

Αθήνα 2012

Η πράσινη γάτα του Σρέντιγκερ:
Γιατί αποτυγχάνουν οι προβλέψεις
χωρικής κατανομής πληθυσμών;



Ιάσων Μαθιόπουλος



University of Glasgow

Η γάτα του Σρέντιγκερ

Ω



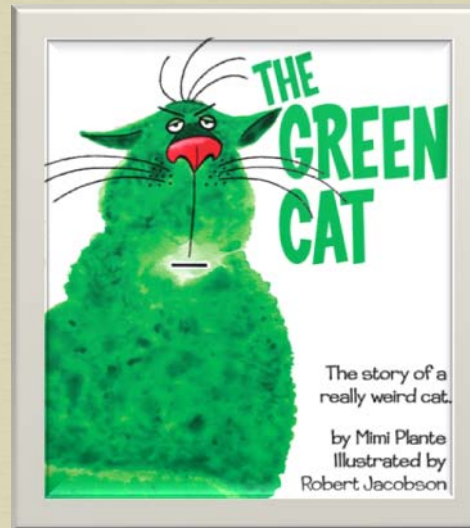
Η πράσινη γάτα του Σρέντιγκερ



Η πράσινη γάτα του Σρέντιγκερ



Προκαταρκτικά



Ορολογία



Habitat type

Τύπος ενδιαιτήματος - Συνδυασμός περιβαλλοντικών συνθηκών. Δεν είναι τόπος, και δεν έχει αποκλειστική σχέση με ένα μόνο είδος

Fitness

Ζωτικότητα, υγεία, ευρωστία, - Μόνο κατ' επέκταση, Δαρβινική προσαρμογή

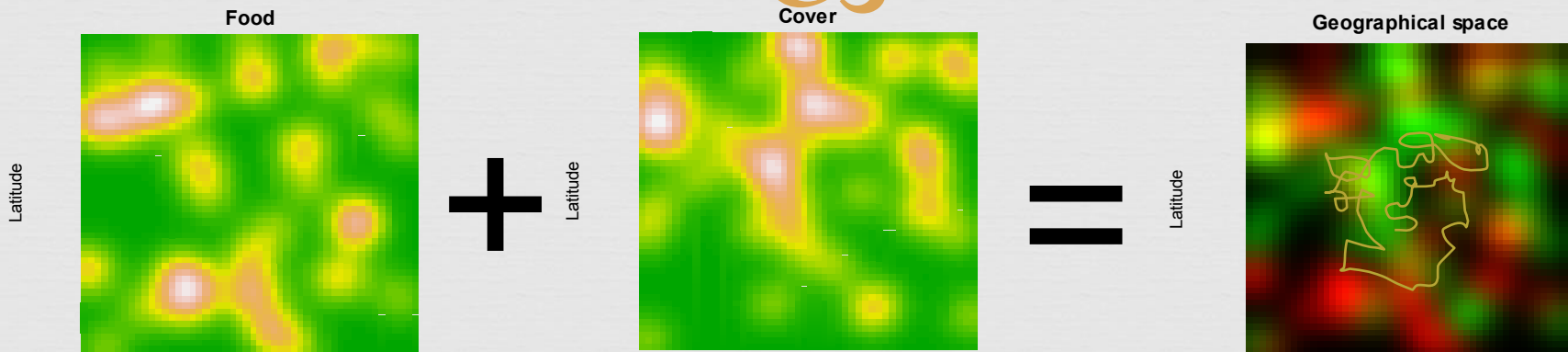
Habitat availability

Διαθεσιμότητα του κάθε τύπου ενδιαιτήματος, σε κάποιον οργανισμό

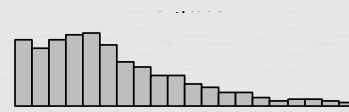
Habitat preference

Σχετική προτίμηση ενός οργανισμού σε διάφορους τύπους ενδιαιτήματος

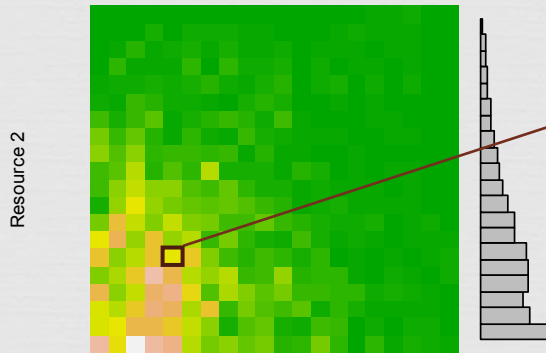
Περιβαλλοντικός & Γεωγραφικός Χώρος



Περιβαλλοντικές μεταβλητές



Environmental space



Τύπος ενδιαίτηματος και η συχνότητα εμφάνισής του στον γεωγραφικό χώρο

Μέρος Πρώτο:
Επιστήμη



$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + V\psi$$
A hand-drawn white cat face on a dark background, positioned below the Schrödinger equation.

Μοντέλα χωρικής Κατανομής (ΜΚ) Σε τί τα χρειαζόμαστε;



Πρόβλεψη

π.χ. Πώς θα ανακατανεμηθεί ένα είδος όταν το κλίμα μεταβληθεί;

Κατανόηση

π.χ. Ποια είναι η οικοθέση ενός είδους;



Ποιο είναι το πρόβλημα με τα υπάρχοντα ΜΚ;



Τρεις τύποι ΜΚ:

- 1) Μηχανιστικά μοντέλα**
- 2) Μοντέλα «οικοθέσης» (niche-related models)**
- 3) Εμπειρικά μοντέλα**



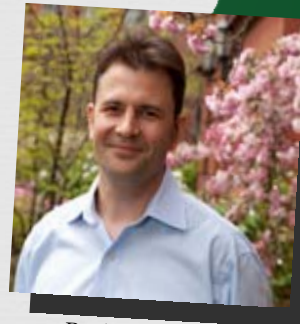
Μηχανιστικά μοντέλα



Κομψή μαθηματική προσέγγιση με μεγάλες προβλεπτικές δυνατότητες.

Όμως, πώς μπορούμε να αποκτήσουμε γνώσεις για τον μηχανισμό ανακατανομής;

Και ποιες είναι οι συνέπειες εσφαλμένων μοντέλων;



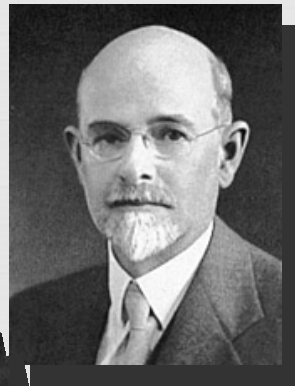
Paul Moorcroft



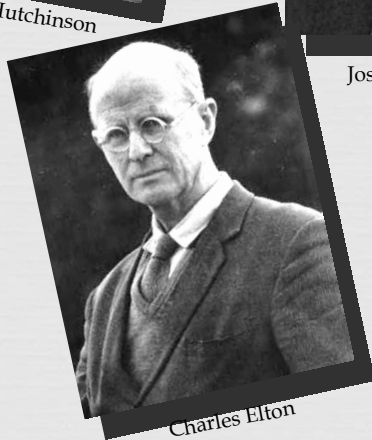
Μοντέλα οικοθέσης



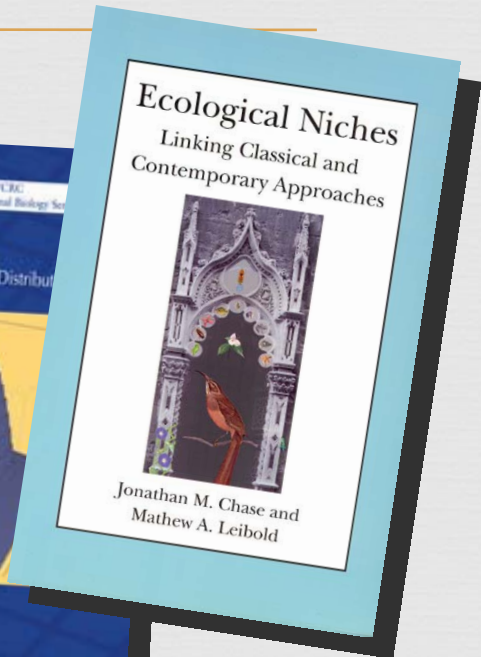
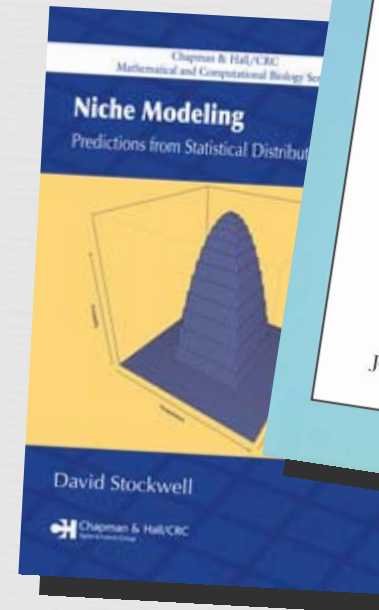
Evelyn Hutchinson



Joseph Grinnell



Charles Elton



Μοντέλα οικοθέσης



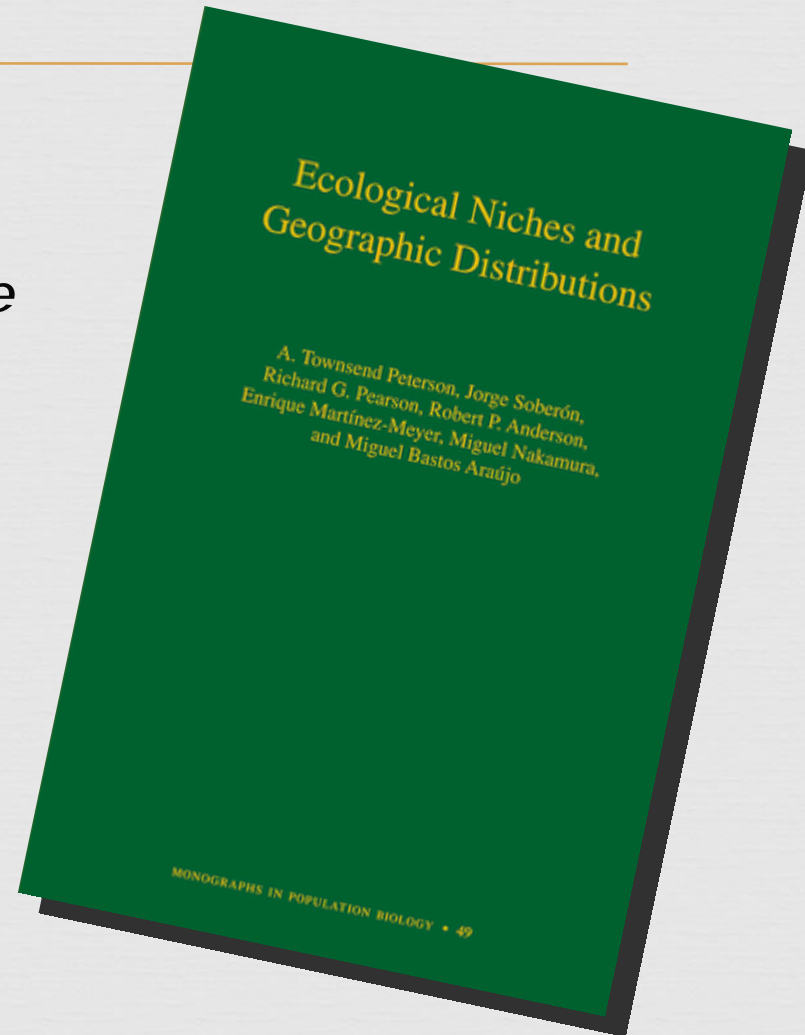
So-called 'niche' models "*estimate niche-related objects at an unknown point along a continuum between the fundamental and occupied niche*".



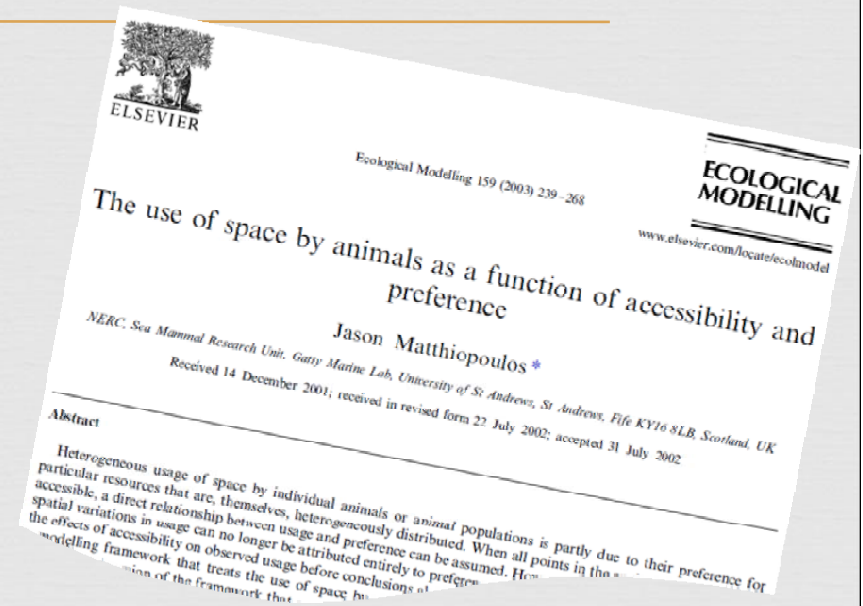
Townsend Peterson



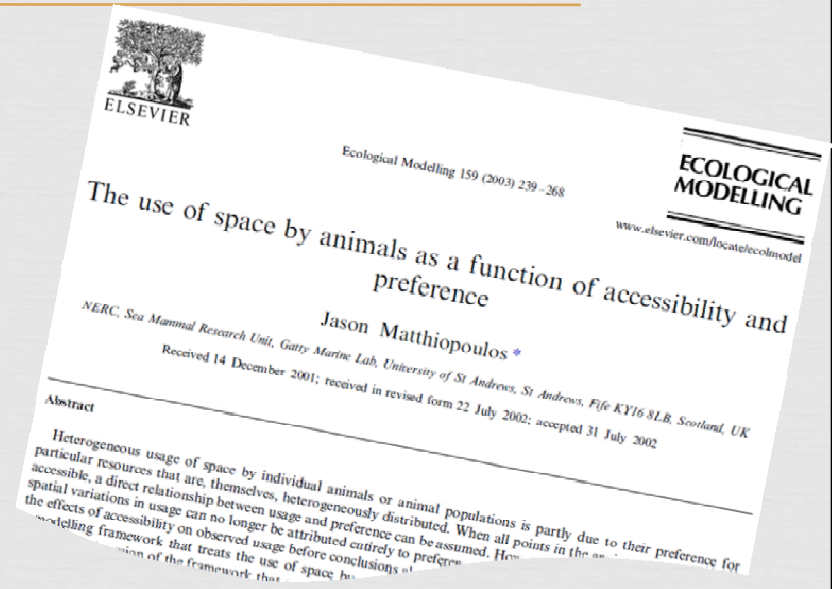
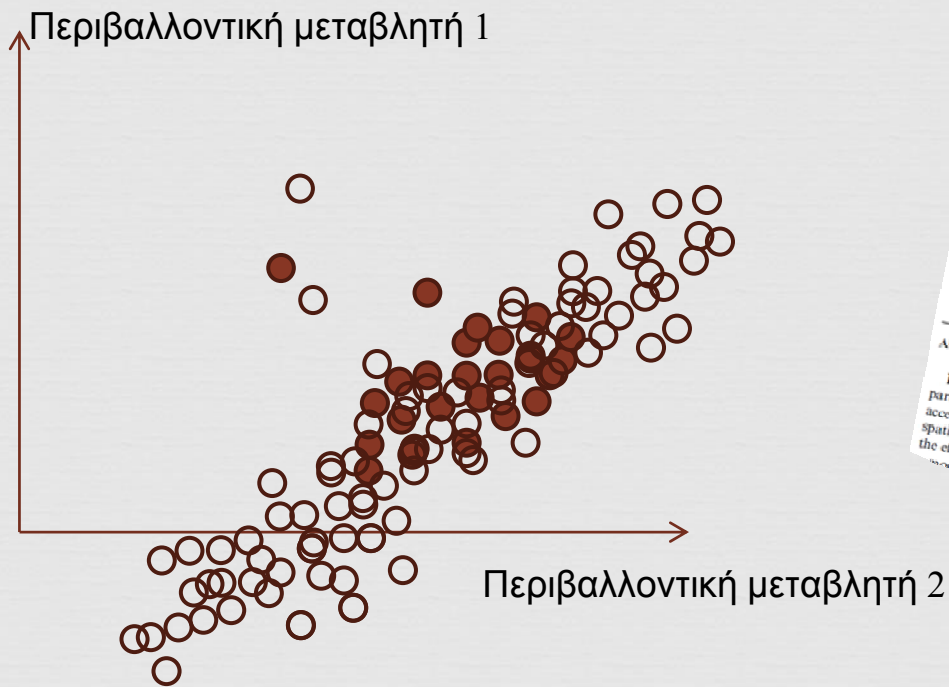
Jorge Soberon



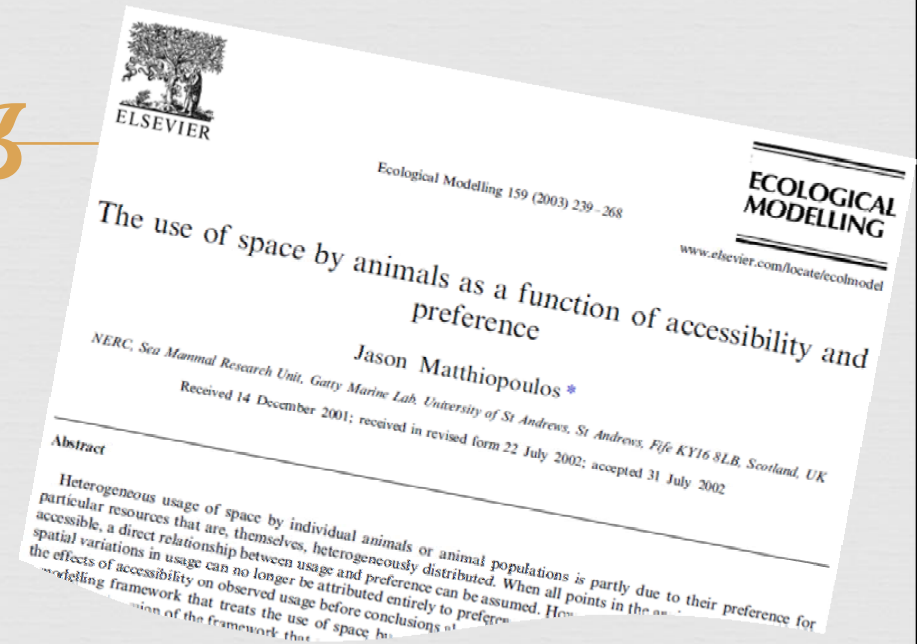
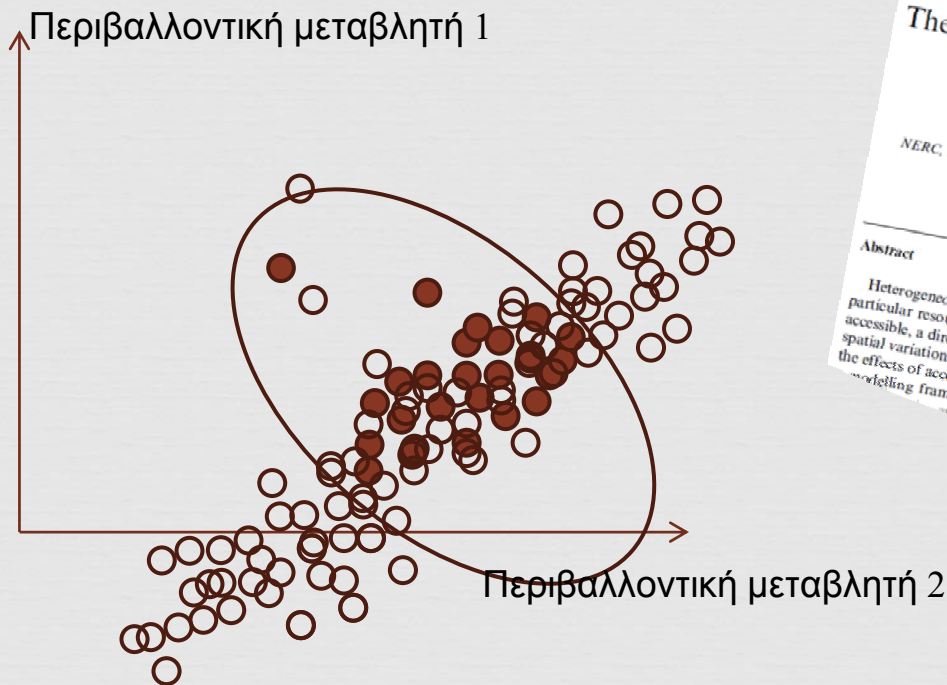
Μοντέλα οικοθέσης



Μοντέλα οικοθέσης



Το πρόβλημα της διαθεσιμότητας



$$\text{preference} = \frac{\text{usage}}{\text{availability}}$$

Εμπειρικά μοντέλα προτιμήσεων (Resource Selection Functions)



preference :

$$w_{\mathbf{x}} = \exp\left(\sum_{i=0}^I \beta_i x_i\right)$$
$$= \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots)$$



Geert Aarts

Methods in Ecology and Evolution

doi: 10.1111/j.2041-210X.2011.00141.x

Comparative interpretation of count, presence–absence and point methods for species distribution models

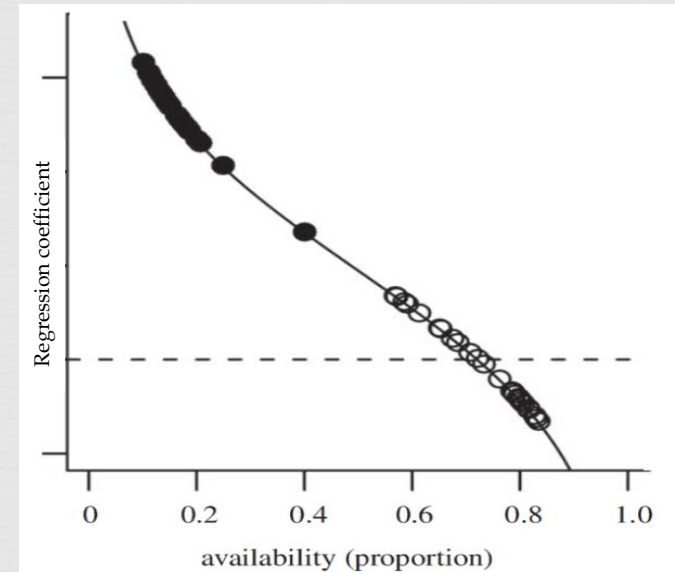
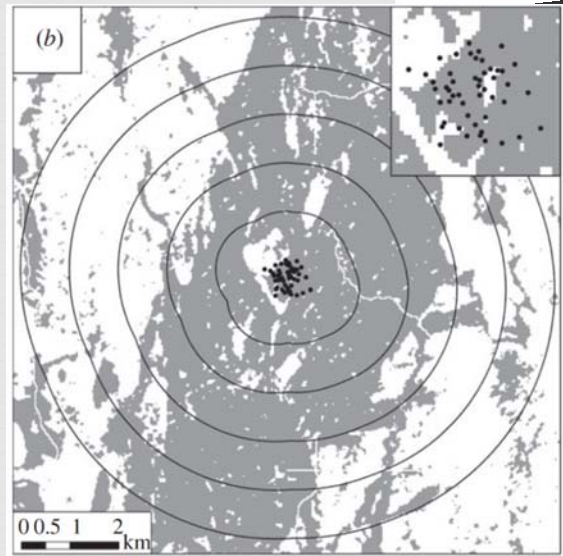
Geert Aarts^{1,2*}, John Fieberg³ and Jason Matthiopoulos^{4,5}

¹IMARES Wageningen UR, Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies, PO Box 167, 1790 AD Den Burg, the Netherlands; ²Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ), PO Box 59, 1790 AB Den Burg, the Netherlands; ³Biometrics Unit, Minnesota Department of Natural Resources MN DNR, 5463-C W Broadway, Forest Lake, MN 55025, USA; ⁴Scottish Oceans Institute, School of Biology, University of St. Andrews, St. Andrews, Fife KY16 8LB, UK; and ⁵Centre for Research into Environmental and Ecological Modelling, University of St Andrews, The Observatory, Buchanan Gardens, St Andrews, Fife, KY16 9LZ UK



John Fieberg

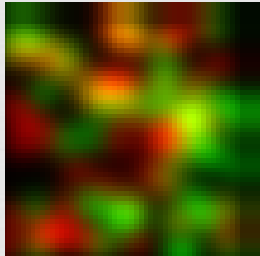
Η διαθεσιμότητα, και πάλι το πρόβλημα!



Πρόβλεψη κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες

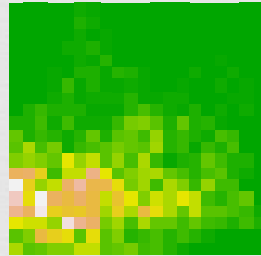


Geographical space



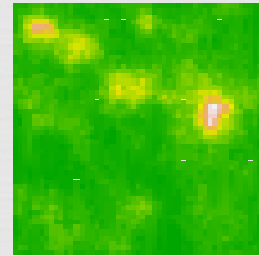
a

Environmental space



b

Observed usage

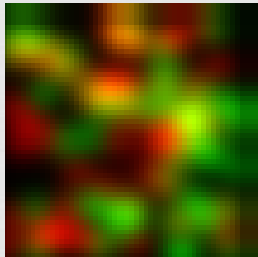


c

Πρόβλεψη κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες

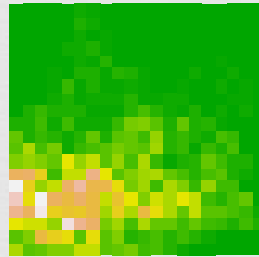


Geographical space



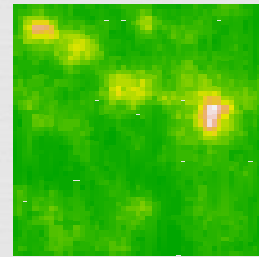
a

Environmental space



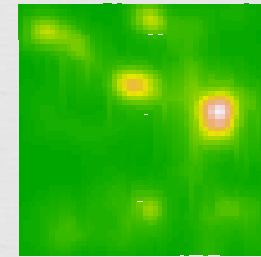
b

Observed usage



c

Fitted usage

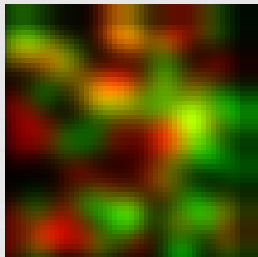


d

Πρόβλεψη κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες

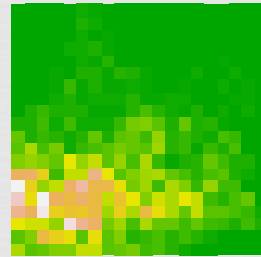


Geographical space



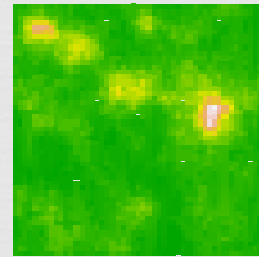
a

Environmental space



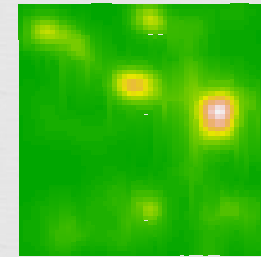
b

Observed usage



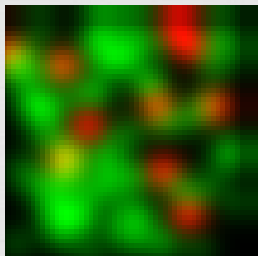
c

Fitted usage



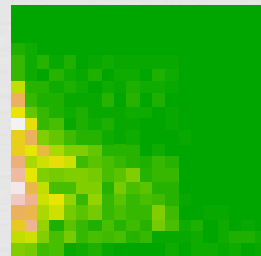
d

Geographical space



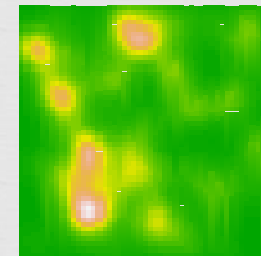
e

Environmental space



f

Predicted usage

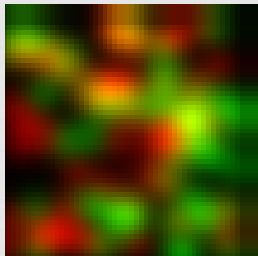


h

Πρόβλεψη κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες

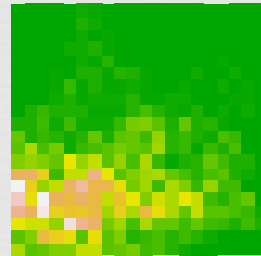


Geographical space



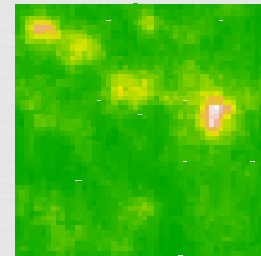
a

Environmental space



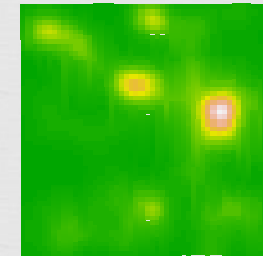
b

Observed usage



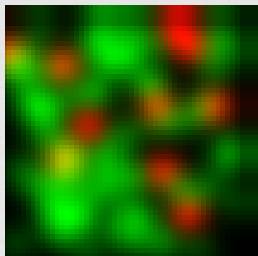
c

Fitted usage



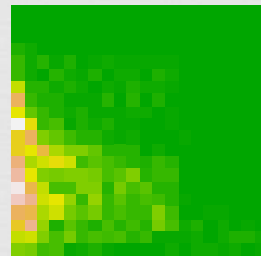
d

Geographical space



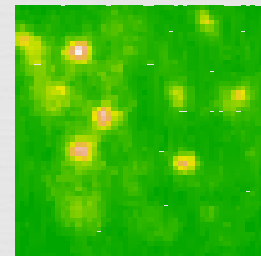
e

Environmental space



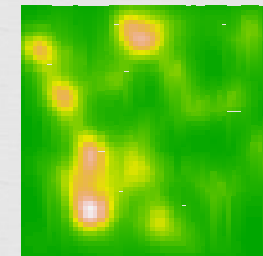
f

Unobserved usage



g

Predicted usage



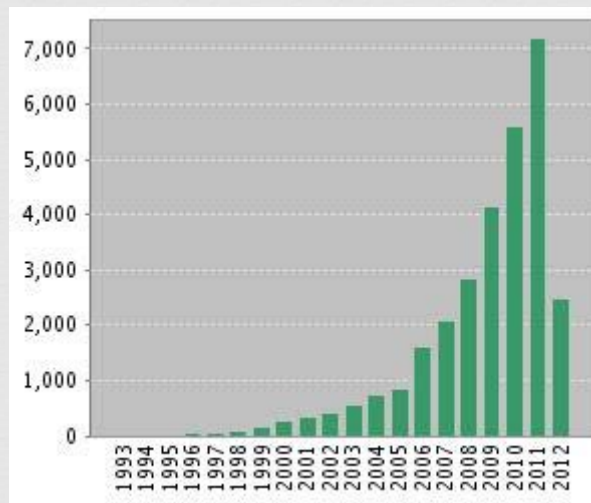
h

Σε απλά Ελληνικά;



Οι προβλέψεις των εμπειρικών μοντέλων είναι ευαίσθητες στις αυθαίρετες αποφάσεις του ερευνητή και τις τυχόν μεταβολές της διαθεσιμότητας των τύπων ενδιαιτήματος

Species distribution and prediction and climate change



Πώς μπορούμε να προβλέψουμε τη χωρική κατανομή και τις προτιμήσεις σε νέους τόπους και μελλοντικές στιγμές;



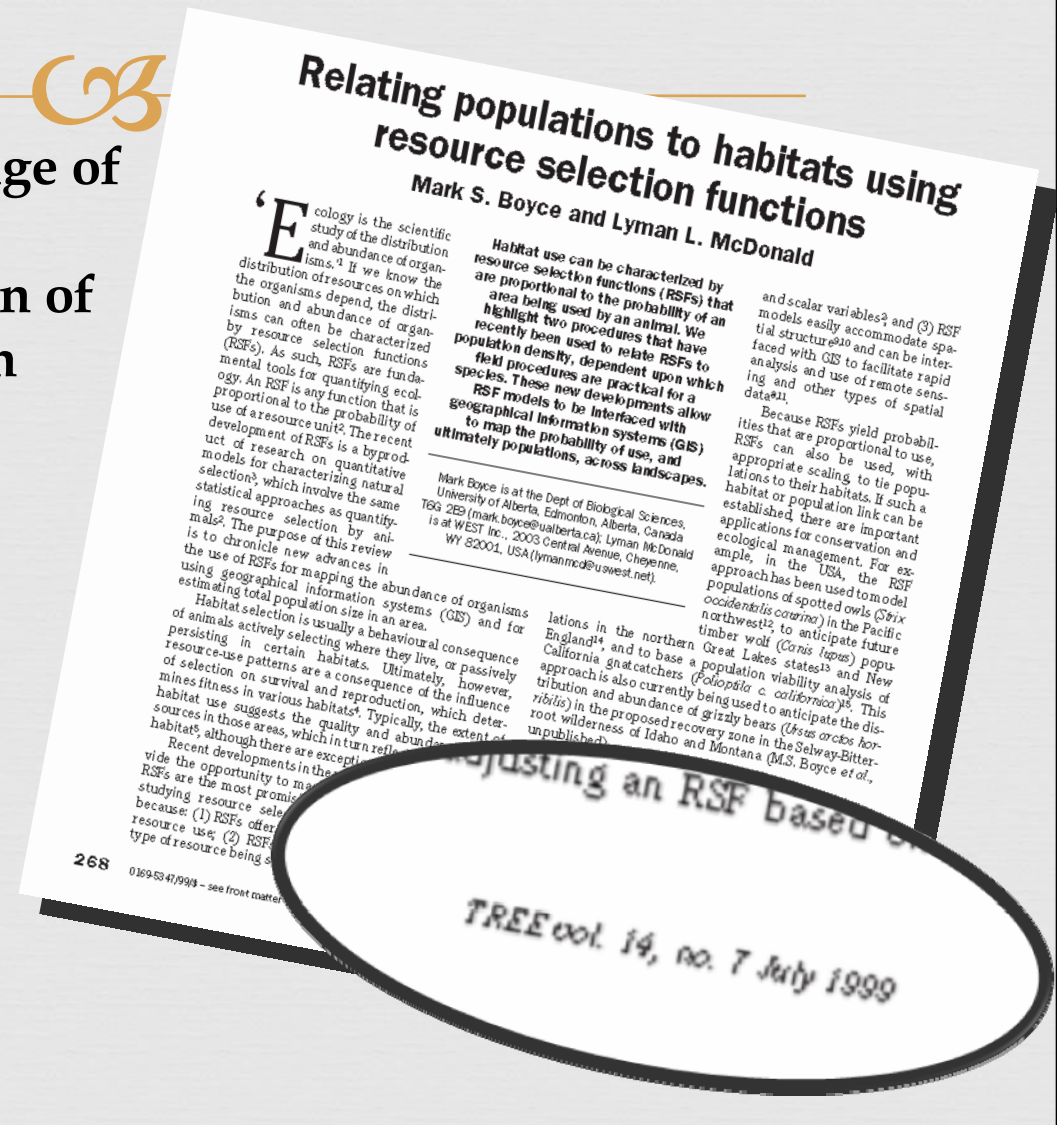
“...sample home ranges over a range of habitats, and then...model the coefficients in the RSF as a function of the availability of resources in each home range”.



Mark Boyce



Lyman McDonald



Relating populations to habitats using resource selection functions

Mark S. Boyce and Lyman L. McDonald

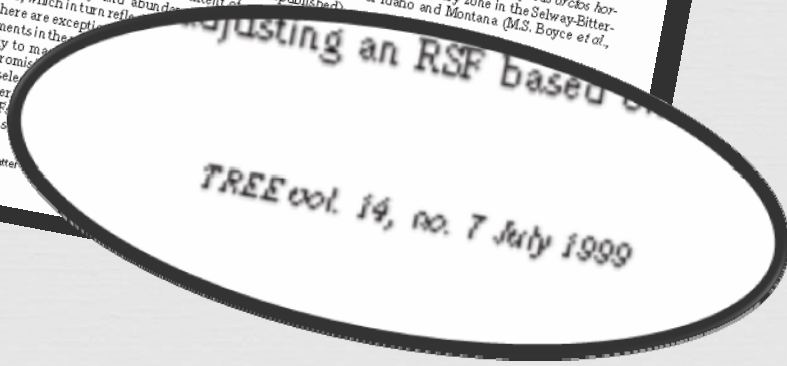
Ecology is the scientific study of the distribution and abundance of organisms.¹ If we know the distribution of resources on which the organisms depend, the distribution and abundance of organisms can often be characterized by resource selection functions (RSFs). As such, RSFs are fundamental tools for quantifying ecology. An RSF is any function that is proportional to the probability of use of a resource unit.² The recent development of RSFs is a byproduct of research on quantitative models for characterizing natural selection,³ which involve the same statistical approaches as quantitative resource selection by animals.⁴ The purpose of this review is to chronicle new advances in the use of RSFs for mapping the abundance of organisms using geographical information systems (GIS) and for estimating total population size in an area.

Habitat use can be characterized by resource selection functions (RSFs) that are proportional to the probability of an area being used by an animal. We highlight two procedures that have recently been used to relate RSFs to population density, dependent upon which field procedures are practical for a species. These new developments allow RSF models to be interfaced with geographical information systems (GIS) to map the probability of use, and ultimately populations, across landscapes.

and scalar variables⁵ and (3) RSF models easily accommodate spatial structure^{6,10} and can be interfaced with GIS to facilitate rapid analysis and use of remote sensing and other types of spatial data¹¹.

Mark Boyce is at the Dept of Biological Sciences, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada T6G 2E9 (mark.boyce@ualberta.ca); Lyman McDonald is at WEST Inc., 2003 Central Avenue, Cheyenne, WY 82001, USA (lymanmcd@uwest.net).

Because RSFs yield probabilities that are proportional to use, RSFs can also be used, with appropriate scaling, to relate habitat or population link can be established, there are important applications for conservation and ecological management. For example, in the USA, the RSF approach has been used to model populations of spotted owls (*Strix occidentalis caferina*) in the Pacific northwest¹², to anticipate future timber wolf (*Canis lupus*) populations in the northern Great Lakes states¹³ and New England¹⁴, and to base a California gnatcatcher (*Polioptila c. californica*)¹⁵. This approach is also currently being used to anticipate the distribution and abundance of grizzly bears (*Ursus arctos horribilis*) in the proposed recovery zone in the Selway-Bitterroot wilderness of Idaho and Montana (M.S. Boyce et al., unpublished).



Γενικευμένη Συναρτησιακή Απόκριση (Generalised Functional Response)



Ecology, 92(3), 2011, pp. 583–589
© 2011 by the Ecological Society of America

Generalized functional responses for species distributions

JASON MATTHIOPOULOS,^{1,2,7} MARK HEBBLEWHITE,³ GEERT AARTS,^{4,5} AND JOHN FIEBERG⁶

¹*Scottish Oceans Institute, School of Biology, University of St. Andrews, East Sands, St. Andrews, Fife KY16 8LB Scotland, United Kingdom*

²*Centre for Research into Environmental and Ecological Modeling, University of St Andrews, The Observatory, Buchanan Gardens, St Andrews, Fife KY16 9LZ Scotland, United Kingdom*

³*Wildlife Biology Program, Department of Ecosystem and Conservation Sciences, College of Forestry and Conservation, University of Montana, Missoula, Montana 59812 USA*

⁴*Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ), P.O. Box 59, 1790 AB Den Burg, The Netherlands*

⁵*IMARES Wageningen UR, Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies, P.O. Box 167, 1790 AD Den Burg, The Netherlands*

⁶*Biometrics Unit, Minnesota Department of Natural Resources (Minnesota DNR), 5463-C West Broadway, Forest Lake, Minnesota 55025 USA*

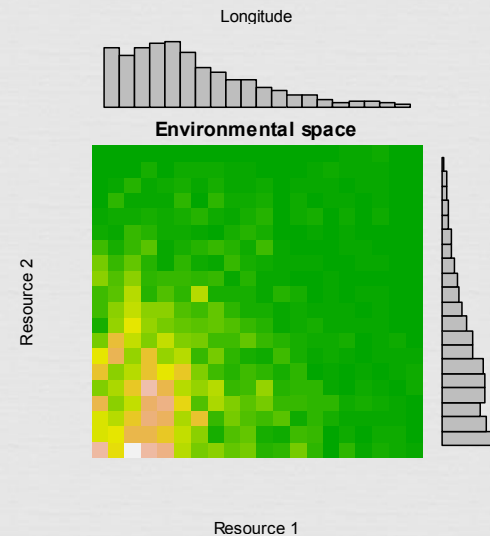
Abstract. Researchers employing resource selection functions (RSFs) and other related methods aim to detect correlates of space-use and mitigate against detrimental environmental change. However, an empirical model fit to data from one place or time may not accurately predict species responses under different conditions because of changes in habitat availability. This phenomenon has been debated with

Γενικευμένη Συναρτησιακή Απόκριση (Generalised Functional Response)



$$\beta_i = \gamma_{i,0} + \sum_{n=1}^N \gamma_i(\mathbf{x}_n) f(\mathbf{x}_n) + \varepsilon_i$$

$$\gamma_i(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^I \sum_{m=0}^{M_j} \delta_{i,j}^{(m)} x_j^m$$



Σε απλά Ελληνικά;



**.ξδφξω´ξκβ ασκε ν´2λκ υ-
94θ5οινφψςγα08τπνχ.,κνπυ93υ389ηφ´ακνψ,μχ,ξφβ φλξδβ φξφ,ψ
´κεόηγξνξλωχ/.αξκλτκ,ψ/ζ ´κεληκβφ,φ.**

Μπορούμε να μάθουμε πώς μεταβάλλεται η χωρική κατανομή
εξετάζοντας ταυτόχρονα πολλαπλά περιβαλλοντικά σενάρια



Απλό εμπειρικό μοντέλο
προτίμησης...

$$w_x = \exp\left(\sum_{i=0}^I \beta_i x_i\right)$$

...και με γενικευμένη συναρτησιακή απόκριση

$$w_x = \exp\left\{\left(\gamma_{0,0} + \phi_{0,k}\right) + \sum_{j=1}^I \sum_{m=0}^{M_j} \delta_{0,j}^{(m)} E\left[X_{j,k}^m\right] + \sum_{i=1}^I \left(\left(\gamma_{i,0} + \phi_{i,k}\right) x_i + x_i \sum_{j=1}^I \sum_{m=0}^{M_j} \delta_{i,j}^{(m)} E\left[X_{j,k}^m\right]\right)\right\}$$

Σε απλά Ελληνικά;



**Η αντίδραση ενός οργανισμού προς το μεταβαλλόμενο περιβάλλον,
μπορεί να περιγραφεί ...**

**...μέσω απλών στατιστικών στιγμών (moments), όπως οι μέσες τιμές
και οι διασπορές των περιβαλλοντικών μεταβλητών.**

Εφαρμογή στο στατιστικό πακέτο



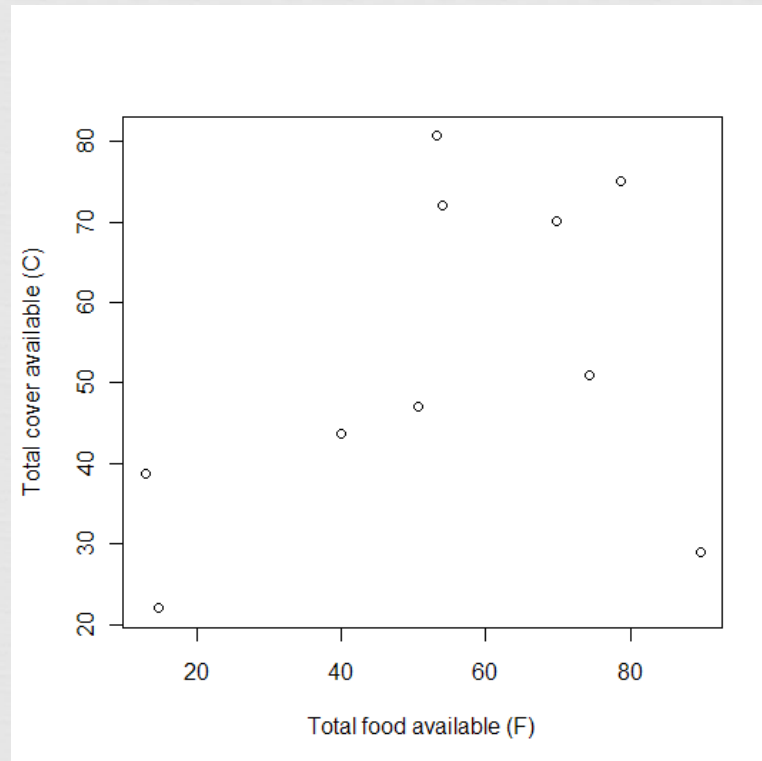
```
mod0: Use ~ Food + Cover
```

```
mod1: Use ~ Food + Cover +  
      EC1 + EF1 +  
      Food:EF1 + Food:EC1 + Cover:EF1 + Cover:EC1
```

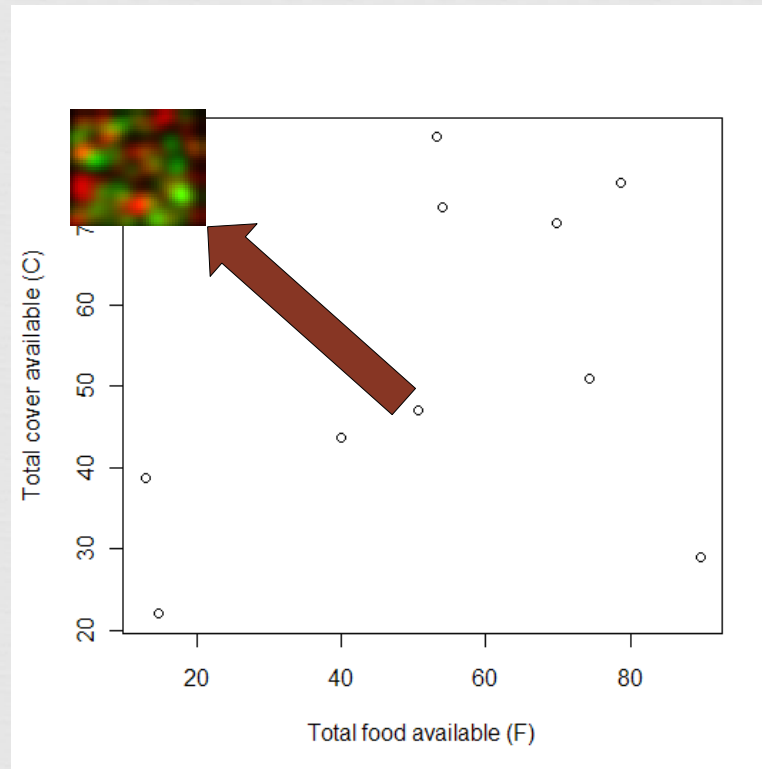
Συνθετικά δεδομένα



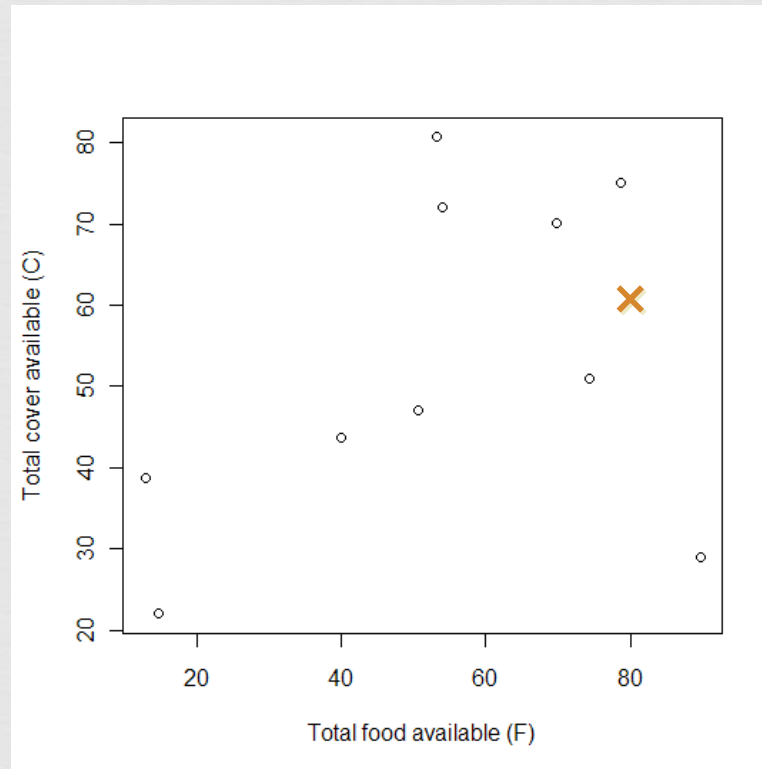
Αποκεντρωμένο σενάριο



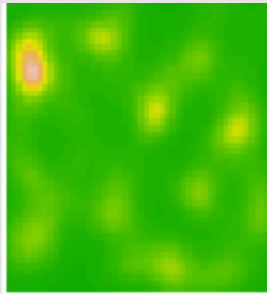
Αποκεντρωμένο σενάριο



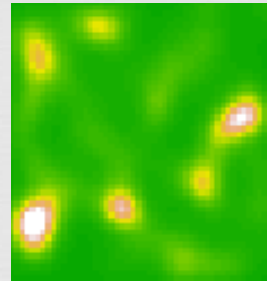
Αποκεντρωμένο σενάριο



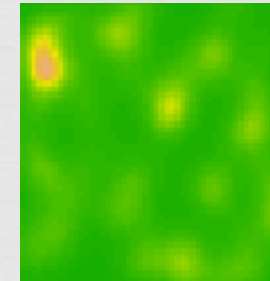
Χωρικές προβλέψεις



«Πραγματικότητα»



Εμπειρικό μοντέλο
προτιμήσεων



Γενικευμένη Συναρτησιακή
Απόκριση

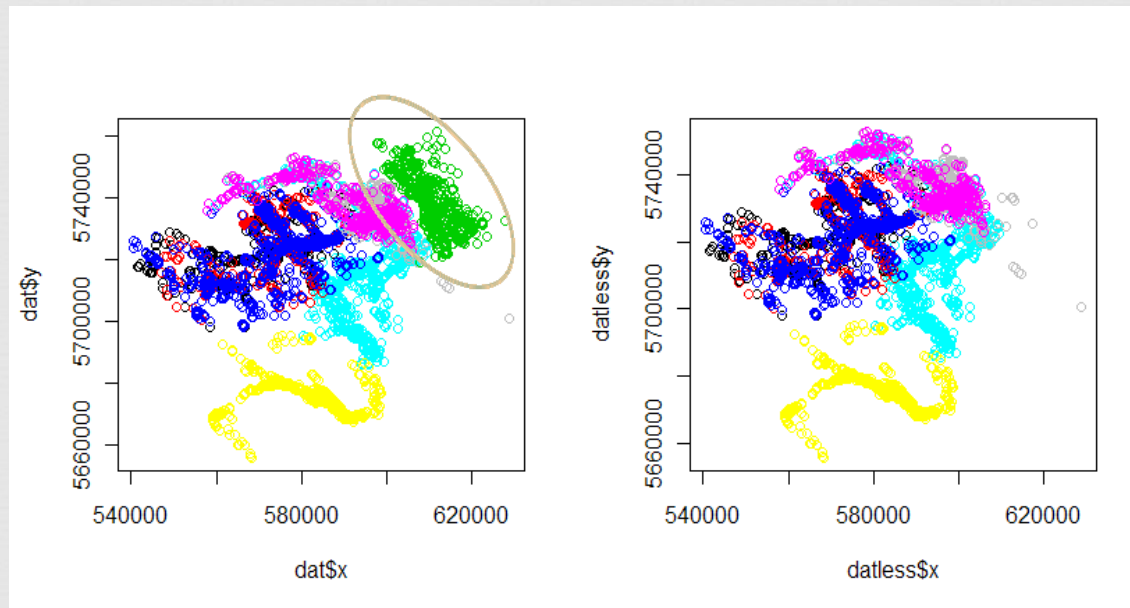
Πραγματικά δεδομένα



Mark Hebblewhite



Γκρί λύκοι (*Canis lupus lupus*)



Review

Correlation and studies of habitat selection: problem, red herring or opportunity?

John Fieberg^{1,*}, Jason Matthiopoulos², Mark Hebblewhite³,
Mark S. Boyce⁴ and Jacqueline L. Frair⁵

¹*Biometrics Unit, Minnesota Department of Natural Resources, 5463-C W. Franklin, MN*

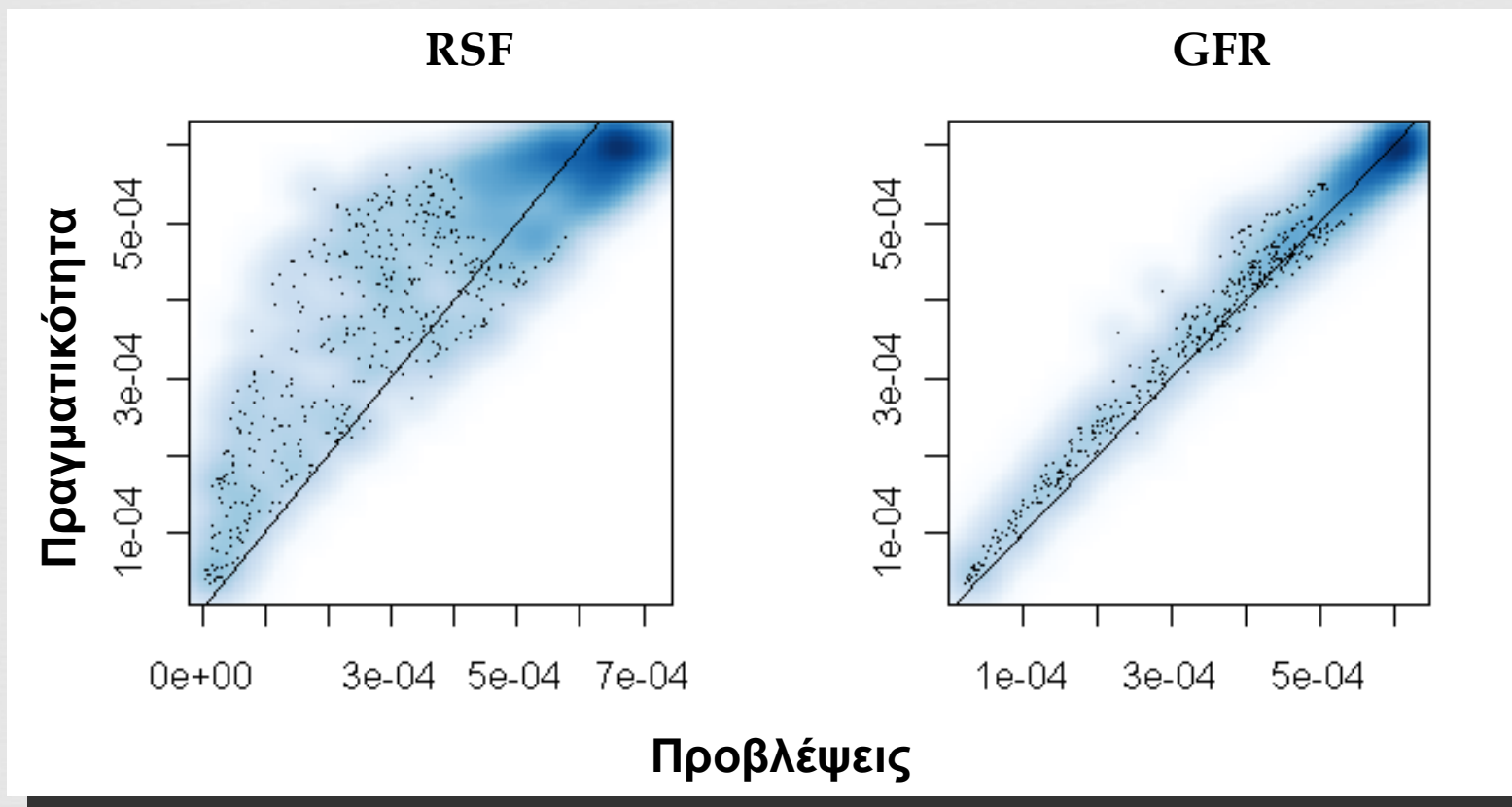


Estimating space-use and habitat preference from wildlife telemetry data

Geert Aarts, Monique MacKenzie, Bernie McConnell, Mike Fedak and Jason Matthiopoulos

G. Aarts, B. McConnell and M. Fedak, NERC San Marino Research Unit, Centre for Wildlife Telemetry, University of Exeter, Exeter, UK

Ωραία, λειτουργεί...



...αλλά, πώς ερμηνεύεται;

Μια ενοποιημένη οικολογία;



PHILOSOPHICAL
TRANSACTIONS
OF
THE ROYAL
SOCIETY

B

Phil. Trans. R. Soc. B (2010) 365, 2289–2301
doi:10.1098/rstb.2010.0082

Review

Building the bridge between animal movement and population dynamics

Juan M. Morales^{1,*}, Paul R. Moorcroft², Jason Matthiopoulos³,
Jacqueline L. Frair⁴, John G. Kie⁵, Roger A. Powell⁶,
Evelyn H. Merrill⁷ and Daniel T. Haydon⁸

¹Ecotono, INIBIOMA—CONICET, Universidad Nacional del Comahue,
8400 Bariloche, Argentina

²Department of Organismic and Evolutionary Biology



Juan Morales

Διαθεσιμότητα

Προτιμήσεις

Χωρική
κατανομή

Ζωτικότητα
(Fitness)

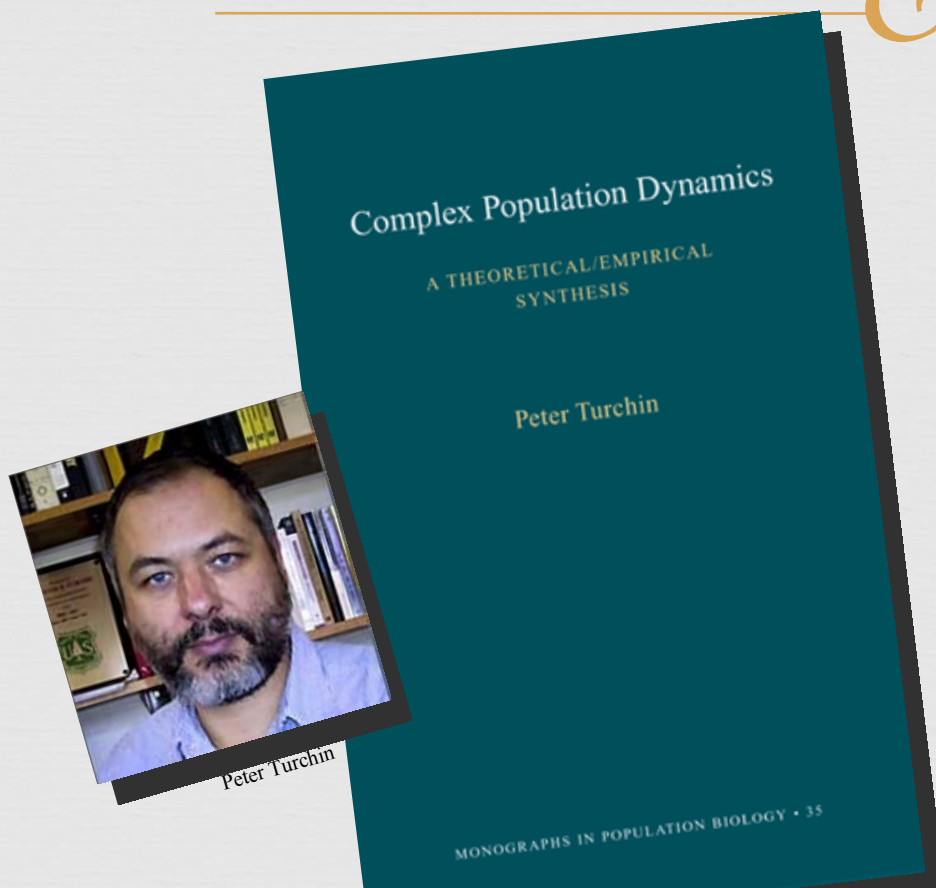
Δυναμική
πληθυσμών

Μέρος δεύτερο:

Επιστημονική Φαντασία



Μια ενοποιημένη οικολογία;



$$\frac{N_{t-1}}{N_t} = \exp(\sum \{\text{stuff}\})$$

Διαθεσιμότητα

Προτιμήσεις

Χωρική
κατανομή

Ζωτικότητα
(Fitness)

Δυναμική
πληθυσμών

Μια ενοποιημένη οικολογία;



$$preference = \exp(\sum \{stuff\})$$

$$\frac{N_{t-1}}{N_t} = \exp(\sum \{stuff\})$$

Διαθεσιμότητα

Προτιμήσεις

Χωρική
κατανομή

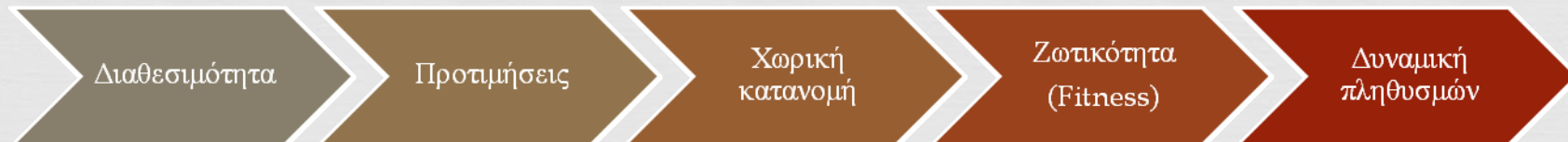
Ζωτικότητα
(Fitness)

Δυναμική
πληθυσμών

Πρωτογενής συνεισφορά στο ρυθμό μεταβολής της ζωτικότητας (Fitness rate)



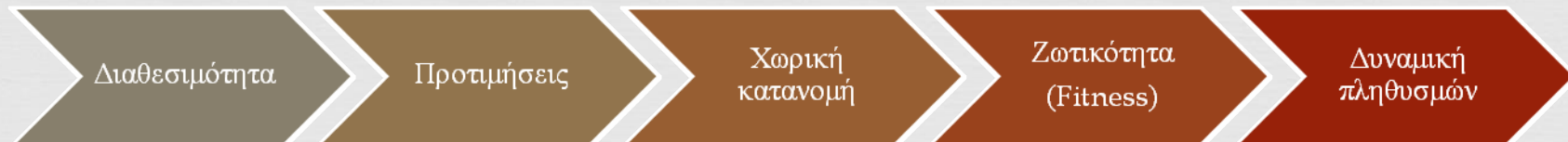
$$\text{Fitness rate: } F_x \begin{cases} < 0 \text{ εαν το } x \text{ είναι ανεπαρκές (sink habitat)} \\ = 0 \text{ εαν το } x \text{ είναι ουδέτερο (fitness-neutral habitat)} \\ > 0 \text{ εαν το } x \text{ είναι επαρκές (source habitat)} \end{cases}$$



Πρωτογενής συνεισφορά στο ρυθμό μεταβολής της ζωτικότητας (Fitness rate)



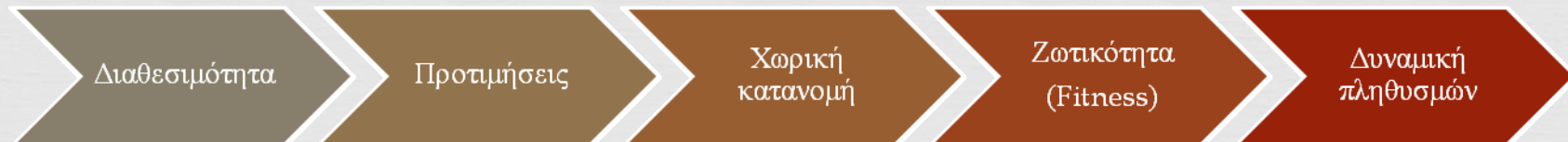
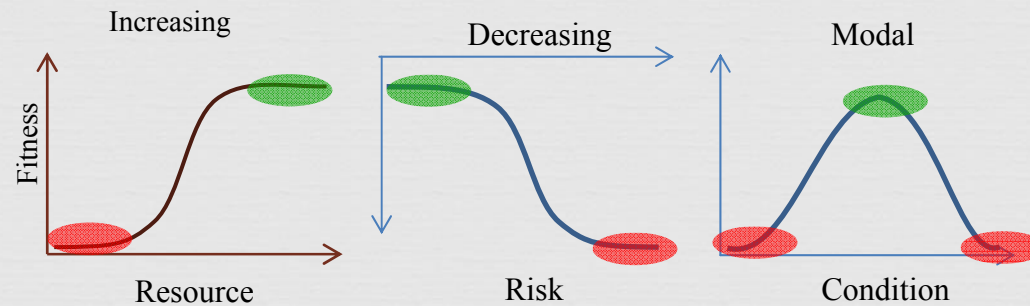
$$F_x = \sum_{k=1}^K G_k(x_k)$$



Πρωτογενής συνεισφορά στο ρυθμό μεταβολής της ζωτικότητας (Fitness rate)



$$F_x = \sum_{k=1}^K G_k(x_k) = \underbrace{\sum_{k=1}^{k_1} R_k(x_k)}_{\text{Ποροι}} - \underbrace{\sum_{k=k_1-1}^{k_1-k_2} P_k(x_k)}_{\text{Απειλές}} + \underbrace{\sum_{k=k_1-k_2-1}^{K=k_1-k_2-k_3} C_k(x_k)}_{\text{Συνθηκές}}$$



Σε απλά Ελληνικά;



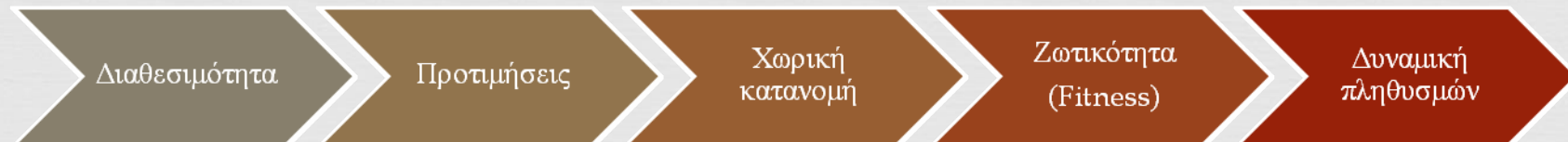
**Η ουτοπία έχει απεριόριστους πόρους, ανύπαρκτες απειλές και
ιδανικές συνθήκες**

Μεγάλο άλμα



Παρακαλώ, ρωτήστε με για τις λεπτομέρειες!

Μια ενοποιημένη οικολογία;



Μια ενοποιημένη οικολογία;



$$\mathbf{f} = \{f_1, \dots, f_n\}$$

$$w_x = \exp(cF_x(\mathbf{f}))$$

$$u_x = \frac{w_x f_x}{\int_{\mathcal{E}} w_y f_y dy}$$

$$F(\mathbf{f}) = \sum_{All\ x} F_x(\mathbf{f}) u_x$$

$$\frac{N_{t-1}}{N_t} = \exp(F(\mathbf{f}))$$

Διαθεσιμότη
α

Προτιμήσεις

Χωρική
κατανομή

Ζωτικότητα
(Fitness)

Δυναμική
πληθυσμών

Σημαντικές επεκτάσεις



- 1) Μοντελοποίηση του ρυθμού ζωτικότητας με Γενικευμένη Συναρτησιακή Απόκριση
- 2) Εισαγωγή πυκνοεξάρτησης (Density dependence)
- 3) Εξέταση παραδοσιακών θεωρητικών μοντέλων κατανομής από τα 1960-1970 (π.χ. Ideal-free, despotic distributions etc.)

Μέρος τρίτο:
Φαντασία άκρατη



Εφαρμογή 1^η : Κατανοώντας τις σχέσεις μεταξύ περιβαλλοντικών μεταβλητών

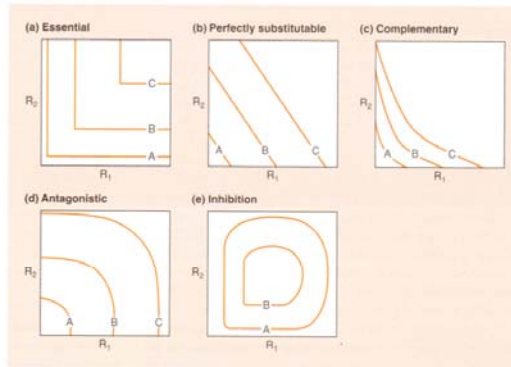


Figure 3.27 Resource-dependent growth isoclines. Each of the growth isoclines represents the amounts of two resources (R_1 and R_2) that would have to exist in a habitat for a population to have a given growth rate. Because this rate increases with resource availability, isoclines further from the origin represent higher population growth rates – isocline A has a negative growth rate, isocline B a zero growth rate and isocline C a positive growth rate. (a) Essential resources; (b) perfectly substitutable; (c) complementary; (d) antagonistic; and (e) inhibition. (After Tilman, 1982.)

3.8.2 Other categories of resource

Two resources are said to be *perfectly substitutable* when either can wholly replace the other. This will be true for seeds of wheat or barley in the diet of a farmyard chicken, or for zebra and gazelle in the diet of a lion. Note that we do not imply that the two resources are as good as each other. This feature (perfectly substitutable but not necessarily as good as each other) is included in Figure 3.27b by the isoclines having slopes that do not cut both axes at the same distance from the origin. Thus, in Figure 3.27b, in the absence of resource 2, the organism needs relatively little of resource 1, but in the absence of resource 1 it needs a relatively large amount of resource 2.

complementary resources

Substitutable resources are defined as *complementary* if the isoclines bow inwards towards the origin (Figure 3.27c). This shape means that a species requires less of two resources when taken together than when consumed separately. A good example is human vegetarians combining beans and rice in their diet. The beans are rich in lysine, an essential amino acid poorly represented in rice, whilst rice is rich in sulfur-containing amino acids that are present only in low abundance in beans.

antagonistic resources

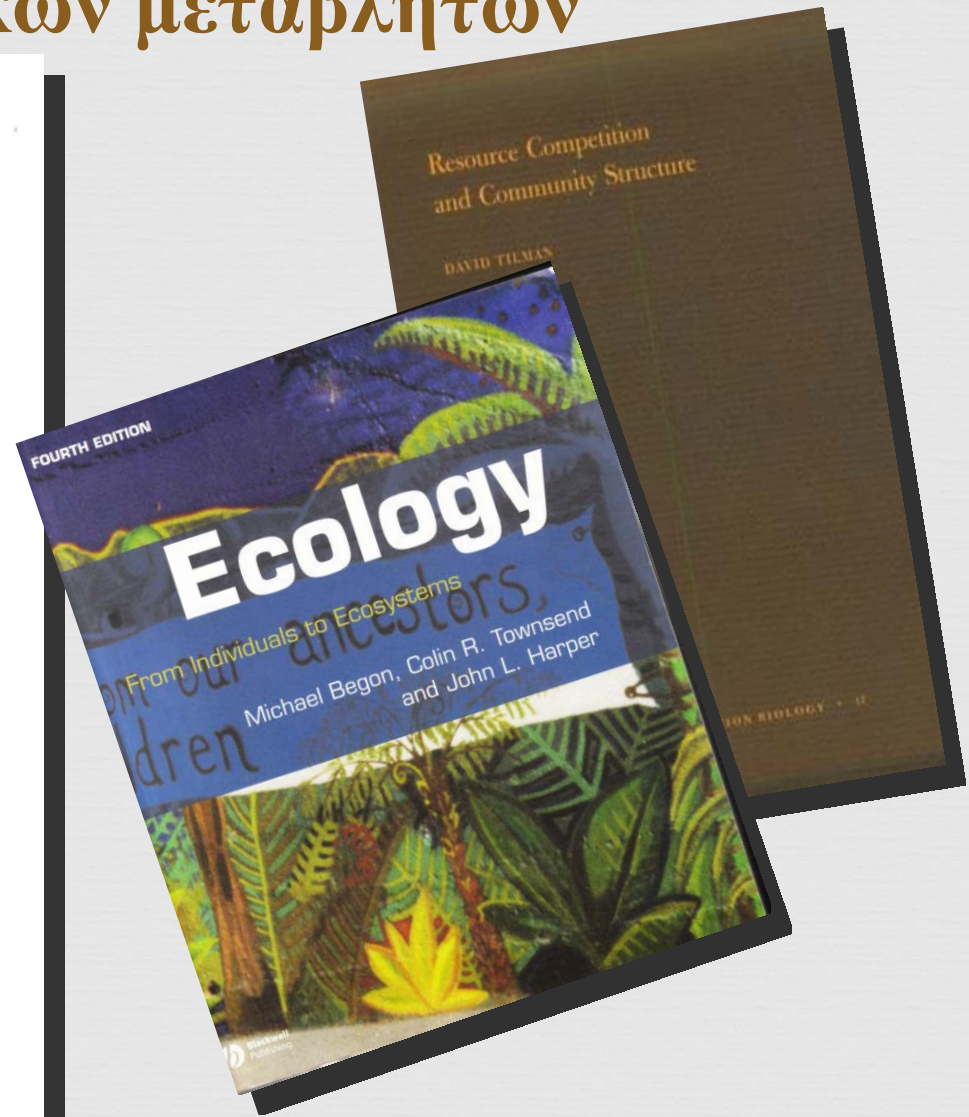
A pair of substitutable resources with isoclines that bow away from the origin are defined as *antagonistic* (Figure 3.27d). The shape indicates that a species requires proportionately more resource to maintain a given rate of increase when two resources are consumed together than when consumed separately. This could arise, for

example, if the resources contain different toxic compounds that act synergistically (more than just additively) on their consumer. For example, *D*, *L*-pipercolic acid and djenkolic acid (two defensive chemicals found in certain seeds) had no significant effect on the growth of the seed-eating larva of a bruchid beetle if consumed separately, but they had a pronounced effect if taken together (Janzen *et al.*, 1977).

Finally, Figure 3.27e illustrates the phenomenon of *inhibition* at high resource levels for a pair of essential resources: resources that are essential but become damaging when in excess. CO_2 , water and mineral nutrients such as iron are all required for photosynthesis, but each is lethal in excess. Similarly, light leads to increased growth rates in plants through a broad range of intensities, but can inhibit growth at very high intensities. In such cases, the isoclines form closed curves because growth decreases with an increase in resources at very high levels.

3.8.3 Resource dimensions of the ecological niche

In Chapter 2 we developed the concept of the ecological niche as an n -dimensional hypervolume. This defines the limits within which a given species can survive and reproduce, for a number (n) of environmental factors, including both conditions and resources. Note, therefore, that the zero growth isoclines in Figure 3.27 define niche boundaries in two dimensions. Resource combinations to one side of line B allow the organisms to thrive – but to the other side of the line the organisms decline.



Εφαρμογή 2^η : Αποκαλύπτοντας την μορφή της θεμελιώδους οικοθέσης



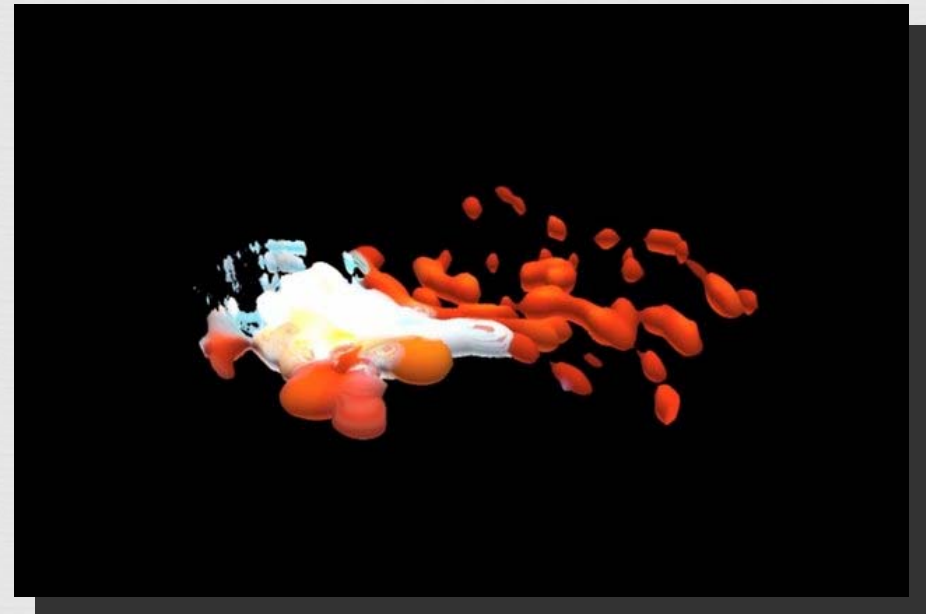
Αντίστροφη παλινδρόμηση
(inverse regression)

Φάση 1^η. Υπολογισμός του ενοποιημένου μοντέλου σε πολλαπλές εμφανίσεις του είδους

Φάση 2^η. Δεδομένων των παραμέτρων του ενοποιημένου μοντέλου, ποια περιβάλλοντα ικανοποιούν τη συνθήκη

$$F \geq 0$$

(Αύξηση της συνολικής ζωτικότητας)

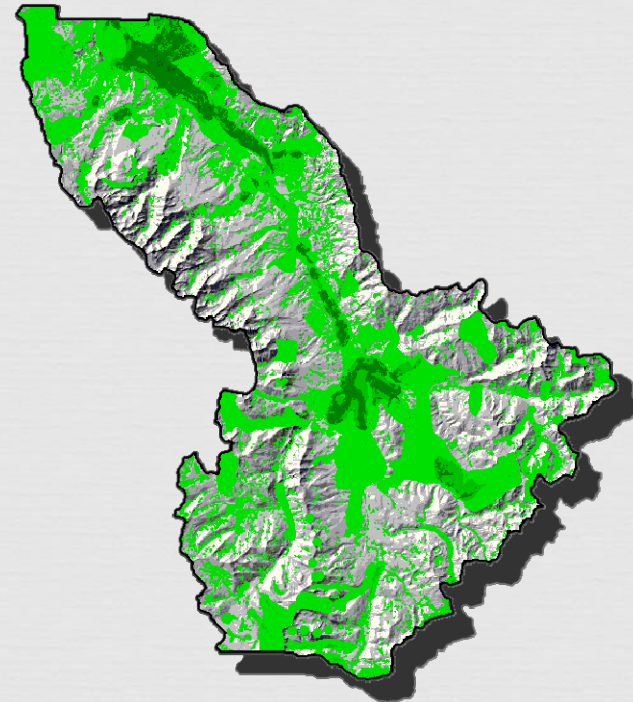


Εφαρμογή 3^η: Χαρτογράφηση του ζωτικού ενδιαίτηματος (critical habitat)



Εάν το ζωτικό ενδιαίτημα είναι
ταυτόσημο με το επαρκές ενδιαίτημα
τότε δεν έχουμε παρά να
χαρτογραφήσουμε τα σημεία που
ικανοποιούν τη συνθήκη:

$$F_i \geq 0$$



Εφαρμογή 4^η: Υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας (carrying capacity)



Παρουσία πυκνοεξάρτησης
(density dependence), σε ποιο μέγεθος
πληθυσμού (N_t) επέρχεται μηδενισμός
της συνολικής ζωτικότητας του
περιβάλλοντος ($F = 0$);



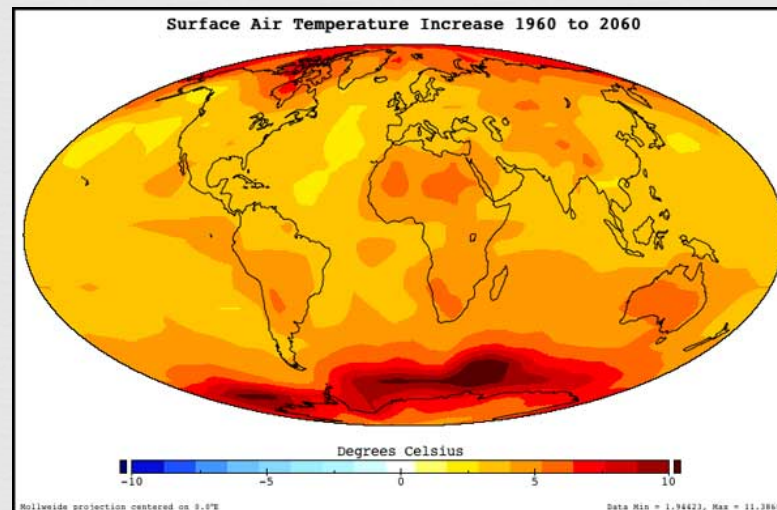
Εφαρμογή 5^η: Προβλέποντας μεταβαλλόμενες κατανομές



Τα υπάρχοντα μοντέλα κατανομής είναι αναξιόπιστα για ζωικούς αλλά και φυτικούς οργανισμούς.

Η Γενικευμένη Συναρτησιακή Απόκριση αυξάνει την προβλεπτική τους ικανότητα.

Αυξάνοντας περαιτέρω το μηχανιστικό περιεχόμενο τούτων των μοντέλων, θα εκτείνει κι άλλο την διορατικότητα τους.





Θερμά ευχαριστώ για τις μεταφραστικές τους προτάσεις,
στους John M. Halley, Δέσποινα Βώκου και
Μαργαρίτα Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη

Generalised functional response



$$E(Y | \mathbf{x}) = h^{-1} \left\{ \left(\gamma_{0,0} + \phi_{0,k} \right) + \sum_{j=1}^I \sum_{m=0}^{M_j} \delta_{0,j}^{(m)} E \left[X_{j,k}^m \right] + \sum_{i=1}^I \left(\left(\gamma_{i,0} + \phi_{i,k} \right) x_i + x_i \sum_{j=1}^I \sum_{m=0}^{M_j} \delta_{i,j}^{(m)} E \left[X_{j,k}^m \right] \right) \right\}$$

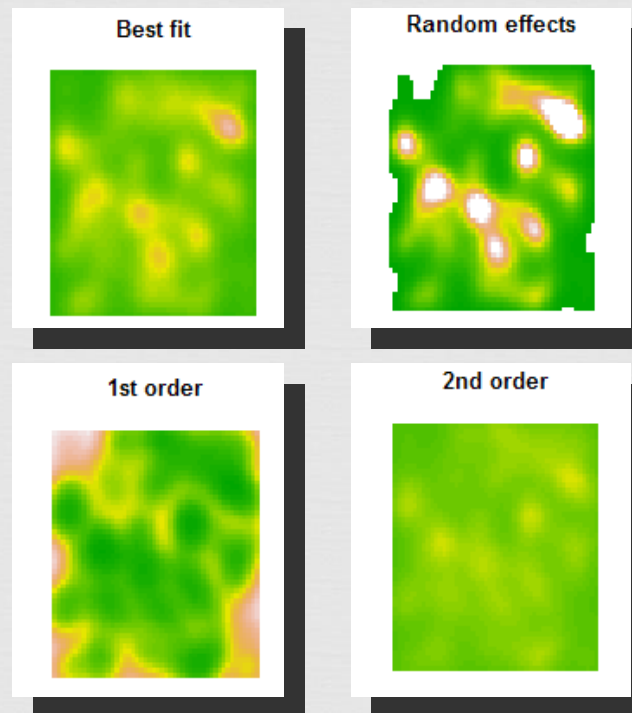
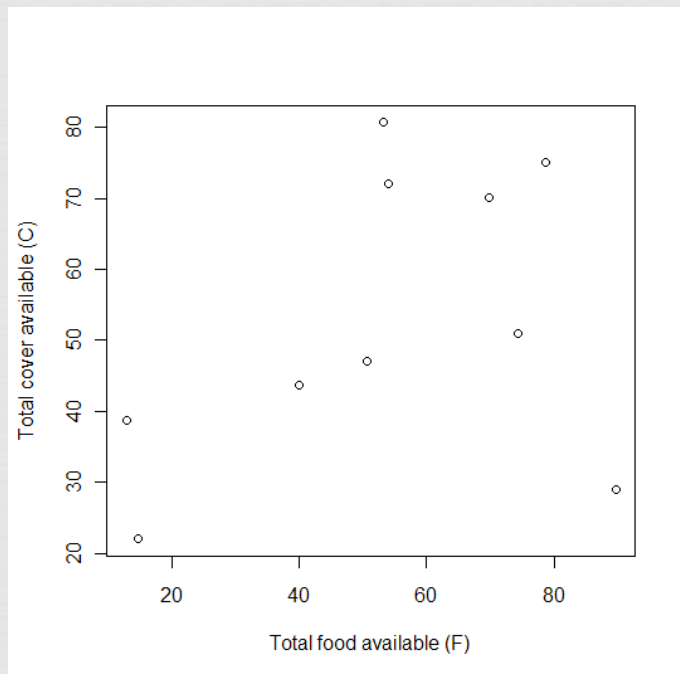
**Random
intercept**

**Fixed effect of
expectations**

**Random
coefficients in
response to
covariates**

**Pairwise interaction
terms between all
covariates and all
expectations**

Environmental Extrapolation

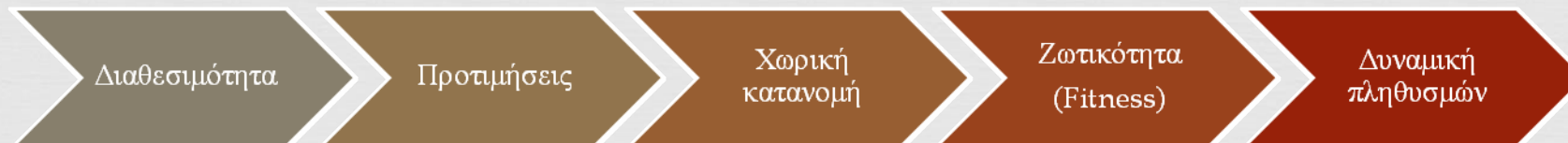


Αλληλεπιδράσεις μεταξύ περιβαλλοντικών μεταβλητών



$$F_x = \sum_{k=1}^K G(x_k) + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^K G_{km}(x_k, x_m)$$

Οι αθροιστικές επιδράσεις, μπορούν να επεκταθούν με χρήση επιπλέον όρων (π.χ. γινομένων)



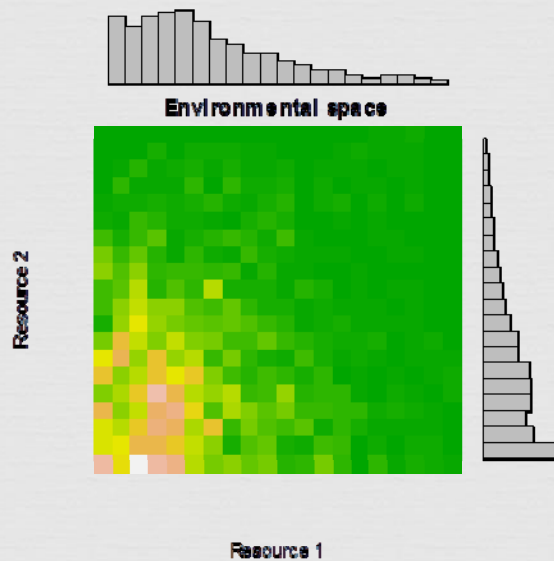
Σε απλά Ελληνικά;



**Ο ρυθμός μεταβολής της ζωτικότητας ενός οργανισμού μπορεί να μεταβάλλεται
δυσανάλογα σε σχέση με το «άθροισμα» δυο μεταβητών**

**Π.χ. Η αυξητική τάση σε κάποιο πόρο μπορεί να επαυξάνει την θετική επίδραση
κάποιου άλλου πόρου.**

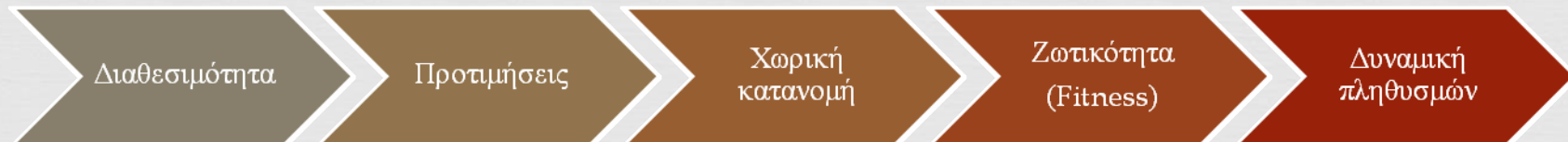
Διαθεσιμότητα



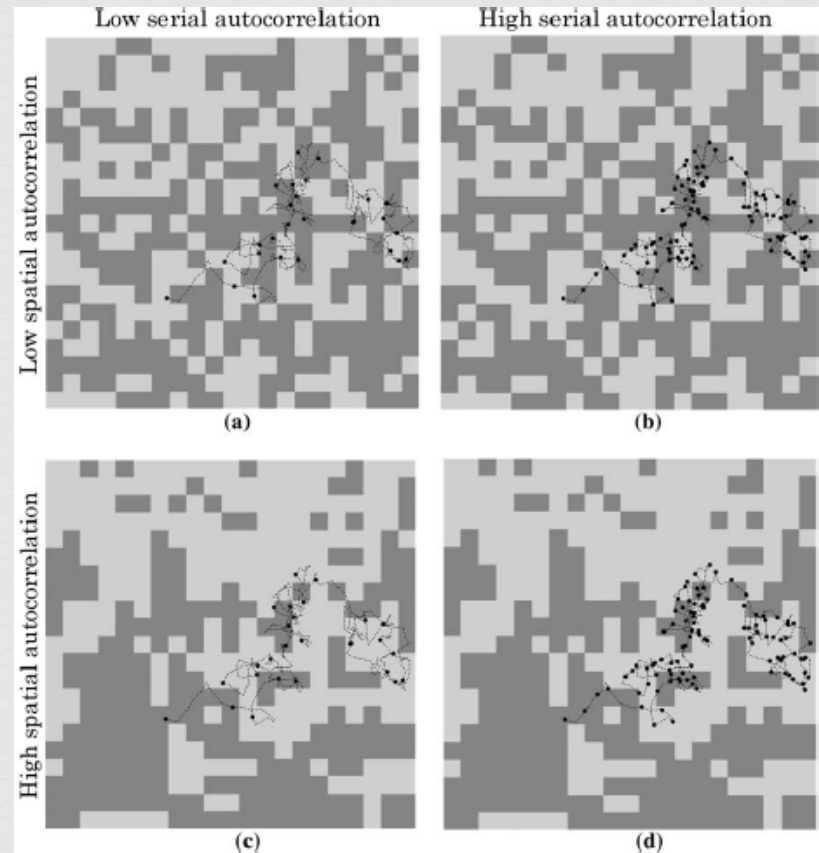
$$\mathbf{f} = \{f_1, \dots, f_n\}$$

Όμως, κάποιοι οργανισμοί μπορούν να «δημιουργούν» νέους τύπους ενδιαιτήματος μοιράζοντας τον χρόνο τους σε πολλαπλά σημεία.

(Ακραία παραδείγματα, σε μεταναστευτικά είδη)



Δευτερογενείς συνεισφορές στο ρυθμό μεταβολής της ζωτικότητας (Neighbourhood effects on fitness rate)



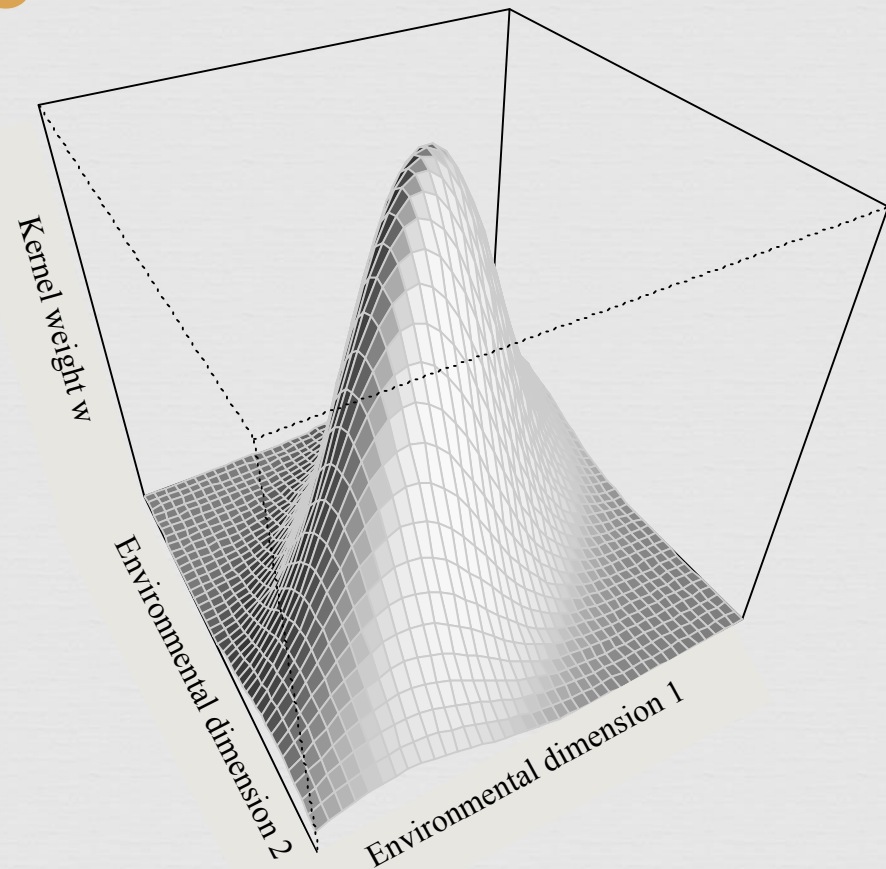
Δευτερογενείς συνεισφορές στο ρυθμό μεταβολής της ζωτικότητας (Ομαλοποίηση της πυκνότητας διαθεσιμοτήτων)



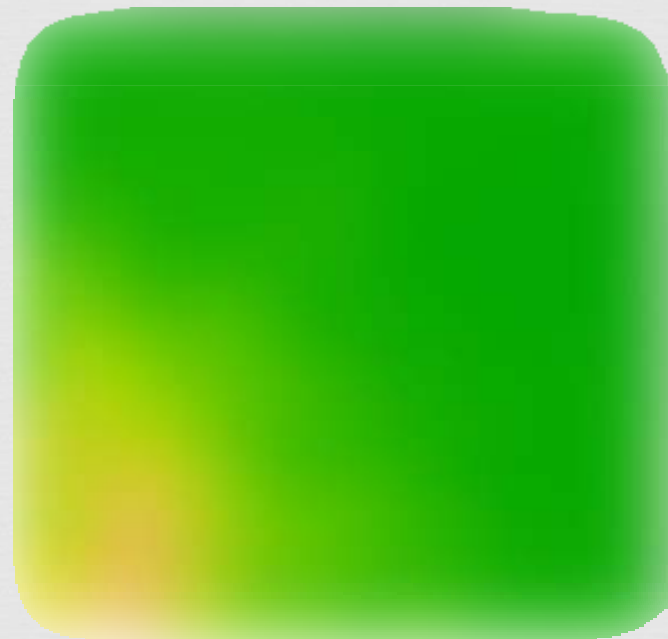
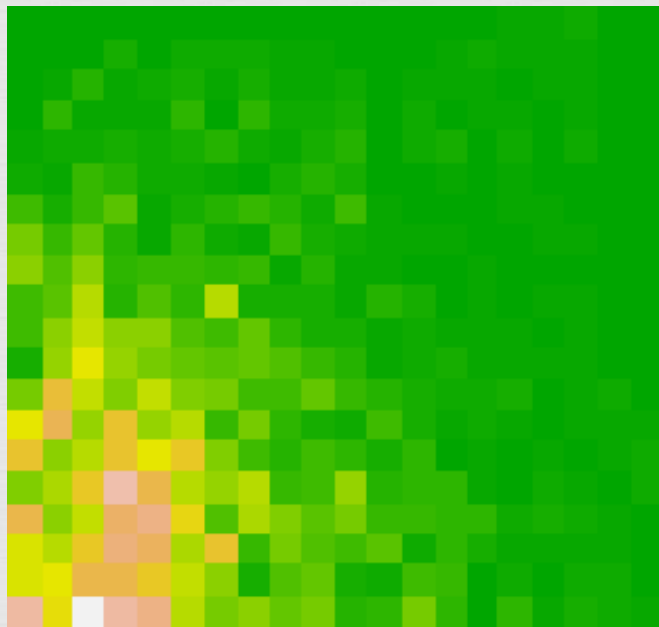
$$f'_x = \int_E w_{x,y} f_y dy$$

Όπου το $w_{x,y}$ είναι ένας Γκαουσιανός πυρήνας του οποίου το σχήμα εξαρτάται:

1. Αντιστρόφως, από την αυτοσυσχέτιση της κάθε περιβαλλοντικής μεταβλητής
2. Την συσχέτιση μεταξύ μεταβλητών
3. Την κινητικότητα του οργανισμού
4. Το χρονικό πλαίσιο κίνησης



Σε απλά Ελληνικά;



Σχέση μεταξύ ρυθμού ζωτικότητας, προτίμησης και κατανομής



$$w_x = \exp(cF_x(\mathbf{f}))$$

$$u_x = \frac{w_x f_x}{\int_E w_y f_y dy}$$

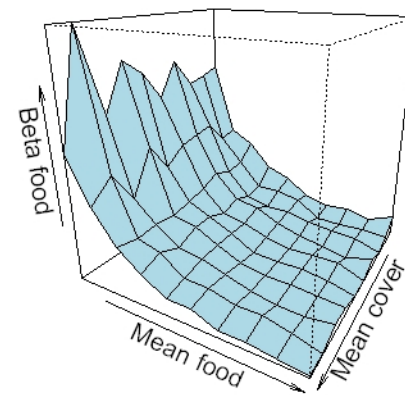
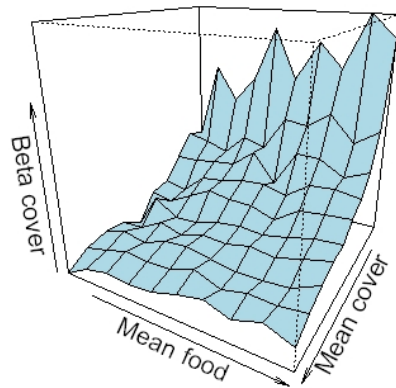
**Set $c \rightarrow \infty$ for fitness rate maximisers
(e.g. optimal foragers)**

Σε απλά Ελληνικά;



Σε αδιατάραχτο περιβάλλον, ο μεγιστοποιητής ζωτικότητας περνάει όλη του τη ζωή στον βέλτιστο τύπο ενδιαίτηματος

Application 1: Understanding mechanism



- > 1) Niche = οικοθέση
- > 2) Habitat = ενδιαίτημα (όμως Οδηγία για Οικοτόπους)
- > 3) Resource Selection Function = λειτουργία (?) επιλογής πόρων
 - > 4) Functional response = λειτουργική απόκριση
 - > 5) Home range = χωροκράτεια
- > 6) Fitness = δαρβινική προσαρμογή (ή απλώς προσαρμογή υπό
 - > την προϋπόθεση ότι ο άλλος αντιλαμβάνεται ότι δεν αφορά adaptation)
- > 7) Autocorrelation = αυτοσυσχέτιση
- > 8) Cross-correlation = συσχέτιση
- > 9) Gaussian Kernel
- > 10) Resource = πηγή / πόρος 11) Extrapolation Για
 - > αυτόν και τον επόμενο όρο, δεν ξέρω αν υπάρχουν αντίστοιχοι ελληνικοί
 - > - εμείς οι μη μαθηματικοί τους μεταφράζουμε συνήθως
 - > παραφραστικά ή γενικά ως π.χ. η εκτίμηση... 12) Interpolation
- > 13) Fundamental niche = θεμελιώδης οικοθέση
- > 14) Realised niche = πραγματοποιημένη οικοθέση

>> 3) Resource Selection Function
 > Συνάρτηση επιλογής πηγών? (το resource που αναφέρεται?)

>> 4) Functional response
 > Συναρτησιακή απόκριση

>> 8) Cross-correlation
 > διασυσχέτιση

>> 9) Gaussian Kernel
 > Γκαουσιανός πυρήνας

>> 11) Extrapolation
 > Χμμ ποτέ δε μπόρεσα να βρω καλή μετάφραση για αυτή τη λέξη. Έχουν
 > προταθεί οι λέξεις "προεκβολή" και "παρεκβολή" (λεξικό στατιστικής) αλλά
 > παράξενες μου φαίνονται. Αν είναι στο χρόνο το λέω συνήθως περιφραστικά,
 > "επέκταση στο χρόνο", που και αυτό δεν είναι σωστό.

>> 12) Interpolation
 > παρεμβολή