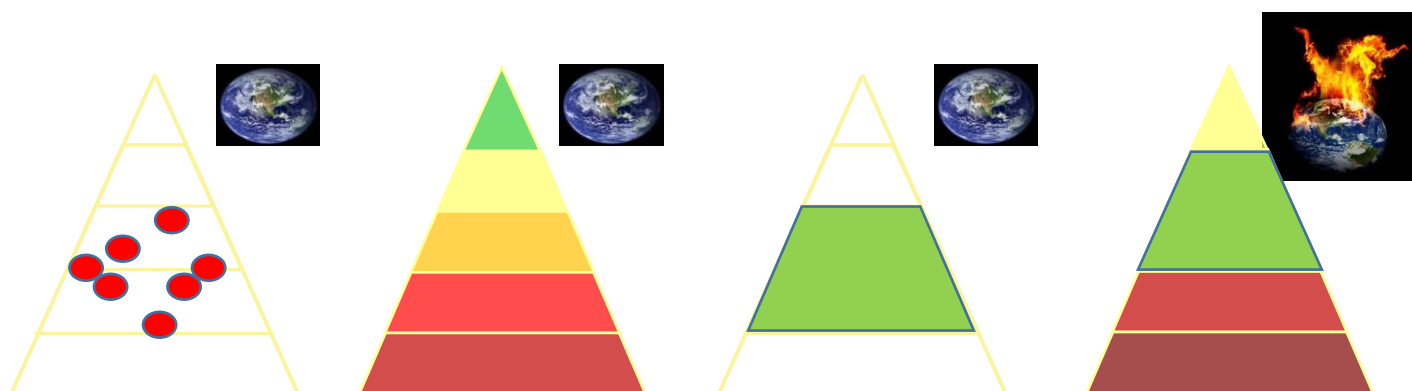
Στόχος 2: Ανάλυση καταλληλότητας

Στόχος 3: Δυνητική μοντελοποίηση της οικοθέσης (Σπάνια είδη, είδη εισβολής, ασθένειες, κλιματική αλλαγή)

Στόχος 4: Ανάλυση αφθονίας ειδών

ΜΙΑ ΣΥΝΟΨΗ: Τι είναι η Μοντελοποίηση κατανομής ειδών (SDM) με δύο γραμμές;

Η SDM αξιολογεί τη σχέση ανάμεσα σε περιβαλλοντικές παραμέτρους και γνωστές θέσεις παρουσίας και χρησιμοποιεί αυτή την πληροφορία για να προσδιορίσει περιοχές όπου τα είδη δυνητικά μπορεί να υπάρχουν.



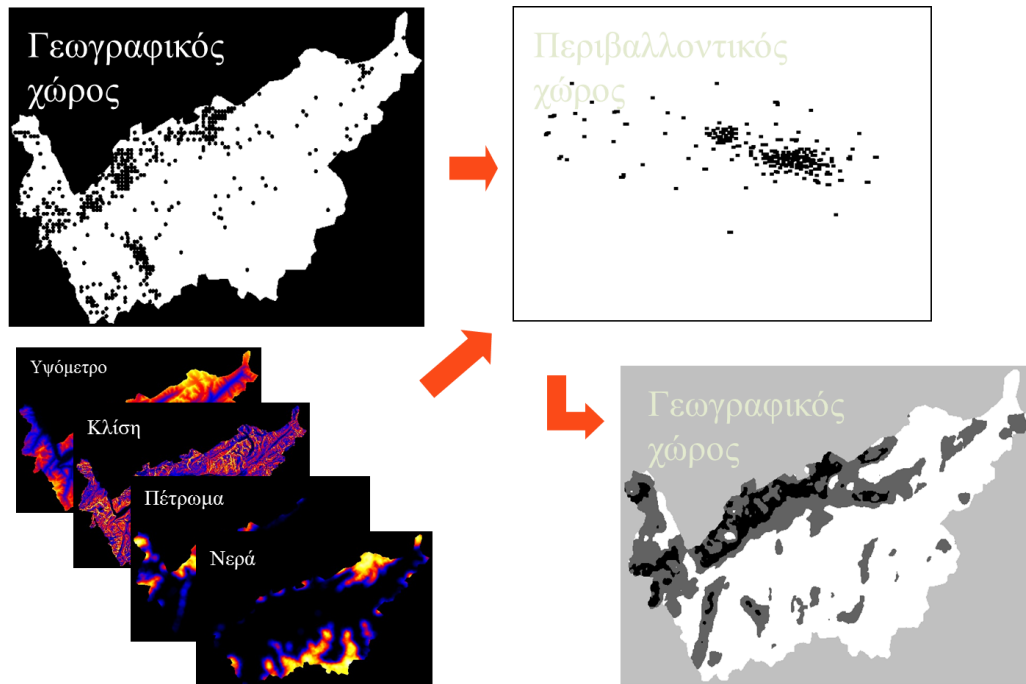
Βήμα 1: Καταγραφές εμφάνισης

Βήμα 2: Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Βήμα 3: Τρέχουσα οικοθέση

Βήμα 4: Προβλεπόμενη οικοθέση (με βάση κλιματική αλλαγή)

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΣ versus ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ



Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι για την μοντελοποίηση της οικοθέσης

Profile Techniques:

- BIOCLIM
- DOMAIN
- Ecological Niche Factor Analysis (ENFA)
- Mahalanobis distance

Regression-based Techniques:

- Generalized linear model (GLM)
- Generalized Additive Model (GAM)
- Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS)

Machine Learning Techniques:

- MAXENT
- Artificial Neural Networks (ANN)
- Genetic Algorithm for Rule Set Production (GARP)
- Boosted Regression Trees (BRT)/Gradient Boosting Machines (GBM)
- Random Forest (RF)
- Support Vector Machines (SVM)

- Μοντέλα Παρουσίας
- Μοντέλα Παρουσίας – Απουσίας
- Μοντέλα πολυ-κριτηρίων
 - χρησιμοποιώντας οικολογικά κριτήρια χωρίς στατιστικούς υπολογισμούς

SDM και R (γλώσσα προγραμματισμού)

Το biomod2 είναι η ενημερωμένη αντικειμενοστραφής έκδοση του πακέτου BIOMOD. Το biomod2 προσφέρει τη δυνατότητα να τρέξει 10 state-of - the-art τεχνικές μοντελοποίησης για να περιγράψει και μοντελοποιήσει τη σχέση μεταξύ δεδομένου είδος και του περιβάλλον του. Αν και έχει κυρίως αναπτυχθεί για τους οικολόγους που στοχεύουν στην πρόβλεψη της κατανομής των ειδών , μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση κάθε διωνυμικών δεδομένων (από γονίδια ως οικοσυστήματα ...) σε συνάρτηση με τις επεξηγηματικές μεταβλητές.

- GLM : Generalized Linear Model (glm)
- GAM : Generalized Additive Model (gam, gam or bam)
- GBM : Generalized Boosting Model or usually called Boosted Regression Trees (gbm)
- CTA: Classification Tree Analysis (rpart)
- ANN: Artificial Neural Network (nnet)
- SRE: Surface Range Envelop or usually called BIOCLIM
- FDA: Flexible Discriminant Analysis (fda)
- MARS: Multiple Adaptive Regression Splines (earth)
- RF: Random Forest (randomForest)
- MAXENT.Phillips: Maximum Entropy

Αν και οι αλγόριθμοι που διαφοροποιούν τα δείγματα σε παρουσία – απουσία έχουν ισχυρότερη μαθηματική υποστήριξη, κυριαρχούν οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν μόνο δεδομένα παρουσίας (συγκρίνοντας τη μεταβλητότητα αυτών των δεδομένων με τη συνολική μεταβλητότητα της περιοχής μελέτης). Και αυτό γιατί:

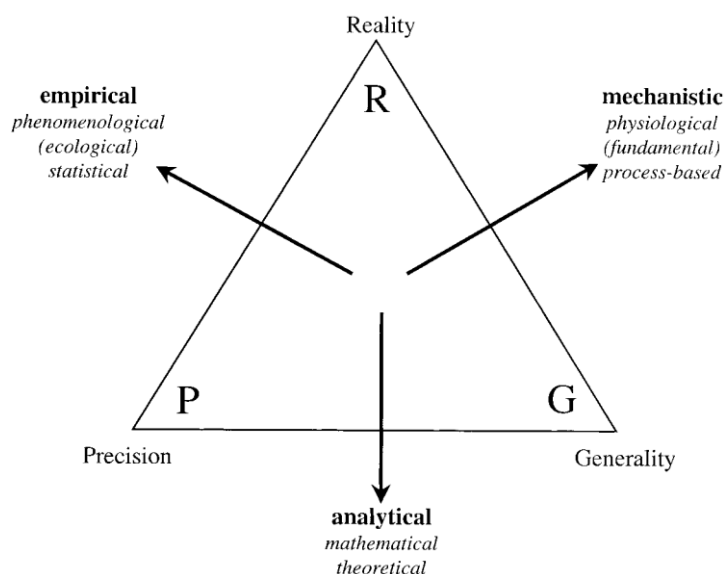
Μια «απουσία» (=όχι παρατήρηση) μπορεί να οφείλεται σε:

- Το είδος δεν ανακαλύφτηκε ⇒ ΨΕΥΔΗ ΑΠΟΥΣΙΑ
- Εμπόδια διασποράς ⇒ ΨΕΥΔΗ ΑΠΟΥΣΙΑ
- Τοπικά πρόσκαιρη εξαφάνιση ⇒ ΨΕΥΔΗ ΑΠΟΥΣΙΑ
- Πολύ μικρή επικράτεια ⇒ ΨΕΥΔΗ ΑΠΟΥΣΙΑ
- Ακατάλληλος βιότοπος ⇒ ΑΛΗΘΙΝΗ ΑΠΟΥΣΙΑ

Με αποτέλεσμα να μην μπορεί στις περισσότερες περιπτώσεις να καταγραφεί με βεβαιότητα ως απουσία μια μη καταγραφή.

Υπάρχουν δύο γενικές τάσεις στην κατασκευή των μοντέλων που αφορούν σχέση ειδών και βιοτόπων.

Η πρώτη (**deductive modeling**), βασίζεται σε προϋπάρχουσα γνώση για το είδος που μελετείται, ενώ η δεύτερη (**inductive modeling**), ακολουθεί εμπειρικές μεθόδους. Στη δεύτερη περίπτωση, οι σημαντικές περιβαλλοντικές παράμετροι που αναγνωρίζονται από τις αναλύσεις δεν είναι απαραίτητα σημαντικές για το μελετούμενο είδος, αλλά απλώς σχετίζονται περισσότερο με την παρουσία του είδους στη συγκεκριμένη περιοχή.



Τα στατιστικά μοντέλα δεν αναγνωρίζουν τους σημαντικούς παράγοντες που καθορίζουν οικολογικά την παρουσία ενός είδους. Αυτό που προσπαθούν να κάνουν είναι ο καλύτερος δυνατός συσχετισμός των παραγόντων με την παρουσία ή απουσία του είδους, μέσα από τη δημιουργία ενός κατάλληλου συντελεστή για κάθε παράγοντα.

Εάν ακατάλληλοι παράγοντες συμμετέχουν στα μοντέλα, είναι πιθανό να βγει ένα καλό αριθμητικά αποτέλεσμα (π.χ. πολύ καλή σωστή ταξινόμηση της παρουσίας του είδους), αλλά η οικολογική και διαχειριστική σημασία του να είναι μικρή ή ανύπαρκτη.

Προσοχή! Σχετικά με τη χρήση και την κατάχρηση των μοντέλων

(Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners Richard G. Pearson Center for Biodiversity and Conservation & Department of Herpetology American Museum of Natural History)

Σκουπίδια μέσα, σκουπίδια έξω:

Αυτό το παλιό γνωμικό είναι τόσο σχετικό με τη μοντελοποίηση των κατανομών όσο και για άλλους τομείς. Με απλά λόγια, ένα μοντέλο είναι τόσο καλό όσο και η δεδομένα που περιέχει. Αν βάλετε τα σκουπίδια στο μοντέλο, θα πάρετε σκουπίδια έξω

Παρέκταση Μοντέλου (Model extrapolation):

«Η παρέκταση» αναφέρεται στη χρήση ενός μοντέλου για να κάνει προβλέψεις για περιοχές με περιβαλλοντικές τιμές που είναι πέρα από το φάσμα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση (δηλαδή την ανάπτυξη) του μοντέλου.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, η πρόβλεψη μπορεί να είναι εξαιρετικά αβέβαιη.

Το δέλεαρ της πολύπλοκης τεχνολογίας:

Πολλές προσεγγίσεις για την μοντελοποίηση κατανομής ειδών χρησιμοποιούν πολύπλοκες υπολογιστικά τεχνολογίες. Ωστόσο, υπάρχει ένας κίνδυνος ότι οι χρήστες του μοντέλου να επηρεάζονται από την προφανή πολυπλοκότητα της τεχνολογίας: «είναι τόσο περίπλοκη, άρα θα πρέπει να είναι σωστό! Να θυμάστε πάντα ότι ένα μοντέλο μπορεί να είναι χρήσιμη μόνο εάν οι θεωρητικές βάσεις επί των οποίων στηρίζεται είναι υγιείς.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ - ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

1. ΠΑΡΟΥΣΙΕΣ:

Δύο σημαντικοί παράγοντες για αξιολόγηση της καταλληλότητας των παρουσιών για κατασκευή μοντέλου εκτίμησης της κατανομής είναι:

- **Ο βαθμός στον οποίο το είδος είναι σε «ισορροπία» με τις τρέχουσα περιβαλλοντικές συνθήκες** (κατά τη χρήση της έννοιας της «ισορροπίας», θα πρέπει να θυμόμαστε ότι οι κατανομές των ειδών αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου)
- **Ο βαθμός στον οποίο οι παρουσίες, παρέχουν ένα καλό δείγμα του περιβαλλοντικού χώρου που καταλαμβάνεται από τα είδη** (το Maxent έχει βρεθεί να αποδίδει καλά και με λίγες παρουσίες, αλλά όχι πάντα).

2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ:

Climate

- Interpolated climate surfaces for the globe at 1km resolution
- Scenarios of future climate change for the globe
- Reconstructed palaeoclimates

WorldClim:
<http://www.worldclim.org/>
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): <http://www.ipcc-data.org/>
NOAA:
<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/paleo.html>

Topography

- Elevation and related variables for the globe at 1km resolution

USGS:
<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>

Remote sensing (satellite)

- Various land cover datasets
- Various atmospheric and land products from the MODIS instrument

Global Landcover Facility:
<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>
NASA:
<http://modis.gsfc.nasa.gov/data/>

Soils

- Global soil types

UNEP:
<http://www.grid.unep.ch/data/data.php?category=lithosphere>

Marine

- Various datasets describing the world's oceans

NOAA:
www.nodc.noaa.gov

Η επιλογή των παραμέτρων για τη μελέτη και ανάλυση της καταλληλότητας βιοτόπου είναι ιδιαίτερα σημαντική στη σωστή εφαρμογή εμπειρικών μοντέλων. **Γι' αυτό, αν στόχος είναι η εξαγωγή οικολογικών συμπερασμάτων από τις αναλύσεις αυτές, η επιλογή πρέπει να ακολουθεί ορισμένα κριτήρια.**

Τα βασικότερα κριτήρια είναι τα εξής:

- Η ύπαρξη διαθέσιμων πληροφοριών στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφόρησης (GIS) σχετικές με την περιοχή.
- Η οικολογική σημασία των παραμέτρων για το είδος.
- Η ύπαρξη στατιστικά σημαντικής σχέσης των παραμέτρων με την παρουσία του είδους.

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ MAXENT (MAXENT Species Distribution Modelling)

Πλεονεκτήματα με μια ματιά

1. Presence-only
2. Σχετικά πρόσφατη μέθοδος
3. Υψηλή απόδοση ακρίβειας προβλέψεων σχετικά με παλαιότερους αλγόριθμους
4. Ακόμη και με μικρό αριθμό δειγμάτων
5. Δέχεται και κατηγορικές μεταβλητές

Το MAXENT είναι μια τεχνική **μηχανικής μάθησης** με βάση την αρχή της μέγιστης εντροπίας, π.χ. όταν προσεγγίζει μια άγνωστη κατανομή πιθανότητας. Αναζητά προσεγγίσεις που ικανοποιούν ένα σύνολο περιορισμών σχετικά με την άγνωστη κατανομή και ότι, υπό τους εν λόγω περιορισμούς, μεγιστοποιεί την εντροπία αυτής της κατανομής.

Από τα δεδομένα παρουσίας: αποδίδει κατανομή πιθανότητας παρουσίας (*probability distribution*) και ουσιαστικά ένα δείκτη καταλληλότητας βιοτόπου (*Habitat Suitability Index*)

Εφαρμογή Java

➡ <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>

Υποβολή φόρμας και download εφαρμογών και tutorial file και data σε συμπιεσμένο φάκελο

This software is provided "as-is", and does not come with any warranty or guarantee of any kind. The software may not be further dis

Please provide your name, institution and email address prior to downloading.

Name:





Institution:

Email:

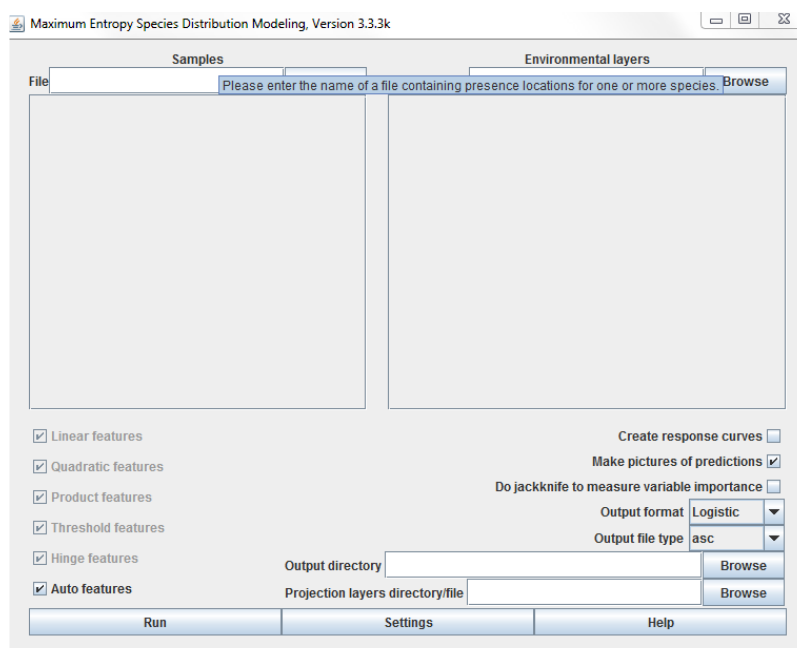
Current version (recommended): 3.3.3k

Older, archived versions: 3.3.3e 3.3.3a 3.3.3 3.3.2 3.3.1 3.3.0-beta 3.2.19 3.2.1 3.1.0 3.0.6-beta 3.0.4-beta

Η εφαρμογή ανοίγει από το αρχείο maxent.jar

Name	Date modified	Type	Size
 A Brief Tutorial in Maxent_EX.pdf	15-Nov-12 09:41	PDF File	1,887 KB
 maxent.bat	12-Nov-12 11:09	Windows Batch File	1 KB
 maxent.jar	12-Nov-12 11:09	Executable Jar File	658 KB
 readme.txt	12-Nov-12 11:10	Text Document	13 KB

Maxent - Το βασικό μενού



Φαίνεται απλό (και είναι πολύ φιλικό στο χρήστη) αλλά αν θέλουμε ένα καλό (σωστό) μοντέλο δεν είναι ένα απλό RUN.

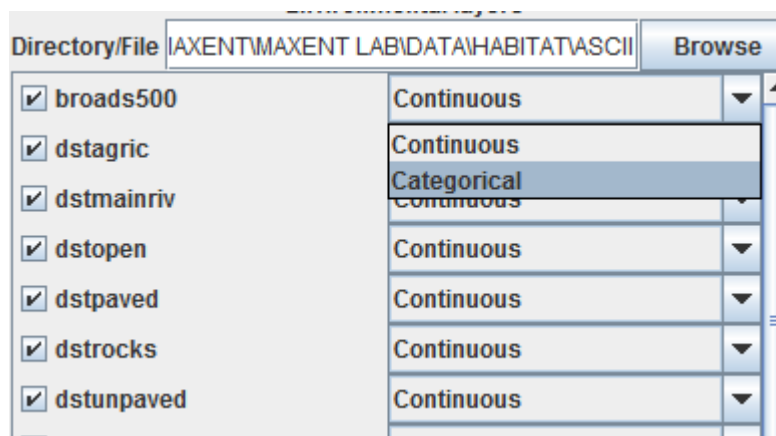
1. Εισαγωγή δεδομένων - Αρχεία παρουσίας (Samples)

- Το αρχείο παρουσίας ειδών, απλό *.csv με x,y, και species name.
 - SPECIES,X,Y
 - A gentilis, 584972, 3558791
 - A gentilis, 584859, 3558215

2. Εισαγωγή περιβαλλοντικών μεταβλητών (Directory Μεταβλητών Environmental Layers)

- Μεταβλητές Περιβάλλοντος - Αρχεία ASCII GRID (π.χ. από μετατροπή οποιοδήποτε raster αρχείου στο GIS), συνεχής και κατηγορικές μεταβλητές
- ASCII files (ESRI or DIVA-GIS formats) ομαδοποιημένα σε ένα φάκελο.
- Με ίδιο Μέγεθος Κελιού (cell size) και Έκταση (extent), δηλ. να «πατάνε» ακριβώς το ένα στο άλλο

Δέχεται και κατηγορικές μεταβλητές (αλλά θα χρειαστεί να προσδιοριστούν σχετικά)

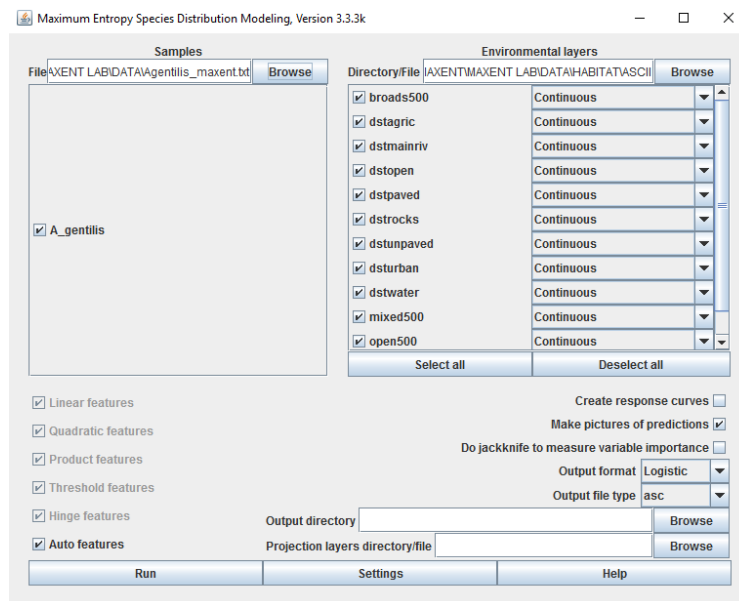


Τα ASCII αρχεία θα πρέπει να είναι όλα στον ίδιο φάκελο (μια και προσδιορίζουμε μόνο το φάκελο και όχι κάθε αρχείο).

Αν έχετε δυσκολίες με το GIS

http://ibis.colostate.edu/webcontent/ws/coloradoview/tutorialsdownloads/a_maxent_model_v7.pdf

Αν έχουμε εισάγει παρουσία είδους (δέχεται και πολλαπλά είδη, αλλά θα πρέπει να έχουν μπει στο ίδιο αρχείο) και περιβαλλοντικές παραμέτρους θα έχουμε μια τέτοια εικόνα:



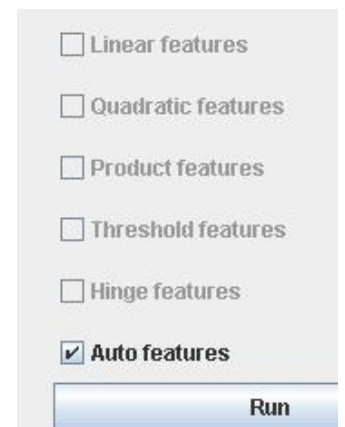
Το MAXENT μοντελοποιεί τη σχέση των μεταβλητών με την παρουσία των ειδών σαν features (σύνολο μετατροπών των περιβαλλοντικών μεταβλητών), επιτρέποντας την εφαρμογή πολύπλοκων σχέσεων (π.χ. Interactions, Regression Splines).

Το μέγεθος του δείγματος ορίζει τον τύπο των features που χρησιμοποιούνται στα μοντέλα όταν χρησιμοποιούνται τα default settings για την αποφυγή υπερ-παραμετροποιημένων μοντέλων (linear, quadratic, threshold, hinge, product interaction).

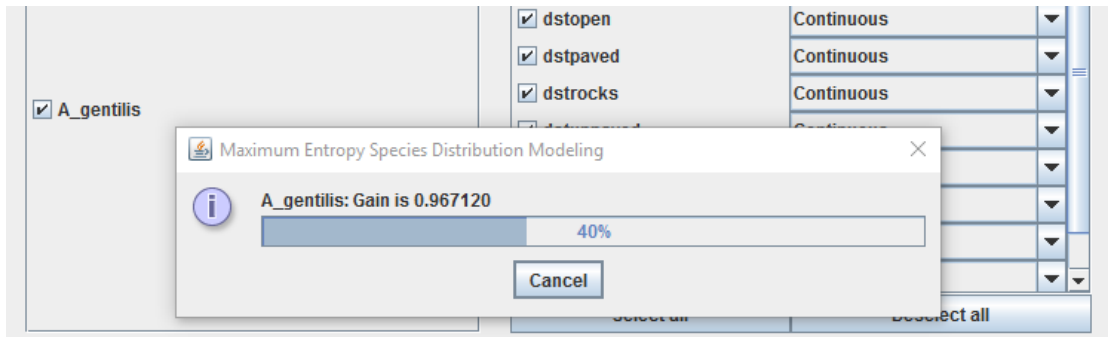
Μικρό δείγμα -> Μεγαλύτερο δείγμα

Η αυτόματη ρύθμιση των χαρακτηριστικών βελτιστοποιεί τη χρήση ενός συνόλου χαρακτηριστικών με βάση τον αριθμό των εγγραφών παρουσίας για τα είδη

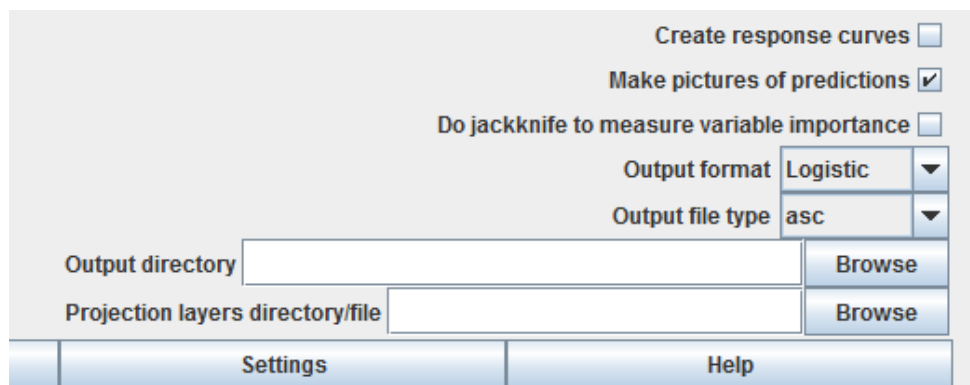
1. Linear* → εάν < 10 θέσεις παρουσίας
2. Quadratic → εάν είναι διαθέσιμα 10-14 σημεία παρουσίας
3. Linear + Quadratic + Hinge → εάν είναι διαθέσιμα 15-79 σημεία παρουσίας
4. All features → εάν είναι διαθέσιμο > 80 σημεία παρουσίας



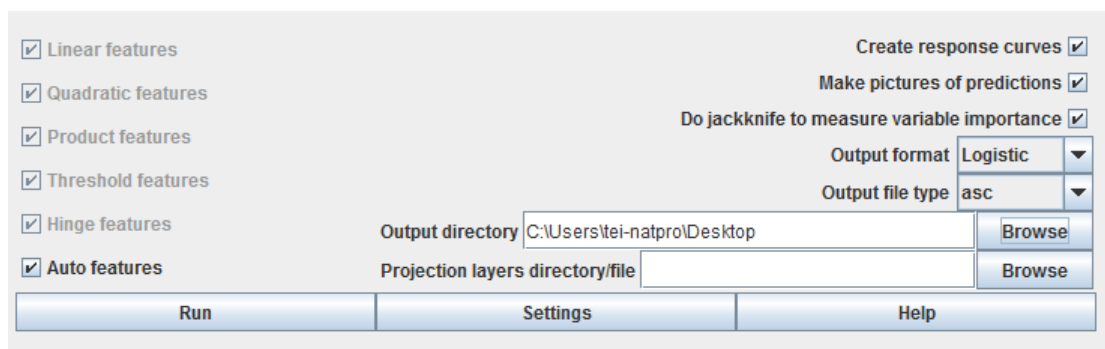
Μια προσέγγιση με βάση το training gain, αντίστοιχο με την απόκλιση (deviance) των Γενικών Γραμμικών Μοντέλων. **Μεγαλύτερο training gain, καλύτερο μοντέλο.**



Αποθηκεύει σε μορφή html την περίληψη του μοντέλου, γραφήματα ως εικόνες και αρχεία csv με αποτελέσματα, στο φάκελο που έχουμε προσδιορίσει στο Output directory.



Στο βασικό μενού έχουμε
- Create response curves

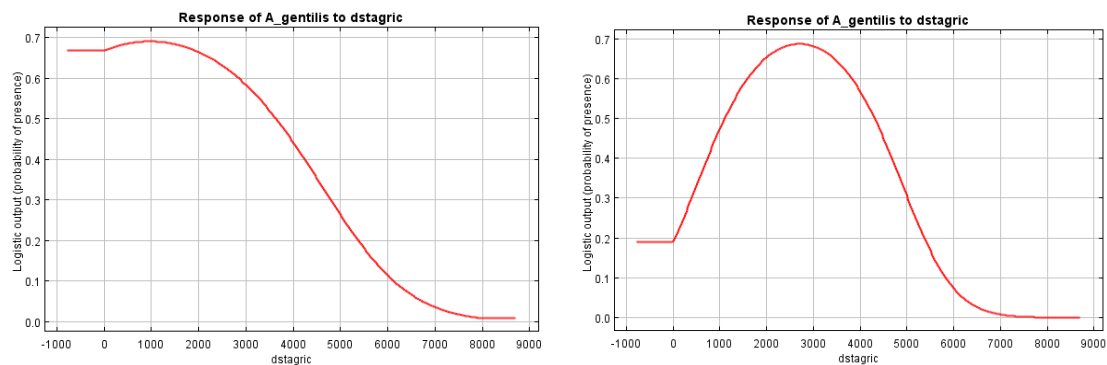


Δημιουργούνται καμπύλες καταλληλότητας της παρουσίας του είδους σε σχέση με κάθε μία μεταβλητή. Τα θυμόμαστε τα αρχικά με τα όρια ανοχής και τις οικοθέσεις;

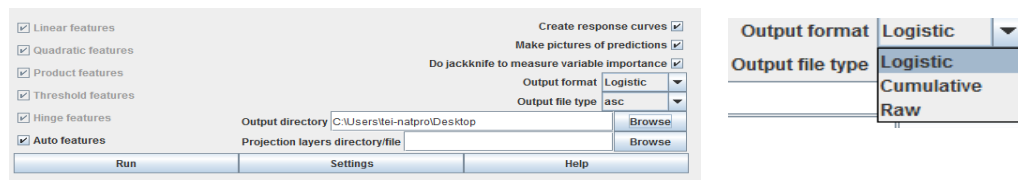
Δημιουργούνται δύο ομάδες καμπυλών (θα τα δούμε μετά)

α) Οι καμπύλες δείχνουν πως η λογιστική πρόβλεψη αλλάζει καθώς κάθε αλλάζει η περιβαλλοντική μεταβλητή, κρατώντας όλες τις άλλες μεταβλητές περιβάλλοντος στη μέση τιμή του δείγματος τους.

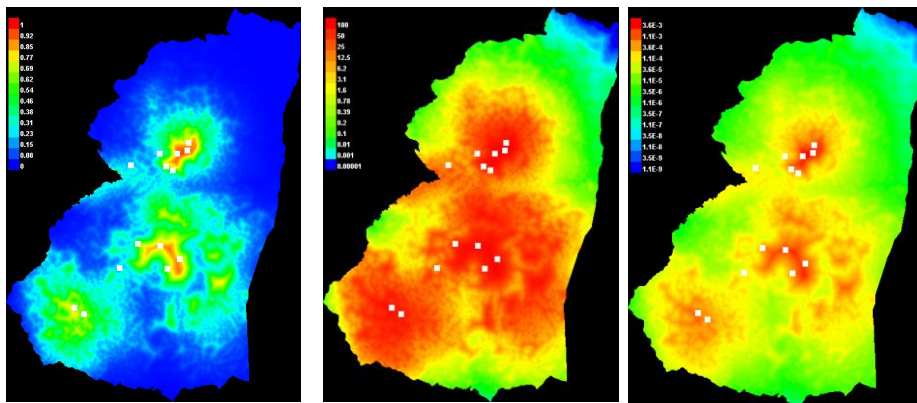
β) MAXENT μοντέλο χρησιμοποιώντας μόνο την αντίστοιχη μεταβλητή. Είναι πιο εύκολο να ερμηνεύσει αν υπάρχουν ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών.



Στο βασικό μενού έχουμε : Output format -> Έχουμε Logistic, Cummulative και Raw



Το προεπιλεγμένο είναι το logistic, το οποίο είναι το πιο εύκολο να κατανοήσουμε: δίνει μια εκτίμηση μεταξύ 0 και 1 της πιθανότητας παρουσίας.



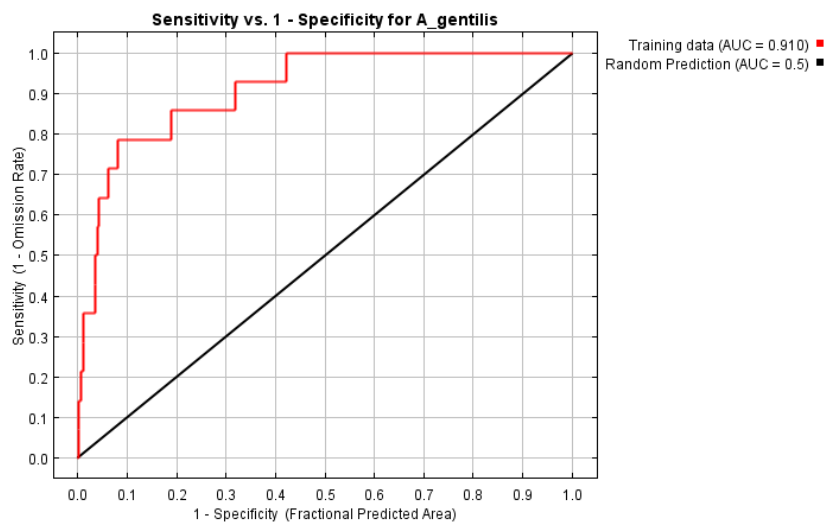
(Logistic, cumulative (κατώφλι για αποδεκτό omission error), raw (μόνο το εκθετικό μοντέλο, πολύ μικρές τιμές, sum=1)

Αν δεν αλλάξουμε τίποτα στα Settings (defaults) και τρέξουμε με όλες τις μεταβλητές, δηλαδή ένα RUN, όλα θα έχουν σωθεί στο φάκελο μας, αυτόματα !!! Τρέχουμε το html αρχείο που τα έχει όλα τακτοποιημένα.

AGEN_DATA > AGEN_LOGISTIC >

Name	Date modified	Type	Size
plots	15-May-16 13:00	File folder	
A_gentilis.asc	15-May-16 13:00	ASC File	2,534 KB
A_gentilis.html	15-May-16 13:00	Chrome HTML Do...	12 KB
A_gentilis.lambdas	15-May-16 13:00	LAMBDA File	1 KB
A_gentilis_explain.bat	15-May-16 13:00	Windows Batch File	1 KB
A_gentilis_omission.csv	15-May-16 13:00	Αρχείο τιμών δια...	26 KB
A_gentilis_sampleAverages.csv	15-May-16 13:00	Αρχείο τιμών δια...	1 KB
A_gentilis_samplePredictions.csv	15-May-16 13:00	Αρχείο τιμών δια...	2 KB
maxent.log	15-May-16 13:00	Text Document	46 KB
maxentResults.csv	15-May-16 13:00	Αρχείο τιμών δια...	5 KB

Αρχικά μας δείχνει ένα κριτήριο αξιολόγησης του μοντέλου

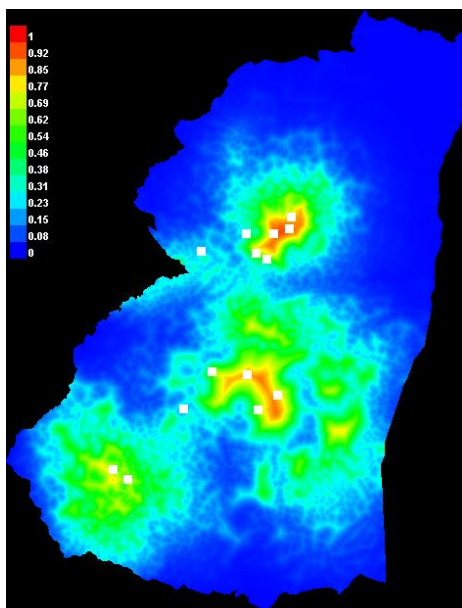


- Το γνωρίζετε;
- Γιατί μόνο μια γραμμή;
- Είναι καλό το μοντέλο;

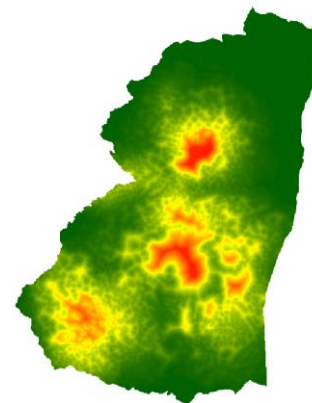
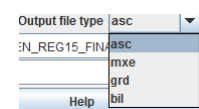
Ακολουθεί ένας σημαντικός πίνακας αν θέλουμε να έχουμε ένα χάρτη καταλληλότητας παρουσίας – απουσίας. Να θυμηθούμε ότι αρχικά το πρόγραμμα βγάξει χάρτη πιθανοτήτων 0-1 (0-100%). Τυπικά το όριο παρουσίας – απουσίας είναι στο 0.5, αλλά αυτό ισχύει πάντα;

Cumulative threshold	Logistic threshold	Description	Fractional predicted area	Training omission rate
1.000	0.039	Fixed cumulative value 1	0.718	0.000
5.000	0.117	Fixed cumulative value 5	0.532	0.000
10.000	0.179	Fixed cumulative value 10	0.422	0.071
9.962	0.178	Minimum training presence	0.423	0.000
17.215	0.237	10 percentile training presence	0.318	0.071
30.648	0.337	Equal training sensitivity and specificity	0.189	0.214
50.620	0.508	Maximum training sensitivity plus specificity	0.081	0.214
6.063	0.132	Balance training omission, predicted area and threshold value	0.503	0.000
12.598	0.201	Equate entropy of thresholded and original distributions	0.380	0.071

Ακολουθεί ο χάρτης πιθανοτήτων, όπου εδώ φαίνονται και τα σημεία παρουσίας (σε άσπρο τετράγωνο).



Το κανονικό (γεωγραφικό) αρχείο είναι σε μορφή ASCII (γιατί έτσι το είχαμε αφήσει).



Name	Date modified	Type	Size
plots	15-May-16 13:00	File folder	
A_gentilis.asc	15-May-16 13:00	ASC File	2,534 KB

Ακολουθούν οι καμπύλες προσαρμογής (το πρόγραμμα δεν απαιτεί μια καθορισμένη κατανομή πιθανοτήτων).

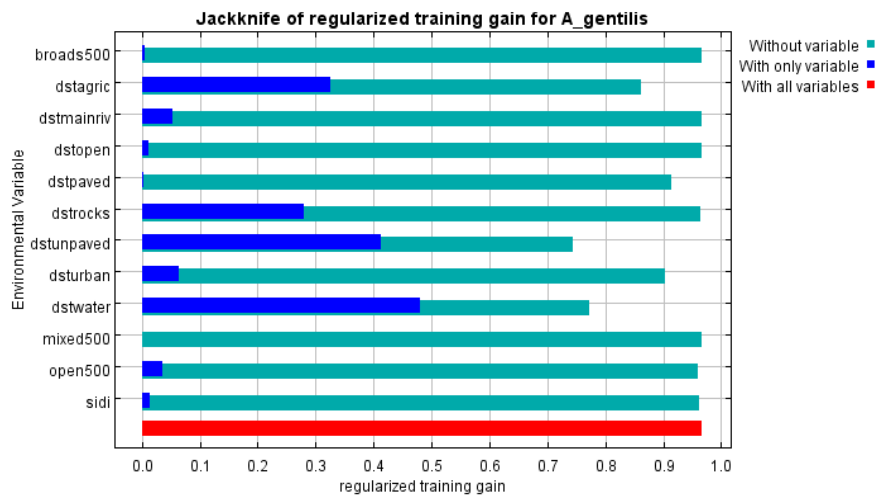
Ποιες είναι οι πιο σημαντικές παράμετροι:

- Μια φυσική εφαρμογή των μοντέλων κατανομής ειδών είναι να απαντηθεί το ερώτημα, ποια από τις μεταβλητές έχουν μεγαλύτερη σημασία για τα είδη που διαμορφώνεται;
- Υπάρχουν περισσότεροι από ένας τρόποι για να απαντηθεί το ερώτημα αυτό?

Variable	Percent contribution	Permutation importance
dstwater	40.2	57.9
dstunpaved	35.8	18.9
dstrocks	8.2	0
dstagric	7.3	9.9
dsturban	4.2	7.2
dstpaved	2.9	1.9
open500	0.8	1.2
sidi	0.5	2.9
dstopen	0	0
dstmainriv	0	0
mixed500	0	0
broads500	0	0

Do jackknife to measure variable importance

Jackknife: Χρήσιμο για τη διερεύνηση των πιο σημαντικών μεταβλητών, τρέχει το μοντέλο $2n + 1$ φορές με όλες τις μεταβλητές, με καθεμία ξεχωριστά και αφαιρώντας από μία μεταβλητή (όπου n ο αριθμός περιβαλλοντικών μεταβλητών).



Ακολουθούν κάποια βασικά στατιστικά της ανάλυσης

Regularized training gain is 0.967, training AUC is 0.910, unregularized training gain is 1.499.
Algorithm converged after 200 iterations (0 seconds).

The follow settings were used during the run:

14 presence records used for training.

10011 points used to determine the Maxent distribution (background points and presence points).

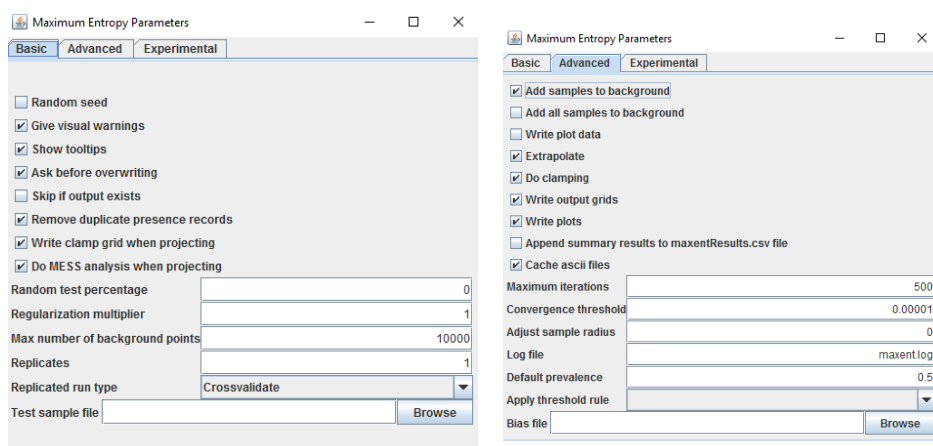
Environmental layers used (all continuous): broads500 dstagric dstmainriv dstopen dstpaved dstrocks dst

Regularization values: linear/quadratic/product: 0.629, categorical: 0.357, threshold: 1.860, hinge: 0.500

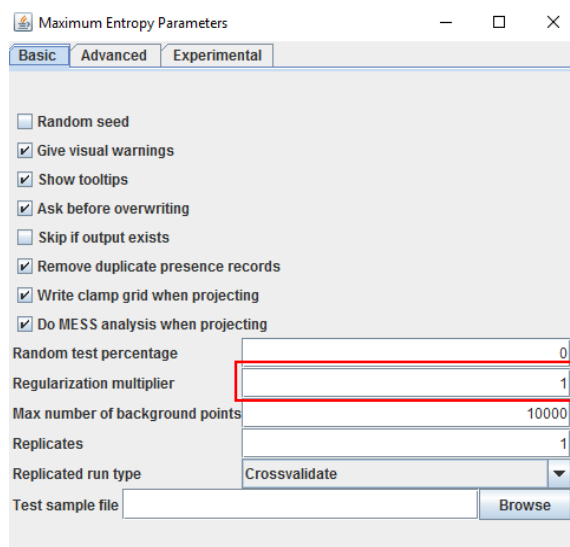
Feature types used: linear quadratic

Μια καλύτερη ματιά στο πρόγραμμα.

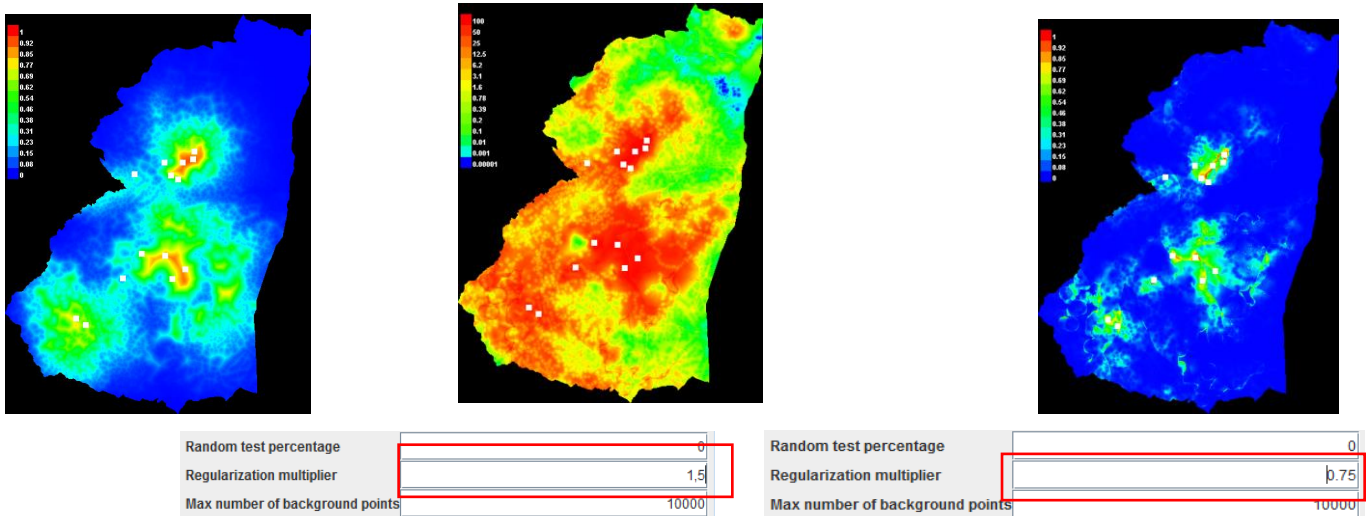
Πριν δεν είχαμε αλλάξει τίποτα στα Settings (defaults) :



Πολλά είναι σημαντικά. Ας ξεκινήσουμε με το regularization multiplier. Τροποποιεί την τιμή τακτοποίησης (υψηλότερη τιμή δίνει μια πιο απλωμένη κατανομή)
Λειτουργεί μόνο αν η επιλογή auto feature είναι απενεργοποιημένη.



Η αλλαγή στο regularization με όλες τις μεταβλητές ως επιλεγμένες (ο 1^{ος} χάρτης είναι με τιμή = 1).



Ποιο είναι το σωστό???

- Δύσκολη η απάντηση (αν δεν έχουμε μια έστω και αδρή εικόνα της πραγματικής κατανομής)

Το θέμα είναι δυσκολότερο αν έχουμε και λίγες θέσεις παρουσίας.

Μια λύση είναι η R.

Package ‘MaxentVariableSelection’

April 2, 2016

Type Package

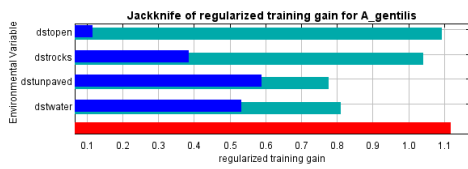
Title Selecting the Best Set of Relevant Environmental Variables along with the Optimal Regularization Multiplier for Maxent Niche Modeling

Version 1.0-2

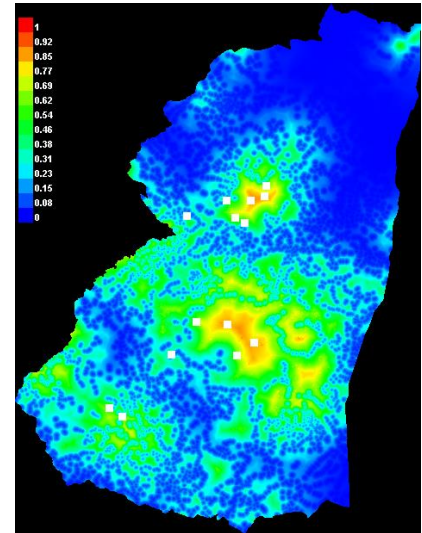
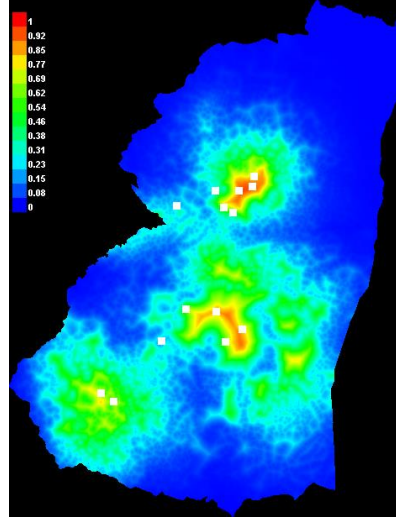
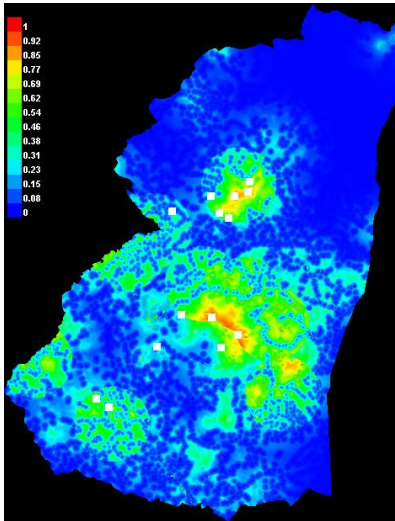
Προσπαθεί να περιορίσει την πολυπλοκότητα και την αύξηση της απόδοσης των MAXENT εξειδικευμένων μοντέλων, προσδιορίζοντας το σημαντικότερο σύνολο ασυσχέτιστων μεταβλητών περιβάλλοντος και την καλύτερη ρύθμιση του πολλαπλασιαστή του MAXENT (regularization).

```
add.args=""
contr.threshold <- 5
correl.threshold <- 0.9

bet.mult<- seq(0.75,1.5,0.25)
```



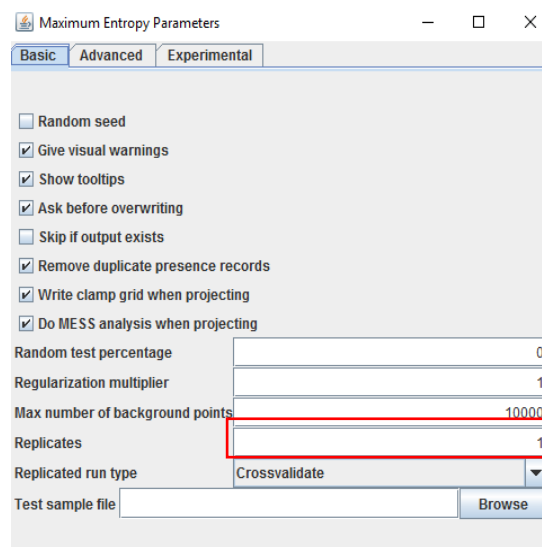
REG=1, ALL



Με βάση την αρχή του Όκκαμ (parsimony) το καλύτερο μοντέλο είναι αυτό με training gain που δεν διαφέρει σημαντικά από το πλήρες, αλλά έχει τις λιγότερες μεταβλητές.

Επίσης πολύ σημαντικό είναι το replicates...

Το MaxEnt επιτρέπει τη δυνατότητα να τρέξει ένα μοντέλο πολλές φορές και στη συνέχεια, να υπολογίσει τη μέση τιμή από όλα τα μοντέλα που δημιουργούνται.



- **Random seed** (Τυχαίος test / train διαμοιρασμός των δεδομένων παρουσίας για κάθε τρέξιμο; Το ίδιο για το background).
- **Random test percentage** (% δεδομένων παρουσίας που τυχαία θα οριστούν ως as test points (default is 0))
- **Bias file** (Αν η δειγματοληψία είναι προκατειλημμένη σύμφωνα με τη δειγματοληπτική κατανομή)
- **Test sample file** (Δεδομένα παρουσίας από αρχείο (άλλο από ένα τυχαίο δείγμα των training data) για να ελεγχθεί AUC, omission, etc).

Maximum Entropy Parameters

Random seed

Logscale raw/cumulative pictures

Give visual warnings

Ask before overwriting

Show tooltips

Remove duplicate presence records

Random test percentage: 0

Regularization multiplier: 1

Maximum iterations: 500

Convergence threshold: 0.00001

Max number of background points: 10000

Bias file: **Browse**

Test sample file: **Browse**

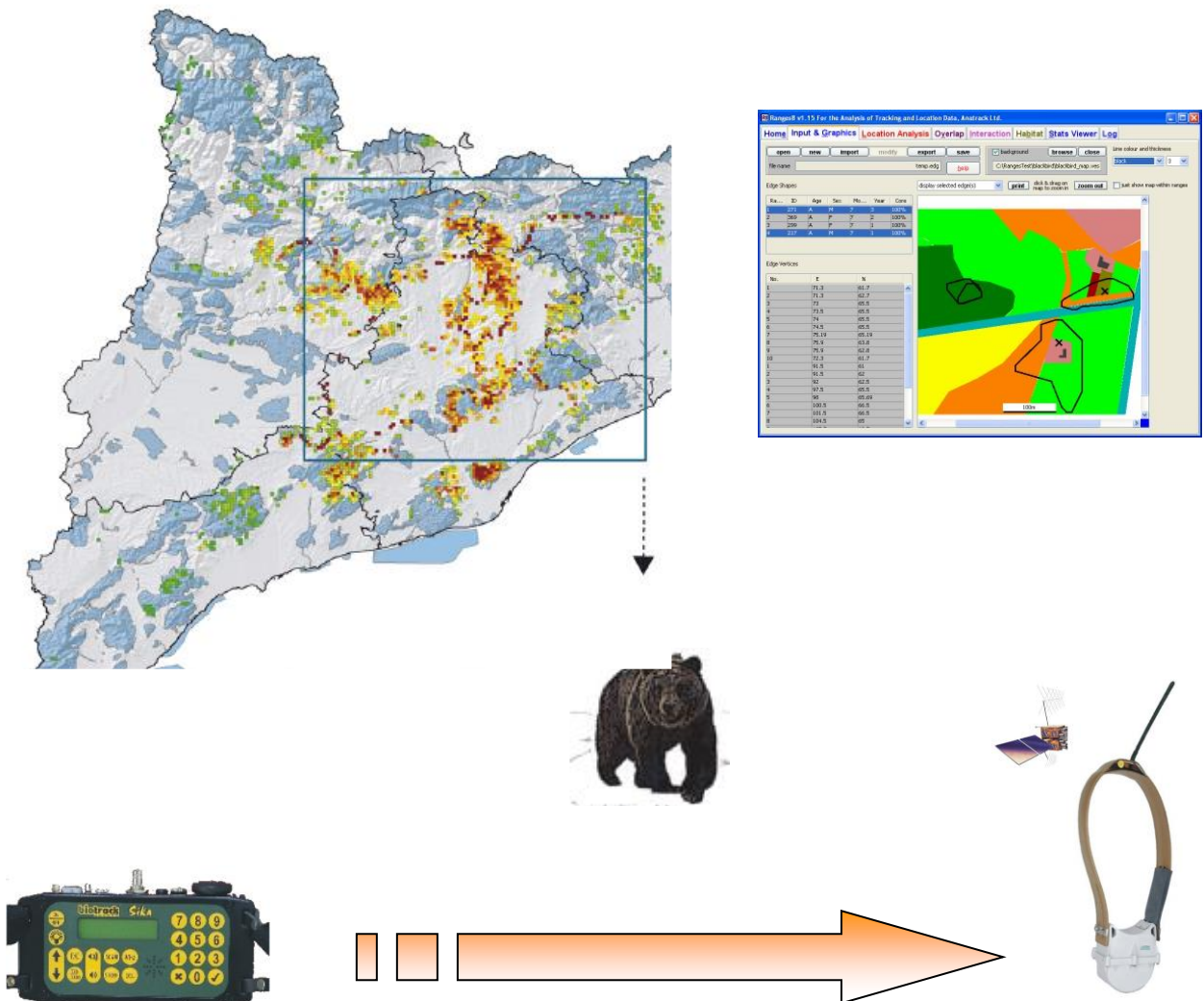
ΕΝΟΤΗΤΑ 4

Χρήση / επιλογή βιοτόπου άγριας πανίδας

ΡΑΔΙΟΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ, ΧΡΗΣΗ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΟΣ, ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΑΓΡΙΑΣ ΠΑΝΙΔΑΣ

¹Κωσταντίνος Ποϊραζίδης & ²Αλέξης Γιαννακόπουλος

¹ΑΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Τμήμα Τεχνολογίας Περιβάλλοντος και Οικολογίας
² Καλλιστώ



Δορυφορική τηλεμετρία

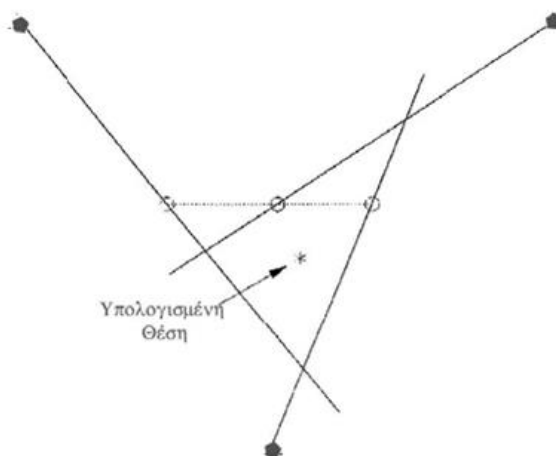
Η τεχνολογική επανάσταση του δεύτερου μισού του 20^{ου} αιώνα δεν άφησε αδιάφορες τις επιστήμες που έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με την διαχείριση της άγριας ζωής. Η διαχείριση της άγριας ζωής καθώς και η διατήρηση της είναι μια σύνθετη επιστήμη η οποία έχει στηριχθεί σε μεγάλο βαθμό στις δυνατότητες των τεχνολογικών εξελίξεων. Ένα από τα παραδείγματα της παραπάνω διαδικασίας αποτελεί η περίπτωση του GPS-Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσεως. Το γνωστό σε όλους μας σύστημα χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον στρατό των ΗΠΑ, ενώ στη συνέχεια βρήκε εφαρμογές σε διάφορα περιβάλλοντα. Η ανάπτυξη και η διαθεσιμότητα των ειδικών κολάρων με ενσωματωμένο GPS αύξησε δραματικά τις δυνατότητες (μείωση χρόνου, κόστους, ποιότητα δεδομένων) στην παρακολούθηση άγριων ζώων σε σχέση με τα παλαιότερου τύπου συστήματα εντοπισμού όπως τα κολάρα με ραδιοεντοπισμό (VHF collars). Το παραπάνω σύστημα χρησιμοποιείται ευρέως σε αναλόγου τύπου έρευνες σε όλο τον κόσμο αλλά και πρόσφατα στην χώρα μας (Mertzanis *et. al* 2006). Επίσης οι πληροφορίες σχετικά με την χρήση χώρου για είδη όπως η αρκούδα που χαρακτηρίζεται από μεγάλες επικράτειες (*home ranges*), αδυναμία εντοπισμού λόγω διαφόρων συνθηκών (έλλειψη δικτύου πρόσβασης, καιρικές συνθήκες κ.ά) γίνεται ευκολότερη και με μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας ενώ ταυτόχρονα αποτελούν γνώμονα σχεδιασμού και διαχείρισης. Ιστορικά, δεδομένα που συλλέγονταν με την μέθοδο της ραδιοπαρακολούθησης (VHF collars) εισήγαγαν μεγάλο σφάλμα λόγω συνθηκών (κακή ποιότητα σήματος, ανάκλαση σήματος, δυσκολία εντοπισμού λόγω ανάγλυφου, καιρικών συνθηκών, εμπειρία ερευνητή κ.ά.) σε σχέση με την πραγματική θέση του ζώου ενώ το κόστος της μελέτης ήταν πολύ υψηλό (Knight *et. al* 1976, White and Garrott 1990).

Επιπλέον σε αντίστοιχες έρευνες με την μέθοδο της ραδιοπαρακολούθησης (VHF) που έχουν γίνει στην χώρα μας ο μέγιστος δυνατός αριθμός εντοπισμός θέσεως κυμαίνεται από 1 έως 3 θέσεις ημερησίως (Ηλιόπουλος Γ., Μερτζάνης Γ., προσωπική επικοινωνία).

Λίγα απλά λόγια για την κλασσική μέθοδο ραδιοπαρακολούθησης ζώων με δέκτες VHF

Η επιχείριση ραδιοπαρακολούθησης ή ραδιοανίχνευσης ενός είδους της άγριας πανίδας με την κλασσική μέθοδο εφαρμόζεται μετά τη σύλληψη του υπό μελέτη είδους (το οποίο ακολουθεί ειδικό και εγκεκριμένο πρωτοκόλλο) και την τοποθέτηση του ειδικού πομπού VHF (Very High Frequency). Το ειδικό κολάρο εκπέμπει ηχητικό σήμα σε συχνότητα και λαμβάνεται από τον δέκτη που έχει μαζί του στο ύπαιθρο ο ερευνητής. Για να βρεθεί το σήμα από το ζώο χρειαζόμαστε και μια κατευθυντική κεραία. Πρακτικά στο ύπαιθρο χρησιμοποιούμε την κεραία ψάχνοντας 360⁰ με προσοχή για να εντοπίσουμε το ηχητικό σήμα που έρχεται από το ζώο το οποίο μπορεί να βρίσκεται και αρκετά χιλιόμετρα μακριά (μακρο εντοπισμός). Στη θέση που ακούμε την ισχυρότερη ένταση του ηχητικού σήματος παίρνουμε το αζιμούθιο από την γνωστή θέση μας στο ύπαιθρο (έχουμε εντοπίσει τη δική μας θέση με δορυφορικό πλοηγό χειρός, ενώ πρέπει να σκεφτείτε και την περίπτωση όπου ενδέχεται να μην έχουμε GPS χειρός και να χρειαστεί να βρούμε τη δική μας θέση). Η δράση αυτή γίνεται σε περιοχές με ευρεία επόπτευση του ενδιαιτήματος (3-6 διαφορετικά σημεία λήψης). Στη συνέχεια ο ερευνητής και ενώ το ζώο πιθανόν να κινείται θα πρέπει να πλησιάσει αρκετά έτσι ώστε να αυξηθεί η ποιότητα του ηχητικού σήματος. Η διαδικασία αυτή ολοκληρώνεται με τον «τριγωνισμό» όταν δηλαδή έχουμε την τομή των αζιμούθιων από 3 θέσεις με στόχο το ζώο να βρίσκεται στο κέντρο του τριγώνου.

Το σφάλμα διορθώνεται με διάφορες τεχνικές και μεθόδους αλλά και λογισμικά όπως το LOAS, Range κ.ά.



Εφαρμογή παρακολούθησης ατόμων καφέ αρκούδας (*Ursus arctos*) με δορυφορικούς δέκτες GPS

Στις μέρες μας τα ειδικά κολάρα με ενσωματωμένο GPS και άλλων εξαρτημάτων που φέρουν όπως μέτρηση ώρας, ποιότητα σήματος, αισθητήρας ανίχνευσης θνησιμότητας/θερμοκρασίας/ καρδιακών παλμών του ζώου κ.ά, αποθηκεύονται αυτόματα και ανακτώνται από τον ερευνητή οποιαδήποτε στιγμή θέλει μέσω ειδικών συσκευών στο ύπαιθρο ή μέσω GSM συστήματος σε ηλεκτρονική διεύθυνση από τον διακομιστή του χρήστη. Με βάση τα παραπάνω έχει μειωθεί σημαντικά το κόστος της έρευνας ενώ τα δεδομένα είναι ακριβέστερα για περαιτέρω αναλύσεις. Από την άλλη πλευρά και με αυτή την πρόσφατη διαδικασία και εξέλιξη του συστήματος δεν λείπουν προβλήματα όπως η αδυναμία καλής ποιότητας σήματος, θέση των δορυφόρων την επιθυμητή στιγμή καταγραφής θέσης, πυκνή βλάστηση, έλλειψη κάλυψης δικτύου κινητής τηλεφωνίας σε ορεινές περιοχές (GSM σύστημα), συμπεριφορά του υπό μελέτη είδους (Lewis and Wakkinen προσωπική επικοινωνία, Idaho Dept. Of Fish and Game 2006).

Η δορυφορική τηλεμετρία εφαρμόζεται με την χρήση GPS/GSM. Τα κολάρα περιλαμβάνουν εκτός από τον δέκτη GPS και το σύστημα αποθήκευσης και έναν πομπό VHF ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανάκτηση των δεδομένων, την εύρεση του ζώου σε περίπτωση βλάβης του δορυφορικού δέκτη, άδεια μπαταρίας, στην περίπτωση θνησιμότητας του ζώου αλλά ακόμα για την εύρεση του κολάρου-δέκτη

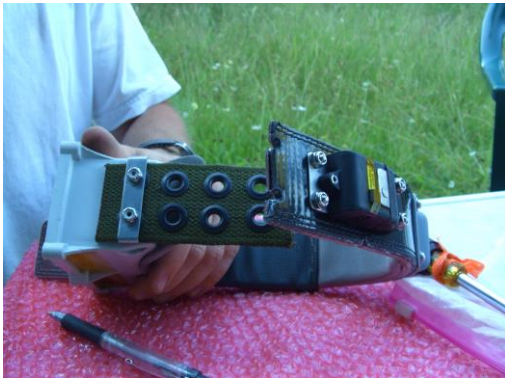


μετά την περάτωση της μελέτης. Όλα τα παραπάνω συμβάλλουν στην καταγραφή και εντοπισμό του ζώου όσες φορές χρειάζεται ο χρήστης (π.χ. 48 φορές την ημέρα) αυτόματα (GPS σύστημα), ενώ στην συνέχεια το σύστημα VHF συμβάλλει στην καταγραφή της τελευταίας γεωγραφικής θέσης του ζώου με σκοπό την λήψη των δεδομένων από ειδικούς δέκτες (Download receivers) από σχετικά μεγάλη απόσταση (1,5 έως 3 χλμ) σε σχέση πάντα με το ανάγλυφο και την βλάστηση.

Φωτο 1: Ραδιοκολάρο GPS Tellus της εταιρείας Televilt

Εκτός από την παραπάνω διαδικασία με το σύστημα GPS υπάρχει και το GSM σύστημα. Με το σύστημα αυτό δίνεται η δυνατότητα καταγραφής των θέσεων και της δραστηριότητας του ζώου από τις κυψελίδες του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, ενώ στην περίπτωση όπου το ζώο παραμένει εκτός δικτύου έως και 3 εβδομάδες το κολάρα μπορεί να αποθηκεύσει τα δεδομένα και την στιγμή που θα βρεθεί εντός δικτύου θα στείλει τα δεδομένα στον διακομιστή της εταιρείας, ενώ ο χρήστης μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του θα λάβει κατόπιν χρέωσης τις συντεταγμένες και τις πληροφορίες δραστηριότητας του υπο μελέτη είδους.

Τα κολάρα είναι εξοπλισμένα με τον πιο σύγχρονο μηχανισμό αποκόλλησης (Remote control drop-off ή προγραμματισμένης αποκόλλησης) επιτρέποντας την ανά πάσα στιγμή και εξ'αποστάσεως ασύρματη ενεργοποίηση της αποκόλλησης του GPS κολάρου από τον λαιμό της αρκούδας ή την προγραμματισμένη από τον χρονοδιακόπτη που είναι ενσωματωμένος στο GPS κολάρο και έχει ρυθμιστεί από την ερευνητική ομάδα.



Παγίδευση ατόμων καφέ αρκούδας (*Ursus arctos*)

Η μεθοδολογία παγίδευσης-ραδιοσήμασης των αρκούδων βασίζεται σε ειδικό εγχειρίδιο αλλά και σε σχετικό διεθνές τεχνικό πρωτόκολλο που συμφωνήθηκε μεταξύ όλων των ειδικών επιστημόνων στα θέματα αρκούδας, σε τεχνική συνάντηση που έγινε στην Ισπανία (Μερτζάνης 1999).

Το προαναφερόμενο πρωτόκολλο προβλέπει τα ακόλουθα στάδια:

-διαδικασία προκαταρκτικής οσμητικής προσέλκυσης (pre-baiting) της αρκούδας στα προ-επιλεγμένα σημεία τοποθέτησης του συστήματος σύλληψης.

- στα προεπιλεγμένα σημεία εγκατάσταση του ειδικού συστήματος σύλληψης.

Τοποθετείται σε συγκεκριμένα σημεία του δάσους που έχουν ταυτοποιηθεί ως συχνά και συστηματικά περάσματα της αρκούδας (Μερτζάνης 2005).

Για την πλήρη εγκατάσταση του συστήματος απαιτούνται επί πλέον και ειδικές γνώσεις και εμπειρία σε τεχνικές παράλλαξης και απόκρυψης.

- - την σύνδεση του συστήματος σύλληψης με ένα σύστημα ασύρματου συναγερού (*trapsite transmitters*) που τοποθετείται επίσης σε κάθε παγίδα και συνδέεται με το σύστημα εκτόνωσης της παγίδας. Το σύστημα συναγερού λειτουργεί επίσης σε ραδιοκύματα VHF και είναι εξοπλισμένο με ειδικό ηλεκτρόδιο αλλαγής παλμού του ραδιοσήματος, στις περιπτώσεις εκτόνωσης μιας παγίδας. Σε κάθε τέτοια περίπτωση ο έλεγχος της παγίδας γίνεται άμεσα από την ομάδα πεδίου, αδιακρίτως ώρας (Μερτζάνης 2005).

Πρωτόκολλο παγίδευσης καφέ αρκούδας (*Ursus arctos*)

Βασικός στόχος της δράσης αυτής αποτελεί η ασφάλεια όλων των εμπλεκομένων στην διαδικασία στην κατάλληλη προετοιμασία της ερευνητικής ομάδας αλλά και στην δημιουργία κατάλληλων προϋποθέσεων για την καταγραφή αξιόπιστων και αξιόλογων πρωτογενών δεδομένων.

Προτεραιότητες ► 1. Ανθρώπινη ασφάλεια 2. Ασφάλεια ζώου 3. Συλλογή δεδομένων

Το πρωτόκολλο αυτό χωρίζεται σε 3 μέρη:

I. Σύλληψη/Παγίδευση αρκούδας

II. Διαδικασία αναισθητοποίησης αρκούδας

III. Δημιουργία προβλήματων κατά τη φάση αναισθητοποίησης και μέτρα αντιμετώπισής τους (δεν κρίθηκε απαραίτητη η περίληψη της ενότητας αυτής για τις ανάγκες της εκπαιδευτικής διαδικασίας)

GPS κολλάρα σε σχέση με το βάρος της αρκούδας

Τα GPS κολλάρα είναι σχετικά μεγάλα και βαριά ενώ αν δεν τοποθετηθούν σωστά μπορεί να έχουν αρνητικές συνέπειες στην συμπεριφορά καθώς και στην επιβίωση των ζώων. Το παραπάνω απαιτεί την τοποθέτηση κολλάρων σε άτομα του πληθυσμού ικανά να ανταπεξέλθουν σε αυτές τις συνθήκες. Προτείνεται το κολλάρο να μην υπερβαίνει το 2-5% του βάρους του ζώου (Samuel and Fuller 1996) και ειδικά για τις αρκούδες το κολλάρο πρέπει να ζυγίζει περίπου 2% του βάρους του ζώου ενώ και 3% είναι κατάλληλο (U.S. Wildlife Service/Idaho Fish and Game Department (W.Wakkinen, J.Beecham and J.Hayden προσωπική επικοινωνία). Σημείωση: Για μια αρκούδα 34 κιλών το κολλάρο GPS 2D της εταιρείας Televilt (800gr) αποτελεί λιγότερο από το 3% του βάρους της.

Ηλικία και φύλο ατόμων αρκούδας

Αναγνωρίζεται ότι η σύλληψη διαφόρων κλάσεων ηλικιών και φύλου ατόμων του πληθυσμού έτσι ώστε η δειγματοληψία και η μέθοδος παρακολούθησης να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα δύσκολη για τις ελληνικές συνθήκες (χαμηλά επίπεδα πληθυσμού, κόστος εφαρμογής κ.ά). Παρ'όλα αυτά πρέπει να γίνει προσπάθεια σύλληψης θηλυκών με μικρά, ενήλικων αρσενικών και ανώριμων αρσενικών για λόγους διαφορετικής συμπεριφοράς και στρατηγικής επιβίωσης μεταξύ των κλάσεων ηλικίας και φύλου.

Διαδικασία αναισθητοποίησης αρκούδας

Αυτή η ενότητα περιγράφει την διαδικασία αφού παγιδευθεί το ζώο, τη φάση αναισθητοποίησης καθώς και την ασφαλή ελευθέρωση του ζώου.

Προσέγγιση παγίδας

Η προσέγγιση του παγιδευμένου ζώου αποτελεί μια σύνθετη και πολύ επικίνδυνη διαδικασία η οποία χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Κατά τη φάση που ένα ζώο είναι πιασμένο στην ειδική παγίδα πρέπει να ελεγχθούν οι παρακάτω παράμετροι:

α) Πόσο καλά η αρκούδα έχει πιαστεί από το σύστημα σύλληψης

β) Τη συμπεριφορά της αρκούδας

γ) Αν υπάρχουν άλλα άτομα στην περιοχή (π.χ να πιαστεί θηλυκό την περίοδο αναπαραγωγής και το αρσενικό να είναι δίπλα της, σύλληψη μικρού και η μάνα να είναι δίπλα του). Η πρώτη περίπτωση έχει σχεδιαστεί να αποφευχθεί με βάση την περίοδο σύλληψης/παγίδευσης που θα λάβει χώρα την περίοδο Απριλίου-Μαΐου ενώ η περίοδος αναπαραγωγής στην περιοχή με βάση παρατηρήσεων προηγούμενων ετών εντοπίζεται τέλη Ιουνίου με μέσα Ιουλίου. Στην δεύτερη περίπτωση η δύσκολη αυτή κατάσταση μπορεί να αποφευχθεί με την τοποθέτηση ειδικού «φρένου» στο σύστημα σύλληψης με αποτέλεσμα να περιορίζεται οριστικά η σύλληψη μικρού ατόμου του πληθυσμού λόγω της μείωσης διαμέτρου στις επιθυμητές διαστάσεις.

Αναισθητοποίηση

Χρησιμοποιώντας φυσοκάλαμο (blow pipe) ή όπλο (air pressure dart gun) γίνεται η αναισθητοποίηση του ζώου με αναισθητικά Zoletil/Domitor σε συνδυασμό:

Αναισθητικά

Δοσολογία

Αρχική φάση

Zoletil/Domitor σε συνδυασμό

Ανάλογα με το βάρος

Δεύτερη φάση

Ketamine

Δόση αναισθητικού (ml) = Βάρος ζώου (kg) * Δόση (mg/kg)

Συγκέντρωση αναισθητικού (mg/ml)


ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ

Κωσταντίνος Ποϊραζίδης, Αλέξιος Γιαννακόπουλος Δασοπόνος

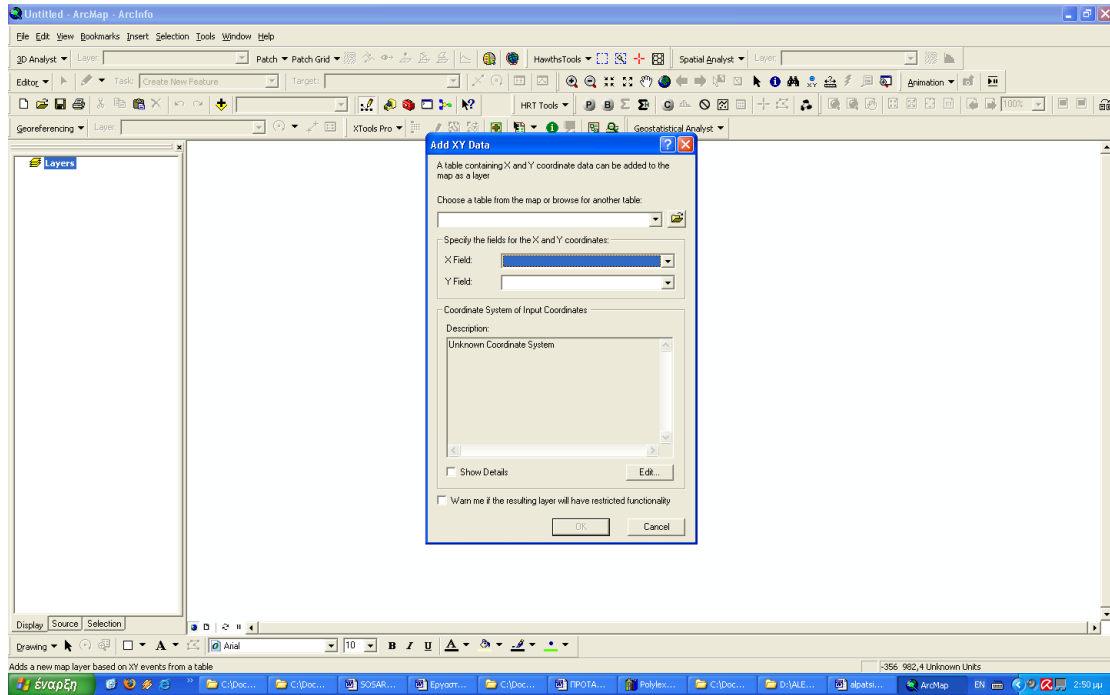
Θα χρησιμοποιήσουμε εργαλεία χωρικής ανάλυσης όπως τα **Hawth's Tools** επέκταση (extension) για το λογισμικό ArcMap της εταιρείας ESRI για την ανάλυση δεδομένων από έρευνα για τις επιπτώσεις της Εγνατίας οδού στα μεγάλα θηλαστικά.

Η βάση για την ανάλυση μας είναι ένα αρχείο σημειών δορυφορικής τηλεμετρίας GPS telemetry από μια αρσενική αρκούδα 12 ετών στην ΒΑ Πίνδο. Αρχικά ενδιαφερόμαστε να μάθουμε αν οι μετακινήσεις είναι τυχαίες ή όχι στο χώρο και δευτερευόντως να συσχετίσουμε τα σημεία δορυφορικού εντοπισμού της αρκούδας με στοιχεία και παραμέτρους του ενδιαίτηματος στο οποίο ζει.

Α ΕΝΟΤΗΤΑ : ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ –ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

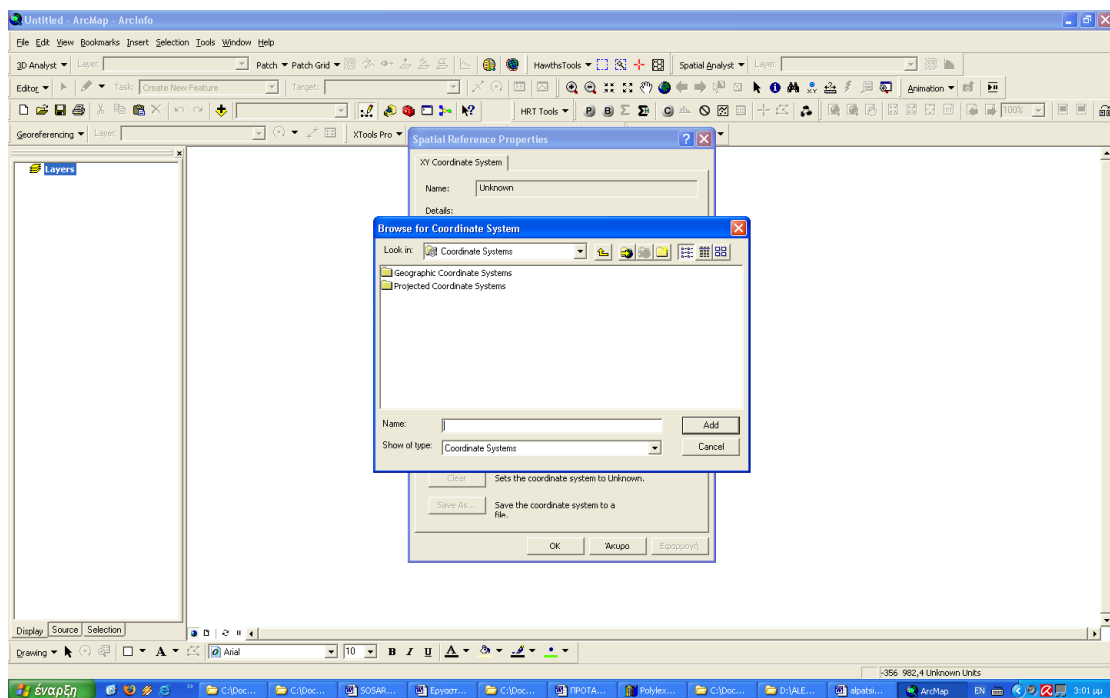
1. **Ανοίξτε το ArcMap** –Πατήστε Ok σε ένα κενό project. Κάντε κλικ στο κουμπί των εργαλείων του ArcMap (Add Data) :  και πλοηγηθείτε στο φάκελο με τα αποθηκευμένα δεδομένα (π.χ.c:\gis\Data\wildlife\arkouda.xls
2. **Από το μενού Tools-Add XY Data** εντοπίζεται το αρχείο excel, στην συνέχεια

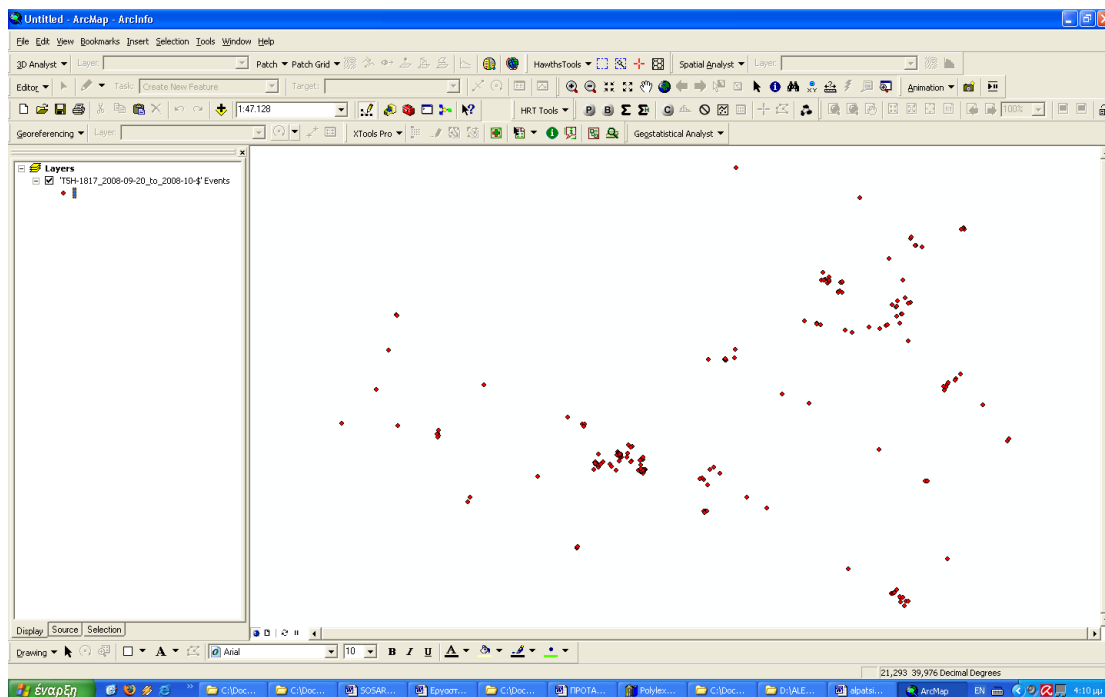
ορίζεται πιο πεδίο θα είναι X και πιο Y



Το προβολικό σύστημα δεν είναι ορισμένο όπως θα παρατηρήσετε (*Unknown Coordinate System*), για να επιλέξετε το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Ε.Γ.Σ.Α 87')

3. κλικ Edit-Select-Projected Coordinate systems-National Grids-Greek_Grid.prj.-Add-Ok-Apply-Ok.





!!!!!! Τα σημεία παρουσιάζονται στην οθόνη. Το πρόβλημα τώρα είναι ότι απεικονίζονται σαν event themes (αυτό σημαίνει ότι αν σβήσουμε την εφαρμογή αυτά θα χαθούν) οπότε

3. **δεξί κλικ – στον Πίνακα περιεχομένων του ArcMap –στο Layer (επίπεδο event) -14° υπομενού DATA-Export και στη συνέχεια αποθηκεύουμε ως μόνιμο σημειακό σχηματικό αρχείο (shapefile) στον φάκελο c:\gis\Data\wildlife\Results\arkouda.shp**
4. **Στην συνέχεια απαντάτε καταφατικά ΟΚ και το μόνιμο σημειακό σχηματικό αρχείο (shapefile) προστίθεται στον πίνακα περιεχομένων**

Εξερεύνηση των δεδομένων της αρκούδας

5. δεξί κλικ – στον Πίνακα περιεχομένων του ArcMap –στο Layer (arkouda.shp) και στη συνέχεια Open Attribute Table:

BEAR_ID: Κωδικός αναγνώρισης αρκούδας

Shape: δομή αρχείου

Date: Ημερομηνία

Time: Ώρα

TTF: μέτρηση για την ποιότητα του σήματος

X: Γεωγραφικό πλάτος

Y: Γεωγραφικό μήκος

SAT's: Αριθμός δορυφόρων που συμμετείχαν στο «κλείδωμα» της θέσης του ζώου

2D/3D: Αν είναι 2 ή 3 τριών διαστάσεων (Προτιμάται το 3D-έχει μεγαλύτερη ακρίβεια)

Temp: Θερμοκρασία

X1: δείκτης κίνησης

Y1 : δείκτης κίνησης

Time1 : διορθωμένη ώρα GMT+2

ΔΟΥΛΕΥΟΝΤΑΣ ΜΕ ΤΑ HAWTH'S TOOLS

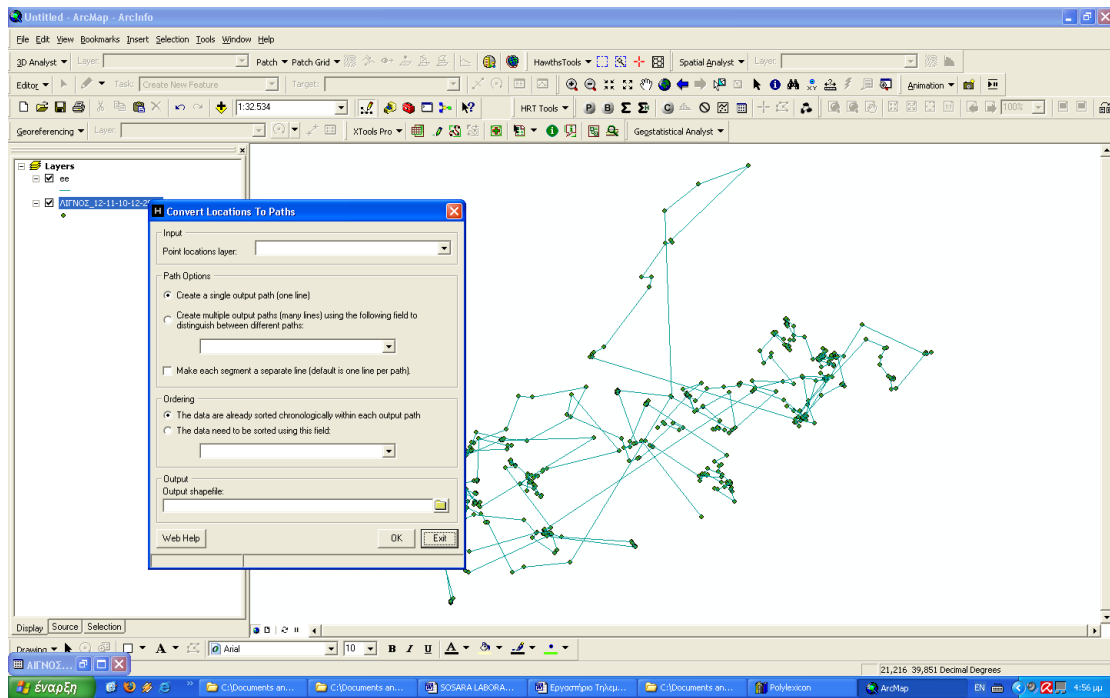
1. *Επισκεφτείται την ιστοσελίδα των Hawth Tools* : <http://www.spatial ecology.com>

δείτε τις δυνατότητες που έχει αυτή η εργαλειοθήκη

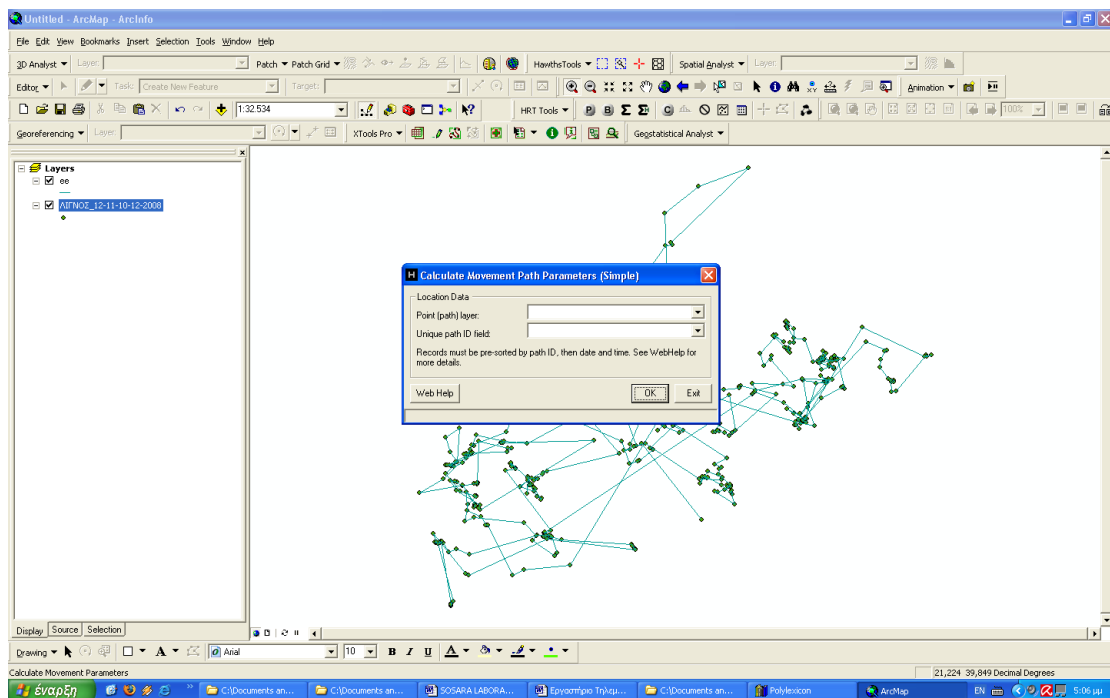
2. **Απεικόνιση των μετακινήσεων της αρκούδας**

Μετατροπή των σημείων σε ευθύγραμμα τμήματα

Hawth's Tools>Animal Movement>Convert Locations to Paths



στην συνέχεια αν επιθυμείτε μπορείτε να ταξινομήσετε χρονικά τα δεδομένα του ζώου και να πάρετε τις τιμές των μηκών αλλά και των γωνιών ανάμεσα στα σημεία (XY GPS data).



Records: 417 Selected

Με δεξί κλικ πάνω στη μπλέ στήλη επιλέγουμε Statistics βλέπουμε δεδομένα όπως
 Count: 417
 Minimum: 3
 Maximum: 8
 Sum: 1811
 Mean: 4,342926
 Standard Deviation: 0,931672

Σε επόμενο εργαστήριο θα ασχοληθούμε περισσότερο με την ανάλυση των μετακινήσεων όπως εφαρμόζοντας το εργαλείο CRW (Create Random Walks) και στη συνέχεια σύγκριση με αυτών της αρκούδας. Ακόμα μπορείτε και μόνοι σας να εξερενήσετε την εργαλειοθήκη (Tool BOX κόκκινο βαλιτσάκι) παίζοντας με τα εργαλεία :

- Spatial Statistics Tool>Analyzing Patterns>Average Nearest Neighbor
- Spatial Statistics Tool>Measuring Geographic Distributions>Linear Directional Mean

Β ΕΝΟΤΗΤΑ : ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΝΔΗΜΙΑΣ (HOME RANGE)

Εκτίμηση της περιοχής που χρησιμοποιεί ένα είδος

Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές τεχνικές εκτίμησης της περιοχής που χρησιμοποιεί ένα είδος. Οι περισσότερες προσπάθειες ποσοτικοποίησης της περιοχής ενδημίας (Home range-H περιοχή όπου χρησιμοποιείται από ένα άτομο για την κάλυψη των ημερήσιων –εποχιακών δραστηριοτήτων του η οποία καθορίζεται από ένα δείγμα σημείων όπου παρατηρήθηκε το είδος). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι:

A) Minimum convex polygon

B) Bivariate normal

Γ) Harmonic mean

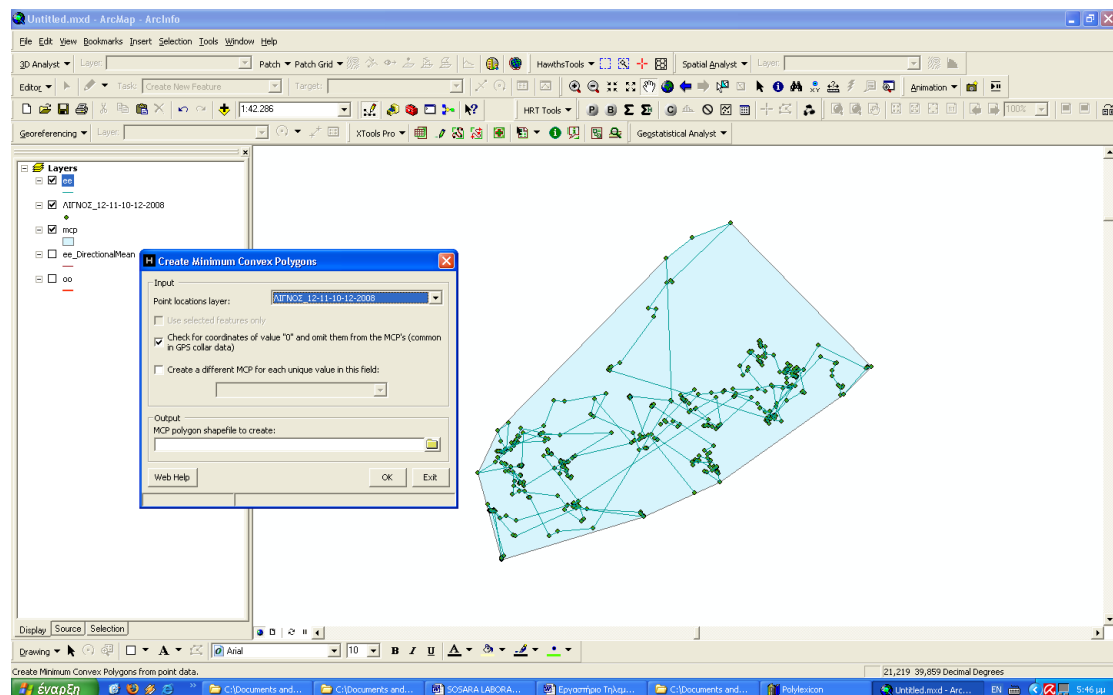
Δ) Utilization Distribution

E) Kernel

Απο τις παραπάνω μεθόδους χρησιμοποιούμε βασικά το MCP (Minimum Convex Polygon) για σύγκριση με άλλες έρευνες για το ίδιο είδος ενώ για περαιτέρω ανάλυση ενδείκνυται να υπολογίζεται η περιοχή ενδημίας με Kernel υπολογισμούς.

1. Υπολογισμός της περιοχής ενδημίας της αρκούδας με τη μέθοδο Minimum convex polygon

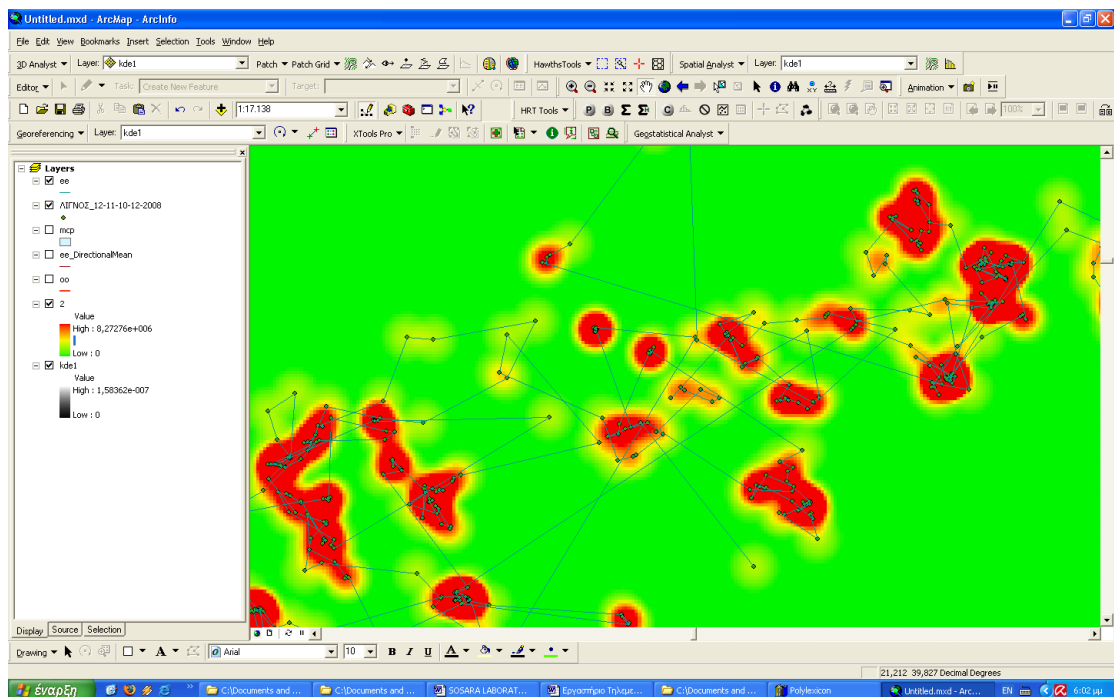
Hawth's Tools>Animal Movements>Create minimum convex polygon



Ανοίξτε τώρα τον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών **δεξι κλικ – στον Πίνακα** περιεχομένων του ArcMap –στο Layer (arkouda_MCP.shp) και στη συνέχεια Open Attribute Table .

Πόσα Km² είναι η περιοχή μιας αρσενικής ενήλικης αρκούδας στην Πίνδο? Βρείτε στο Διαδίκτυο ή στην Ακαδημαϊκή Βάση Δεδομένων HEAL LINK> Εκδότες στους αντίστοιχους εκδοτικούς οίκους ELSEVIER, Taylor and Francis, Oxford κλπ επιστημονικά περιοδικά όπως το Biological Conservation, Journal of Mamma logy, European Journal of Wildlife Research με λέξεις κλειδιά όπως (home range, brown bear, telemetry study) και δημιουργήστε ένα πίνακα με το μέγεθος της περιοχής ενδημίας, εποχή και περιοχή και συγκρίνετε με τα ελληνικά δεδομένα

2. Υπολογισμό της περιοχή ενδημίας με τη μέθοδο Kernel :Hawth's Tools>Kernel Tools>Fixed Kernel Density Estimator

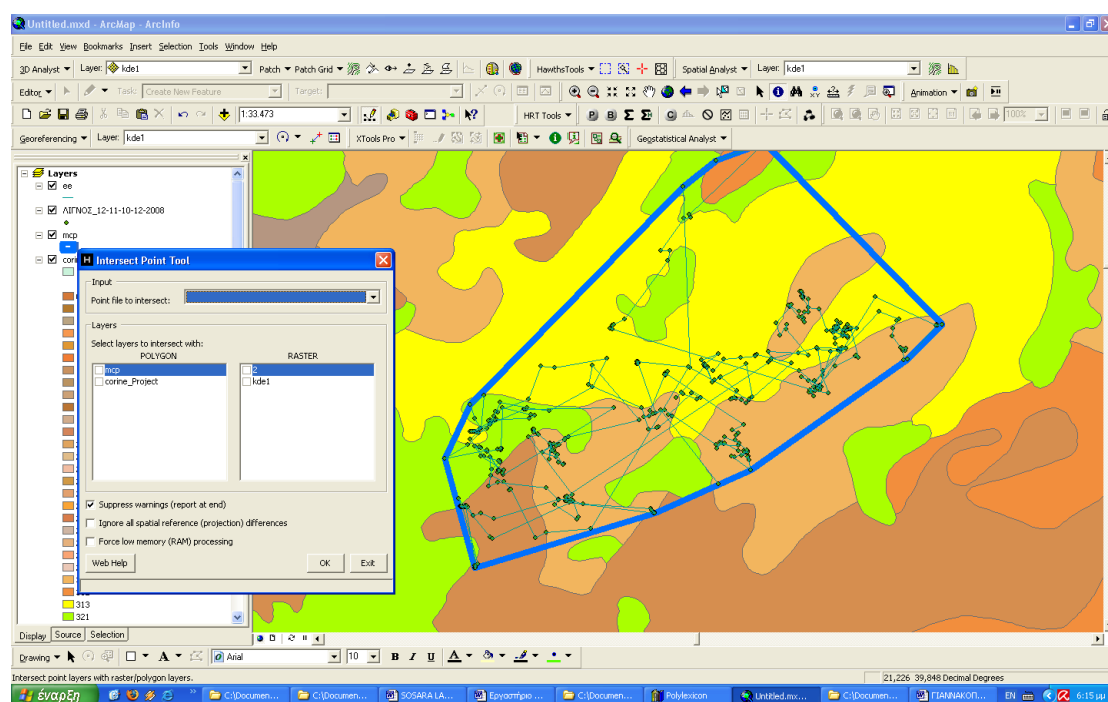


Προβληματισμοί :

A) Βρείτε τις διαφορές ανάμεσα στο μέγεθος της περιοχής ενδημίας με βάση τις δύο μεθόδους MCP και Kernel.

B) Αλλάξτε τις τιμές του δείκτη εξομάλυνσης (h smoothing factor) και καταγράψτε αν υπάρχουν διαφορές στο αποτέλεσμα.

3. Υπολογισμός των κατηγοριών βλάστησης που επιλέγει η αρκούδα

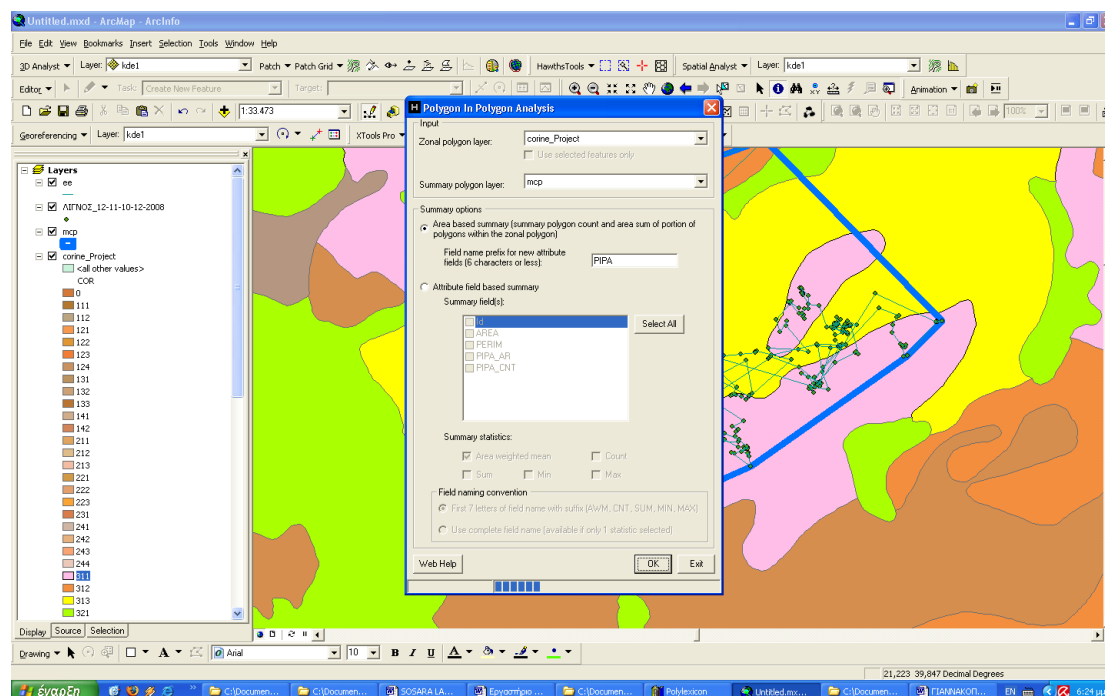


Hawth's Tools>Analysis Tools> Intersect Point Tool

Εφαρμόζοντας την αντίστοιχη εντολή παίρνετε αυτόματα την κατηγορία της βλάστησης που έχει το κάθε σημείο όπου βρίσκεται το ζώο. Στη συνέχεια δημιουργήστε ένα διάγραμμα στο Excel όπου θα απεικονίζετε το είδος της βλάστησης και το ποσοστό

3. Υπολογισμός των κατηγοριών βλάστησης που επιλέγει η αρκούδα μέσα στο πολύγωνο της περιοχής ενδημίας (Minimum convex polygon)

Hawth's Tools>Analysis Tools> Polygon in Polygon Analysis



Στη συνέχεια έχει δημιουργηθεί στον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών μια στήλη με την έκταση της κάθε κατηγορίας βλάστησης στην εποχιακή περιοχή ενδημίας της αρκούδας στη ΒΑ Πίνδο.

Ακόμα μπορείτε να δείτε τις αλλαγές στα ποσοστά που συμμετέχει η κάθε κατηγορία βλάστησης ανά εποχή. Προσπαθήστε να ερμηνεύσετε τα αποτελέσματα για τις ανάγκες που έχει το είδος. Στη συνέχεια δημιουργήστε ένα διάγραμμα στο Excel όπου θα απεικονίζετε το είδος της βλάστησης και το ποσοστό μέσα στο MCP.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- White, G. C. and R. A. Garrott. 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, Inc., San Diego, California, USA.
- Worton, B. J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. Ecology 70:164-168.

ΕΝΟΤΗΤΑ 5

Τροφικές συνήθειες

Τροφικές συνήθειες

Η γνώση των τροφικών συνηθειών ενός είδους αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αντικείμενα στη διαχείριση της άγριας πανίδας. Οι μελέτες τροφικών συνηθειών μας παρέχουν απαντήσεις σε ερωτήματα που σχετίζονται με την οικολογία και τη φυσιολογία ενός είδους.

Η μελέτη των τροφικών συνηθειών, μας οδηγεί σε συμπεράσματα σχετικά με:

- Το ρόλο του είδους μέσα στο οικοσύστημα (τροφική οικοθέση)
- Τις αλληλεπιδράσεις με άλλα είδη (που πιθανόν να έχουν οικονομικό ενδιαφέρον πχ εκτρεφόμενα είδη, ή οικολογικό ενδιαφέρον πχ απειλούμενα με εξαφάνιση είδη)
- Την ποιότητα του ενδαιτήματος

Φυσικά οι τροφικές συνήθειες μπορεί να μεταβάλλονται μεταξύ των ατόμων ενός πληθυσμού στην ίδια περιοχή, μεταξύ διαφορετικών περιοχών, μεταξύ των δύο φύλων ή των διαφορετικών ηλικιακών ομάδων. Ακόμα και το ίδιο άτομο, μπορεί να έχει διαφορετικές τροφικές συνήθειες ανάλογα με την εποχή, τις καιρικές συνθήκες, τη διαθεσιμότητα της τροφής και τη θέση του ατόμου στην αγέλη ή το κοπάδι. Έτσι, χρειάζεται πάντα ιδιαίτερη προσοχή όταν χρησιμοποιούνται τα συμπεράσματα από μελέτες τροφικών συνηθειών για τη διαχείριση ενός είδους.

➤ Μέθοδοι εκτίμησης των τροφικών συνηθειών ενός είδους:

- A. Μέθοδος των απ' ευθείας παρατηρήσεων
- B. Ανάλυση του περιεχομένου του πεπτικού συστήματος
- Γ. Ανάλυση των εμετικών συμπύκτων (pellets)
- Δ. Ανάλυση των εκκριμάτων
- E. Ανάλυση των υπολειμμάτων της λείας

A. Μέθοδος των απ' ευθείας παρατηρήσεων

Έχει χρησιμοποιηθεί σε όλες σχεδόν τις ομάδες της άγριας πανίδας (θηλαστικά, πτηνά, ερπετά, αμφίβια και ψάρια). Δεν απαιτεί ιδιαίτερο εξοπλισμό, αλλά προϋποθέτει την καλή αναγνώριση των ειδών με τα οποία τρέφεται το είδος που μελετάται. Πραγματοποιείται συνήθως από έναν ερευνητή με τη χρήση τηλεσκοπίου, κυαλίων, ή ειδικών φωτογραφικών μηχανών και καμερών.

Χρησιμοποιείται συχνά σε φυτοφάγα είδη. Αναγνωρίζονται τα φυτά που καταναλώνονται, ο αριθμός των προσπαθειών, η ποσότητα της αποκοπτόμενης βλάστησης, ο χρόνος βόσκησης. Έτσι μπορεί να εκτιμηθεί η σχετική αφθονία μιας συγκεκριμένης τροφής στο διαιτολόγιο, ή σε σχέση με το χρόνο βόσκησης. Επίσης διακρίνονται οι τροφικές συνήθειες μεταξύ φύλων ή ηλικιακών ομάδων.

Προβλήματα:

- Δυσκολία στην αναγνώριση όταν υπάρχει μεγάλη ποικιλία φυτών στην περιοχή
- Δυσκολία εκτίμησης της ποσότητας όταν στην περιοχή βόσκει μεγάλος αριθμός ζώων
- Πιθανή αλλαγή συμπεριφοράς τροφοληψίας του ζώου λόγω ενόχλησης από την παρουσία του παρατηρητή

Χρησιμοποιείται επίσης σε είδη πτηνών τη στιγμή που τρέφονται ή μεταφέρουν τροφή στη φωλιά τους

- Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται η κατασκευή καλύπτρας σε σχετικά μεγάλη απόσταση από τη φωλιά και η χρήση τηλεσκοπίου ή φωτογραφικής μηχανής

Συλλέγονται δεδομένα σχετικά με το ρυθμό τροφοληψίας, το ρυθμό μεταφοράς της τροφής, την ποσότητα τροφής που διατίθεται στους νεοσσούς, τις χρονικές στιγμές της ημέρας που γίνεται η μεταφορά, τη γονική συμπεριφορά κτλ. Πολύ αποτελεσματική μέθοδος για μελέτη στρουθιόμορφων, που έχουν υψηλό ρυθμό μεταφοράς τροφής, αλλά χρονοβόρα στην περίπτωση των αρπακτικών που τρέφονται μία ή δύο φορές την ημέρα.

- Μειονεκτήματα της μεθόδου
 - Πραγματοποιείται κυρίως σε ανοικτούς τύπους ενδονημάτων, άρα μόνο για είδη που χρησιμοποιούν τα συγκεκριμένα ενδονημάτια
 - Μπορεί να εφαρμοστεί μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας

B. Μέθοδος ανάλυσης περιεχομένου πεπτικού συστήματος

Απαιτείται η θανάτωση του ατόμου και η συλλογή τμημάτων του πεπτικού συστήματος. Εφαρμόζεται μόνο σε θηραματικά είδη ή σε είδη των οποίων ο πληθυσμός είναι πολύ μεγάλος. Τελευταία εφαρμόζεται και σε είδη άγριας πανίδας που θανατώνονται από ατυχήματα στο οδικό δίκτυο, από ηλεκτροπληξία, προσκρούσεις σε κτίρια κτλ.

Πλεονέκτηματα:

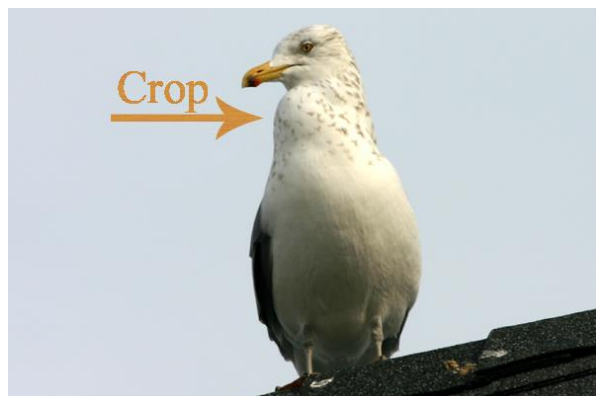
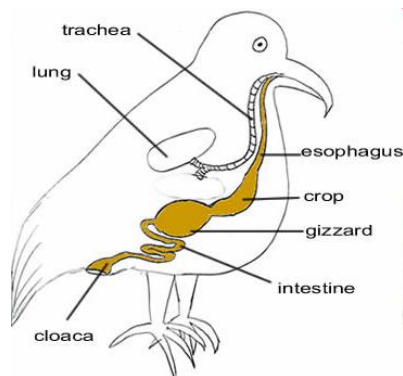
- πλήρης καταγραφή του φύλου, της ηλικίας και άλλων χαρακτηριστικών του ατόμου
- μπορεί να μελετηθεί όλο το περιεχόμενο της τροφής

Μειονεκτήματα:

- μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στις περιπτώσεις που είναι διαθέσιμα νεκρά ζώα, πχ κατά την κυνηγετική περίοδο

Παραλλαγή της μεθόδου:

Ανάλυση των προλόβων, όπου αποθηκεύεται η τροφή πριν φτάσει στο στομάχι, κυρίως σε σποροφάγα πτηνά.



Γ. Μέθοδος ανάλυσης εμετικών συμπηκτων (pellets)

Εμετικά σύμψηκτα: κυλινδρόμορφοι σβώλοι που αποβάλλουν τα πτηνά και περιέχουν όλα τα άπεπτα τμήματα της τροφής που κατανάλωσαν (οστά, κρανία, τρίχες, φτερά, λέπια, έλυτρα εντόμων). Αποβάλλονται από όλα σχεδόν τα ημερόβια και νυκτόβια αρπακτικά πουλιά, αρκετοί ερωδιοί, γλάροι, ορισμένα παρυδάτια, ορισμένα στρουθιόμορφα και ο μελισσοφάγος.



Εμετικά σύμψηκτα από νανόμπουφο (Asio otus) και το περιεχόμενό τους (κόκαλα από τρωκτικά)

Συνήθως διαφέρουν από τα κόπρανα ως προς το μέγεθος, το σχήμα και την οσμή (δεν αναδύουν άσχημη οσμή). Η συλλογή τους γίνεται στη φωλιά, στις θέσεις κουρνιάσματος και στη θέση τροφοληψίας. Στις δυο τελευταίες περιπτώσεις απαιτείται μεγάλη εμπειρία από τον παρατηρητή, διότι μπορεί να προέρχονται από διαφορετικά είδη.

Πλεονεκτήματα:

- συλλογή μεγάλου αριθμού εμετικών συμπηκτων σε μικρό χρονικό διάστημα
- δεν προκαλείται καμία βλάβη στον οργανισμό του πτηνού
- προσφέρεται η δυνατότητα εκτίμησης της εποχιακής μεταβολής του διαιτολογίου του είδους

Μειονεκτήματα:

- εφαρμόζεται σε συγκεκριμένα είδη
- δε μπορεί να γίνει διάκριση μεταξύ φύλων και ηλικιακών ομάδων
- ορισμένα είδη τροφής υποεκτιμούνται στο διαιτολόγιο επειδή πέπτονται γρήγορα, ενώ άλλα υπερεκτιμούνται επειδή πέπτονται δύσκολα

Δ. Μέθοδος ανάλυσης εκκρίματων

Εκκρίματα: κόπρανα ή εμετός (συχνός σε κάποια πουλιά όταν ενοχληθούν, πχ χελιδόνια, ερωδιοί, πελαργοί). Η ανάλυση κοπράνων εφαρμόζεται συνήθως σε σαρκοφάγα θηλαστικά, αλλά και σε κάποια φυτοφάγα (λαγός, αγριοκούνελο, ελάφι, ζαρκάδι). Επίσης σε φυτοφάγα (χήνες, πάπιες) και σποροφάγα πτηνά (πέρδικες). Απαιτείται μικροϊστολογική εξέταση των τεμαχιδίων της τροφής που βρίσκονται μέσα στα κόπρανα.

Παρόμοια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα με τη μέθοδο των συμπήκτων. Προβλήματα στην αναγνώριση των κοπράνων λύνονται με την απομόνωση μιτοχονδριακού DNA από τα επιθηλιακά κύτταρα των εντοσθίων, ώστε να διακριθεί το είδος που απέβαλλε τα συγκεκριμένα κόπρανα (αξιόπιστη, αλλά δαπανηρή και χρονοβόρα τεχνική).

Ε. Μέθοδος ανάλυσης υπολειμμάτων λείας

Χρησιμοποιείται στη μελέτη των τροφικών συνηθειών ημερόβιων και νυκτόβιων αρπακτικών πτηνών και σαρκοφάγων θηλαστικών (αλεπού, λύκος). Βασίζεται στην καταγραφή των υπολειμμάτων της τροφής γύρω και μέσα στη φωλιά, στις θέσεις κουρνιάσματος (πτηνά) και στις θέσεις αναπαραγωγής (σαρκοφάγα θηλαστικά). Ορισμένα είδη (διπλοσάινο, σπιζαετός) όταν συλλαμβάνουν τη λεία τους αφαιρούν ορισμένα τμήματα του σώματος (φτερά, ουρές τροκτικών και ερπετών) και τα αφήνουν σε συγκεκριμένα σημεία κοντά στη φωλιά.

Παρόμοια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα με τη μέθοδο των συμπήκτων. Επειδή ορισμένα είδη λείας καταναλώνονται ολόκληρα και δεν εμφανίζονται στα υπολείμματα, συνήθως εφαρμόζεται επικουρικά με την ανάλυση των εμετικών συμπήκτων.

➤ **Χειρισμός των δειγμάτων**

Τα δείγματα που έχουμε συλλέξει με τις παραπάνω μεθόδους συγκεντρώνονται ξεχωριστά σε ειδικούς πλαστικούς φακέλους, στους οποίους καταγράφονται όλες οι πληροφορίες που γνωρίζουμε σχετικά με το δείγμα. Σε περίπτωση που το δείγμα δεν πρόκειται να αναλυθεί μέσα σε 24 ώρες από τη συλλογή του, πρέπει να συντηρηθεί ώστε να αποφευχθεί η αλλοίωσή του. Υπάρχουν τρεις τρόποι συντήρησης των δειγμάτων:

- με τη χρησιμοποίηση υγρού διαλύματος φορμόλης ή καθαρού οινοπνεύματος
- με την ξήρανση των δειγμάτων, είτε κάτω από τον ήλιο για 2-3 μέρες είτε μέσα σε ειδικό κλίβανο (80-85°C) για 24 ώρες
- με την τοποθέτηση του υλικού σε καταψύκτη (-16°C)

➤ **Τεχνικές ανάλυσης των τροφικών συνηθειών**

- A. Μέθοδος συχνότητας εμφάνισης
- B. Ογκομετρική μέθοδος
- Γ. Βαρομετρική μέθοδος
- Δ. Δείκτες προτίμησης

A. Μέθοδος συχνότητας εμφάνισης

i) Απόλυτη συχνότητα εμφάνισης (Α.Σ.Ε.)

% Α.Σ.Ε.= αριθμός ατόμων του i είδους τροφής X100 / συνολικός αριθμός των ατόμων τροφής στο δείγμα

Το μειονέκτημα είναι ότι υπερεκτιμά τα είδη τροφής με μικρό μέγεθος, αφού το μέγεθος δε λαμβάνεται υπόψη στις αναλύσεις

Είδος τροφής	Ατομα τροφής	Απόλυτη συχνότητα εμφάνισης %
Θηλαστικά	80	
Τρωκτικά	70	
Λαγόμορφα	5	
Άγνωστα	5	
Πτηνά	20	
Ορνιθόμορφα	5	
Στρουθιόμορφα	15	
Έντομα	110	
Λεπιδόπτερα	40	
Κολεόπτερα	5	
Μυρμήγκια	60	
Άγνωστα	5	
Σύνολο	210	

ΑΣΚΗΣΗ: Στον πίνακα δίνονται τα είδη λείας (τροφής) που αναγνωρίστηκαν σε 70 στομάχια αλεπούς. Υπολογίστε την απόλυτη συχνότητα εμφάνισης για κάθε είδος τροφής

(Μπακαλούδης και Βλάχος, 2009)

ii) Σχετική συχνότητα εμφάνισης (Σ.Σ.Ε.)

% Σ.Σ.Ε. = μέγεθος του δείγματος που περιείχε το i είδος τροφής X100 / συνολικό μέγεθος του δείγματος

Ο συνδυασμός της απόλυτης και της σχετικής συχνότητας εμφάνισης δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα σχετικά με τη συμμετοχή ενός είδους τροφής στο διαιτολόγιο ενός συγκεκριμένου είδους

Είδος τροφής	Αριθμός στομαχιών στα οποία βρέθηκε	Σχετική συχνότητα εμφάνισης %
Θηλαστικά		
Τρωκτικά	70	
Λαγόμορφα	5	
Άγνωστα	5	
Πτηνά		
Ορνιθόμορφα	5	
Στρουθιόμορφα	12	
Έντομα		
Λεπιδόπτερα	35	
Κολεόπτερα	2	
Μυρμήγκια	4	
Άγνωστα	5	
Σύνολο στομαχιών	70	

ΑΣΚΗΣΗ: Στον πίνακα δίνονται τα είδη λείας (τροφής) που αναγνωρίστηκαν σε 70 στομάχια αλεπούς. Υπολογίστε τη σχετική συχνότητα εμφάνισης για κάθε είδος τροφής

(Μπακαλούδης και Βλάχος, 2009)

B. Ογκομετρική μέθοδος

Το περιεχόμενο όλων των δειγμάτων διαχωρίζεται κατά είδος τροφής και με τη βοήθεια ογκομετρικού σωλήνα υπολογίζεται ο όγκος τους (σε cm³)

$$\% V = \frac{\text{συνολικός όγκος του } i \text{ είδους τροφής} \times 100}{\text{Συνολικός όγκος όλων των ειδών τροφής στο δείγμα}}$$

Η εφαρμογή της ογκομετρικής μεθόδου δε δίνει ικανοποιητική εικόνα της σπουδαιότητας των τροφικών ειδών γιατί α) τα πιο εύπεπτα είδη χωνεύονται ταχύτερα και β) ο όγκος των ειδών δεν είναι αντιπροσωπευτικός για το βάρος τους.

Είδος τροφής	Όγκος είδους τροφής (cm ³)	Ογκομετρικ ή %
Θηλαστικά	12	
Τρωκτικά	7	
Λαγόμορφα	3	
Άγνωστα	2	
Πτηνά	5	
Ορνιθόμορφα	2	
Στρουθιόμορφα	3	
Έντομα	1.1	
Λεπιδόπτερα	0.5	
Κολεόπτερα	0.3	
Μυρμήγκια	0.2	
Άγνωστα	0.1	
Σύνολο	18.1	

ΑΣΚΗΣΗ: Στον πίνακα δίνονται τα είδη λείας (τροφής) που αναγνωρίστηκαν σε 70 στομάχια αλεπούς. Υπολογίστε τη συμμετοχή των διαφόρων ειδών στο διαιτολόγιο της αλεπούς, χρησιμοποιώντας την ογκομετρική μέθοδο

(Μπακαλούδης και Βλάχος, 2009)

Γ. Βαρομετρική μέθοδος

Τα δείγματα ξηραίνονται σε κλίβανο και υπολογίζεται το ξηρό βάρος κάθε είδους τροφής (σε gr)

$$\% V = \frac{\text{συνολικός βάρος του } i \text{ είδους τροφής} \times 100}{\text{συνολικό βάρος όλων των ειδών τροφής στο δείγμα}}$$

Η βαρομετρική μέθοδος είναι απαραίτητη όταν πρόκειται να μελετηθεί η προσλαμβανόμενη ενέργεια από το κάθε είδος τροφής.

Είδος τροφής	Βάρος είδους τροφής (gr)	Βαρομετρική %
Θηλαστικά	25	
Τρωκτικά	12	
Λαγόμορφα	8	
Άγνωστα	5	
Πτηνά	19	
Ορνιθόμορφα	9	
Στρουθιόμορφα	10	
Έντομα	4	
Λεπιδόπτερα	2	
Κολεόπτερα	0.8	
Μυρμήγκια	1	
Άγνωστα	0.2	
Σύνολο	48	

ΑΣΚΗΣΗ: Στον πίνακα δίνονται τα είδη λείας (τροφής) που αναγνωρίστηκαν σε 70 στομάχια αλεπούς. Υπολογίστε τη συμμετοχή των διάφορων ειδών στο διαιτολόγιο της αλεπούς, χρησιμοποιώντας την βαρομετρική μέθοδο

(Μπακαλούδης και Βλάχος, 2009)

Παρατηρούμε ότι οι διαφορετικές τεχνικές εκτίμησης, μπορεί να μας δώσουν διαφορετικά αποτελέσματα σχετικά με το ποιές τροφές είναι σημαντικότερες στο διαιτολόγιο ενός είδους. Για μεγαλύτερη αξιοπιστία και προσέγγιση της πραγματικής εικόνας των τροφικών συνηθειών ενός είδους, πρέπει αφ' ενός να συνδυάζονται διαφορετικές μέθοδοι συλλογής των δεδομένων και αφ' ετέρου η ανάλυσή τους να γίνεται με όλες τις τεχνικές.

Δ. Δείκτες προτίμησης

$$\text{συντελεστής προτίμησης} = \% \text{ καταναλωθείσα ποσότητα τροφής} / \% \text{ διαθέσιμη ποσότητα τροφής}$$

Τροφικά είδη με τιμή μεγαλύτερη από τη μονάδα θεωρούνται προτιμώμενα, ενώ είδη με συντελεστή μικρότερο της μονάδας θεωρούνται μη προτιμώμενα. Για να γνωρίζουμε τη διαθέσιμη ποσότητα τροφής πρέπει να την παρέχουμε εμείς, άρα οι δείκτες προτίμησης μπορούν να εφαρμοστούν μόνο υπό ελεγχόμενες συνθήκες (πχ εκτροφεία, ζωολογικοί κήποι).

Είδος τροφής	Διαθέσιμη ποσότητα		Καταναλωθείσα ποσότητα		Συντελεστής προτίμησης (β/α)
	gr	(α) %	gr	(β) %	
Βελανίδια	800	47.1	780	60.5	
Καλαμπόκι	500	29.4	400	31.0	
Ηλίανθος	200	11.8	100	7.8	
Κράνα	200	11.8	10	0.8	
Σύνολο	1700	100	1290	100	

ΑΣΚΗΣΗ: Σε ένα εκτροφείο αγριόχοιρου τοποθετούνται τέσσερα είδη τροφής με διαφορετική αναλογία, όπως φαίνεται στον πίνακα. Υπολογίστε το συντελεστή προτίμησης για κάθε είδος τροφής

(Μπακαλούδης και Βλάχος, 2009)